

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности

Т.В. Наумова, И.Н. Мерзликин

**ЗАЩИТА  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.  
ОЦЕНКА  
ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ**

**СБОРНИК ЗАДАЧ**

**Учебно-методическое пособие**

*для студентов  
направления 20.03.01  
всех форм обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2021

УДК 614.84  
ББК 053-082.03  
Н34

Рецензент:

*Феоктистова О.Г.* – д-р техн. наук, профессор

**Наумова Т.В.**

Н34      Защита в чрезвычайных ситуациях. Оценка пожарной обстановки. Сборник задач [Текст] : учебно-методическое пособие / Т.В. Наумова, И.Н. Мерзликин. – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – 24 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Защита в чрезвычайных ситуациях. Оценка пожарной обстановки» по учебному плану для студентов направления 20.03.01 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 26.10.2021 г. и методического совета 26.10.2021 г.

**УДК 614.84**  
**ББК 053-082.03**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 26.11.2021 г.  
Формат 60x84/16    Печ. л. 1,5    Усл. печ. л. 1,395  
Заказ № 871/1004-УМП30    Тираж 50 экз.

Московский государственный технический университет ГА  
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского  
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А  
Тел.: (495) 973-45-68  
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Под пожарной обстановкой, сложившейся в результате ЧС мирного времени, понимают характер и масштаб поражения пожарами зданий и сооружений, оказывающих влияние на организацию и ведение спасательных и других неотложных работ, ликвидацию последствий ЧС.

Противопожарная защита направлена на предупреждение пожаров, ограничение их распространения, обеспечение успешного пожаротушения и создание условий для ведения спасательных и других неотложных работ. При оценке пожарной обстановки методом прогнозирования учитываются следующие данные, влияющие на пожарную обстановку: плотность застройки, степень огнестойкости, категория пожаровзрывоопасности производства.

Мероприятия по противопожарной защите включают:

- 1) контроль материалов, продуктов и оборудования;
- 2) активное ограничение распространения огня с использованием средств пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения и переносных огнетушителей;
- 3) устройство пассивных систем, ограничивающих распространение огня, дыма, жара и газов за счет секционирования помещений;
- 4) эвакуацию людей из горящего здания в безопасное место.

Пожаро-, взрывоопасные явления характеризуются следующими факторами:

- воздушной ударной волной, возникающей при разного рода взрывах газо-воздушных смесей, резервуаров с перегретой жидкостью и резервуаров под давлением;
- тепловым излучением пожаров и разлетающимися осколками;
- действием токсичных веществ, которые применялись в технологическом процессе или образовались в ходе пожара или других аварийных ситуаций.

При планировании мероприятий по борьбе с авариями надо учитывать, что в своем развитии они проходят пять характерных фаз:

- первая - накопление отклонений от нормального процесса;
- вторая - инициирование аварии;
- третья - развитие аварии, во время которой оказывается воздействие на людей, природную среду и объекты народного хозяйства;
- четвертая - проведение спасательных и других неотложных работ, локализация аварии;
- пятая - восстановление жизнедеятельности после ликвидации последствий аварии.

По взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности ПВОО подразделяются на 5 категорий:

А - нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, трубопроводы, склады нефтепродуктов.

Б - цеха по изготовлению и транспортировке угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, выбойные и размольные отделения мельниц.

В - лесопильные, деревообрабатывающие, столярные и модельные производства.

Г - склады и предприятия, связанные с переработкой и хранением несгораемых веществ в горячем состоянии, а также со сжиганием твердого, жидкого или газообразного топлива.

Д - склады и предприятия по хранению несгораемых веществ и материалов в холодном состоянии, например мясных, рыбных и других продуктов.

## ТРЕБУЕМЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Безводный участок** - участок местности, на котором водоотдача в сети наружного противопожарного водопровода составляет менее 10 литров в секунду или расстояние от места пожара до водоисточника более 500 метров.

**Зона горения** - часть пространства, в котором происходит подготовка горючих веществ и материалов к горению (подогрев, испарение, разложение) и их горение в объеме диффузионного факела пламени.

**Зона задымления** - часть пространства, примыкающего к зоне горения, заполненная дымовыми газами с концентрациями вредных веществ, создающих угрозу для жизни и здоровья людей или затрудняющих действия пожарных подразделений.

**Зона теплового воздействия** - часть пространства, примыкающая к зоне горения, в котором действие тепловых потоков приводит к заметному изменению материалов и конструкций, создаются условия для воспламенения горючих веществ и материалов, и их подготовки к горению, а также делает невозможным пребывание людей без специальной тепловой защиты.

**Ликвидация пожара** - стадия (этап) тушения пожара, на которой прекращено горение, и устранены условия для его повторного возникновения.

**Линейная скорость распространения горения** - физическая величина, характеризующая поступательное движение фронта пламени по поверхности горючего материала в данном направлении в единицу времени.

**Локализация пожара** - действия, направленные на предотвращение возможности дальнейшего распространения горения и создание условий для его ликвидации имеющимися силами и средствами (стадия (этап) тушения пожара, на которой отсутствует или ликвидирована угроза людям или животным, прекращено распространение пожара и созданы условия для его ликвидации имеющимися силами и средствами).

**Огнетушащие вещества** - вещества, обладающие физикохимическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

**Опасные факторы пожара** - факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

**Оперативный штаб на месте пожара** - временно сформированный руководителем тушения пожара орган для управления силами и средствами на пожаре.

**Основная боевая задача при тушении пожаров** - спасание людей в случае угрозы их жизни и здоровью, достижение локализации и ликвидация пожара в сроки и в размерах, определяемых возможностями сил и средств, привлеченных к его тушению.

**Очаг пожара** - место первоначального возникновения пожара.

**Оценка обстановки на пожаре** - вывод, сформированный на основе результатов разведки пожара, обобщения и анализа полученных сведений.

**Периметр пожара** - общая длина внешней границы площади пожара.

**Площадь пожара** - площадь проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость.

**Площадь тушения пожара** - часть площади пожара, на которую в данный момент подается огнетушащее вещество.

**Пожар** - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

**Пожарная техника** - технические средства для предотвращения, ограничения развития, тушения пожара, защиты людей и материальных ценностей на пожаре.

**Пожарная охрана** - совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ.

**Развитие пожара** - изменение параметров пожара во времени и пространстве.

**Решающее направление** - направление, на котором использование сил и средств подразделений пожарной охраны, участвующих в проведении боевых действий по тушению пожара, в данный момент времени, обеспечивает наилучшие условия для выполнения основной боевой задачи.

**Степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков** - классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений, строений и отсеков.

**Тыл на пожаре** - участок (территория), на котором сосредоточены силы и средства, обеспечивающие действия по тушению пожара.

**Фронт пожара** - часть периметра пожара, в направлении которой происходит распространение горения.

**Фланг пожара** - левая и правая части периметра пожара, где горение распространяется перпендикулярно фронту пожара.

## 1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ НА ПОЖАРЕ

При прогнозировании возможной оперативно-тактической обстановки на пожаре необходимо предусматривать всестороннее изучение и анализ факторов способствующих или препятствующих распространению пожара, осуществлению действий по его тушению. Для оценки возможной обстановки на пожаре существует множество показателей. Особое значение среди них представляют площадь, периметр, фронт пожара. Значения этих параметров определяются величиной линейной скорости распространения горения -  $V_{л}$  (табл. 1.1) и временем развития пожара -  $t_{р}$ .

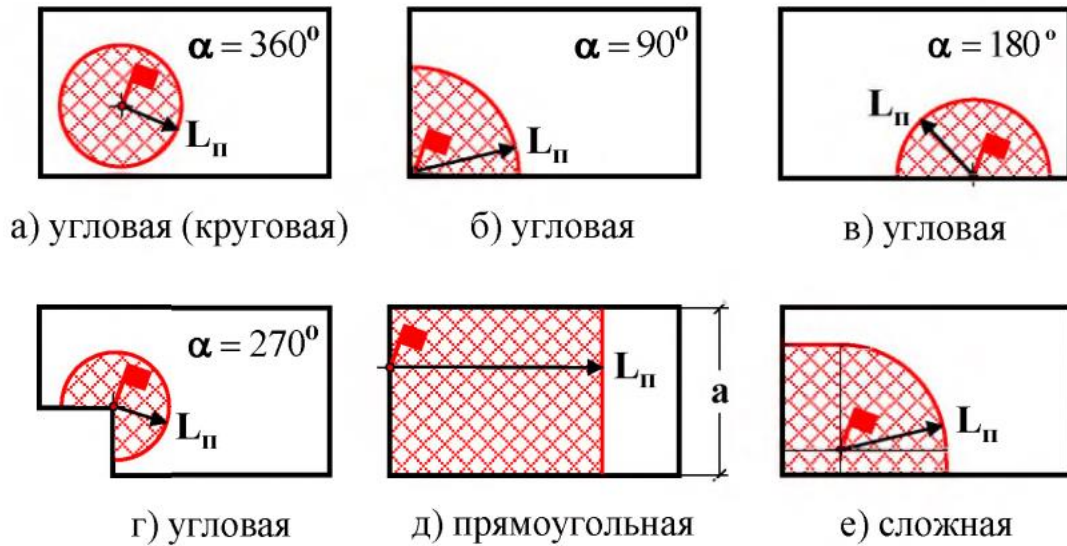
На значение  $V_{л}$  оказывает влияние вид и состояние горючего материала, равномерность его размещения по площади, однородность, степень огнестойкости здания (С.О.) и др. специфические особенности. Чем больше линейная скорость распространения горения, тем выше скорость роста геометрических параметров пожара. При разнородной пожарной нагрузке и неравномерном ее размещении горение будет распространяться с разной интенсивностью и по направлению и по скорости, задача по прогнозированию будет усложнена.

Основным параметром пожара, при моделировании возможной обстановки, является площадь пожара, значение которой зависит от ее формы. В инженерных расчетах при прогнозировании обстановки на пожаре площадь пожара определяется, как совокупность простейших геометрических фигур (рис. 1.1), делается допущение, что пожарная нагрузка однородная и равномерно размещена по помещениям, значение линейной скорости одинаковое во всех направлениях развития пожара. Форма площади пожара зависит от места его возникновения, линейной скорости распространения горения и времени развития. Основные геометрические формы площади пожара представлены на рис. 1.1.

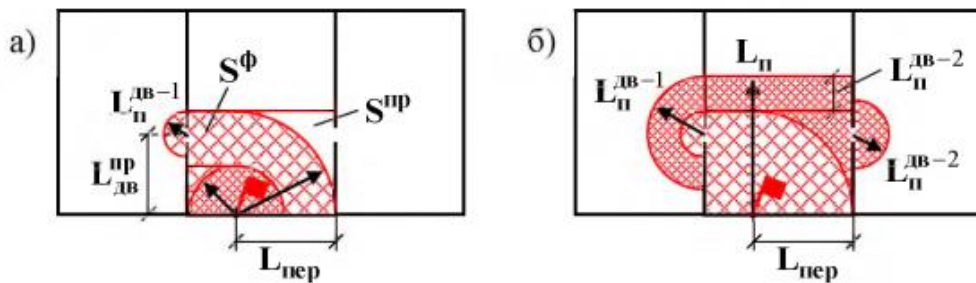
*Таблица 1.1. Линейная скорость распространения горения при пожарах на различных предприятиях и в учреждениях*

№ п/п	Наименование предприятия (учреждения)	V <sub>л</sub> м/мин.
1	2	3
1.	Административные здания	1,0...1,5
2.	Школы, лечебные учреждения: – здания I и II степени огнестойкости – здания III и IV степени огнестойкости	0,6...1,0 2,0...3,0
3.	Библиотеки, книгохранилища, архивохранилища	0,5...1,0
4.	Музеи и выставки	1,0...1,5
5.	Коридоры и галереи	4,0...5,0
6.	Театры и Дворцы культуры (сцены)	1,0...3,0
7.	Типографии	0,5...0,8
8.	Жилые дома	0,5...0,8
9.	Конструкции крыш и чердаков	1,5...2,0
10.	Сельские населенные пункты: – жилая зона при плотной застройке зданиями V степени огнестойкости, сухой погоде и сильном ветре – соломенные крыши зданий – подстилка в животноводческих помещениях	2,0...2,5 2,0...4,0 1,5...4,0
11.	Холодильники	0,5...0,7
12.	Торговые предприятия, склады и базы товароматериальных ценностей	0,5...1,2
13.	Деревообрабатывающие предприятия: – лесопильные цехи (здания I, II, III степени огнестойкости) – то же, здания IV и V степени огнестойкости – сушилки	1,0...3,0 2,0...5,0 2,0...2,5

№ п/п	Наименование предприятия (учреждения)	V <sub>л</sub> м/мин.
1	2	3
	– заготовительные цехи – производства фанеры – помещения других цехов	1,0...1,5 0,8...1,5 0,8...1,0
14.	Предприятия текстильной промышленности: – помещения текстильного производства – то же, при наличии на конструкциях слоя пыли – волокнистые материалы во взрыхленном состоянии	0,5...1,0 1,0...2,0 7,0...8,0
15.	Объекты транспорта: – гаражи, трамвайные и троллейбусные депо – ремонтные залы ангаров	0,5...1,0 1,0...1,5
16.	Покрытия цехов большой площади	1,7...3,2
17.	Склады: – льноволокна – текстильных изделий – бумаги в рулонах – резинотехнических изделий в зданиях – резинотехнических изделий (штабеля на открытой площадке) – каучука	3,0...5,6 0,3...0,4 0,2...0,3 0,4...1,0 1,0...1,2 0,6...1,0
18.	Склады лесопиломатериалов: – круглого леса в штабелях – пиломатериалов (досок) в штабелях при влажности: – до 16 % – 16...18 % – 18...20 % – 20...30 % – более 30 % – куча балансовой древесины при влажности: – до 40 % – более 40 %	0,4...1,0 4,0 2,3 1,6 1,2 1,0 0,6...1,0 0,15...0,2
19.	Кабельные сооружения (горение кабелей)	0,8...1,1
20.	Пенополиуретан	0,7...0,9



**Рис. 1.1.** Основные геометрические формы площади пожара:  
 $L_{\text{п}}$  – путь, пройденный огнем (радиус), за время развития



**Рис. 1.2.** Определение пути, пройденного огнем через открытый дверной проем

### 1.1. Определение основных геометрических параметров пожара

Исходными данными для расчета являются:

- характеристика здания (степень огнестойкости, размеры, этажность и т.п.);
- место возникновения пожара;
- время развития пожара;
- линейная скорость распространения горения.

### 1.2. Варианты заданий для определения основных геометрических параметров пожара

По данным табл. 1.2. на заданные промежутки времени необходимо определить:

- основные геометрические параметры пожара (площадь пожара -  $S_{\text{п}}$ , периметр пожара -  $P_{\text{п}}$ , фронт пожара -  $\Phi_{\text{п}}$ );
- выполнить схему развития пожара во времени.

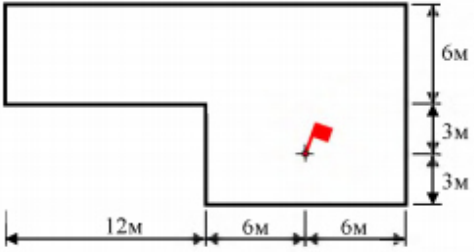
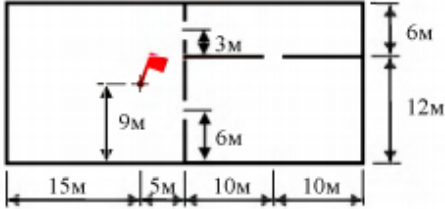
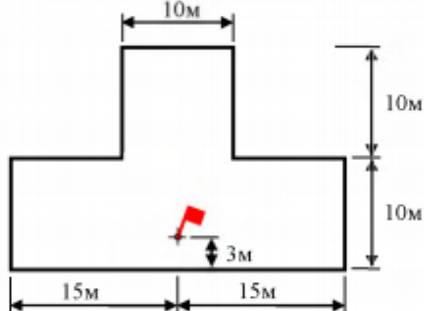
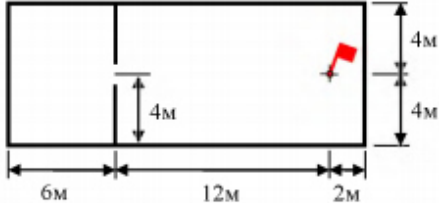
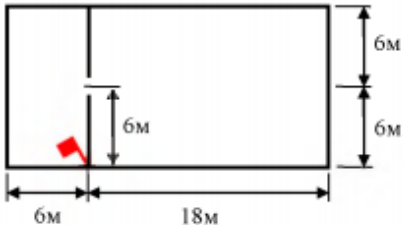
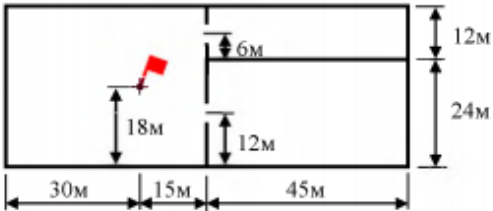
При определении формы развития площади пожара во времени принимаются следующие допущения:



- линейная скорость распространения горения берется из табл. 1.1 по ее максимальному значению;
- дверные проемы открыты, ширина дверных проемов не учитывается;
- развитие пожара в смежные помещения происходит от центра дверных проемов.

Таблица 1.2. Исходные данные для решения задач по определению основных геометрических параметров пожара

№ вар.	Наименование предприятия	План помещения с обозначением места возникновения пожара
1	2	3
1.	<p>Деревообрабатывающее предприятие V степени огнестойкости.</p> <p>Временные параметры:  <math>t_1 = 4</math> мин;  <math>t_2 = 12</math> мин;</p> <p>Линейная скорость распространения горения:  <math>V_s = 2</math> м/мин.</p>	
2.	<p>Административное здание II степени огнестойкости.</p> <p>Временные параметры:  <math>t_1 = 10</math> мин;  <math>t_2 = 16</math> мин;</p> <p>Линейная скорость распространения пожара:  <math>V_s = 1,5</math> м/мин.</p>	
3.	<p>Здание книгохранилища II степени огнестойкости.</p> <p>Временные параметры:  <math>t_1 = 8</math> мин;  <math>t_2 = 22</math> мин;</p> <p>Линейная скорость распространения горения:  <math>V_s = 1</math> м/мин.</p>	
4.	<p>Здание архивохранилища I степени огнестойкости.</p> <p>Временные параметры:  <math>t_1 = 14</math> мин;  <math>t_2 = 18</math> мин;</p> <p>Линейная скорость распространения горения:  <math>V_s = 0,5</math> м/мин.</p>	

1	2	3
5.	<p>Лесопильный цех IV степени огнестойкости.  Временные параметры:  <math>t_1 = 5</math> мин;  <math>t_2 = 12</math> мин;  Линейная скорость распространения горения:  <math>V_g = 2</math> м/мин.</p>	
6.	<p>Здание музея II степени огнестойкости.  Временные параметры:  <math>t_1 = 9</math> мин;  <math>t_2 = 15</math> мин;  Линейная скорость распространения горения:  <math>V_g = 1</math> м/мин.</p>	
7.	<p>Гараж троллейбусного депо II степени огнестойкости.  Временные параметры:  <math>t_1 = 10</math> мин;  <math>t_2 = 20</math> мин;  Линейная скорость распространения горения:  <math>V_g = 0,7</math> м/мин.</p>	
8.	<p>Заготовительный цех II степени огнестойкости.  Временные параметры:  <math>t_1 = 6</math> мин;  <math>t_2 = 18</math> мин;  Линейная скорость распространения горения:  <math>V_g = 1</math> м/мин.</p>	
9.	<p>Цех по производству фанеры II степени огнестойкости.  Временные параметры:  <math>t_1 = 10</math> мин;  <math>t_2 = 25</math> мин;  Линейная скорость распространения горения:  <math>V_g = 0,8</math> м/мин.</p>	
10.	<p>Здание сушилки II степени огнестойкости.  Временные параметры:  <math>t_1 = 10</math> мин;  <math>t_2 = 15</math> мин;  Линейная скорость распространения горения:  <math>V_g = 2</math> м/мин.</p>	

### 1.3. Примеры решения задач по определению основных геометрических параметров пожара

**Задача 1.1.** Пожар произошел в административном здании размером в плане 18\*36 м (рис. 1.3). Пожарная нагрузка однородная и размещена равномерно по всей площади помещения. Требуется:

- определить геометрические параметры пожара (площадь пожара -  $S_{п}$ , периметр пожара -  $P_{п}$ , фронт пожара -  $\Phi_{п}$ ) на 10-й - ( $t_1$ ) и 15-й - ( $t_2$ ) минутах развития пожара;
- выполнить схему развития пожара во времени.

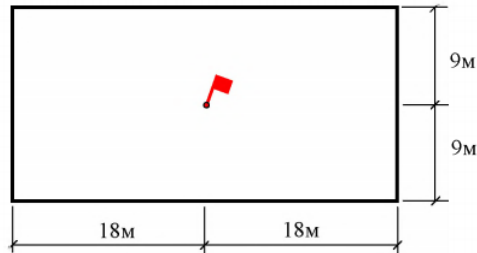


Рис. 1.3. План помещения с местом возникновения пожара

#### Решение:

1. Определяем основные параметры пожара ( $S_{п}$ ,  $P_{п}$ ,  $\Phi_{п}$ ) на 10-й минуте его развития.

1.1. Определяем путь, пройденный огнем (расстояние) за время развития пожара  $t_1 = 10$  мин.:

$$L_{п}^{10} = 0,5 * V_{л} * t_1 = 0,5 * 1 * 10 = 5 \text{ (м)},$$

где  $V_{л} = 1$  м/мин. - линейная скорость распространения горения (табл. 1.1).

1.2. Определяем форму площади пожара. На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 10 мин. Горение не достигнет стен здания, следовательно, пожар будет иметь круговую форму развития (рис. 1.4).

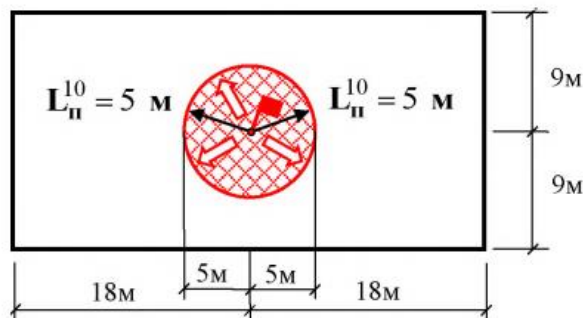


Рис. 1.4. Схема развития пожара на 10-й минуте

1.3. Определяем площадь пожара:

$$S_{п}^{10} = \pi * (L_{п}^{10})^2 = 3,14 * 5^2 = 78,5 \text{ (м}^2\text{)}$$

1.4. Определяем периметр пожара:

$$P_{п}^{10} = 2 * \pi * L_{п}^{10} = 2 * 3,14 * 5 = 31,4 \text{ (м)}$$

1.5. Определяем фронт пожара:

$$\Phi_{п}^{10} = P_{п}^{10} = 2 * \pi * L_{п}^{10} = 2 * 3,14 * 5 = 31,4 \text{ (м)}$$

2. Определяем основные параметры пожара ( $S_{п}$ ,  $P_{п}$ ,  $\Phi_{п}$ ) на 15-й минуте его развития.

2.1. Определяем путь, пройденный огнём (расстояние) за время развития пожара  $t_2 = 15$  мин.:

$$L_{\text{п}}^{15} = 0,5 * V_{\text{л}} * 10 + V_{\text{л}} * (t_2 - 10) = 0,5 * 1 * 10 + 1 * (15 - 10) = 10 \text{ (м)},$$

2.2. Определяем форму площади пожара.

На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 15 мин. На 15-й минуте огонь достигнет стен здания. Из круговой формы развития пожар перейдет в прямоугольную форму. Горение будет распространяться в двух направлениях (рис. 1.5).

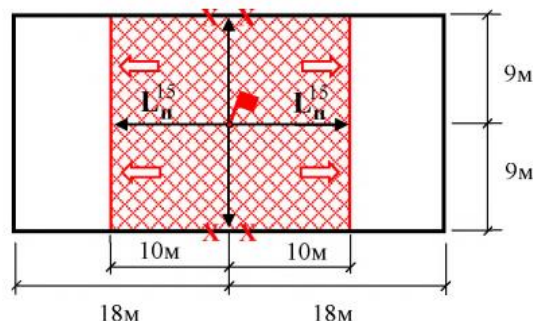


Рис 1.5. Схема развития пожара на 15-й минуте

2.3. Определяем площадь пожара:

$$S_{\text{п}}^{15} = (10 + 10) * (9 + 9) = 360 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.4. Определяем периметр пожара:

$$P_{\text{п}}^{15} = 2 * (10 + 10 + 9 + 9) = 76 \text{ (м)}$$

2.5. Определяем фронт пожара:

$$\Phi_{\text{п}}^{15} = 18 + 18 = 36 \text{ (м)}$$

**Ответ:**

- на момент времени  $t_1 = 10$  мин. форма площади пожара круговая, площадь пожара  $S_{\text{п}}^{10} = 78,5 \text{ м}^2$ , периметр пожара  $P_{\text{п}}^{10} = 31,4 \text{ м}$ , фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}^{10} = 31,4 \text{ м}$ ;

- на момент времени  $t_2 = 15$  мин. форма площади пожара прямоугольная, площадь пожара  $S_{\text{п}}^{15} = 360 \text{ м}^2$ , периметр пожара  $P_{\text{п}}^{15} = 76 \text{ м}$ , фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}^{15} = 36 \text{ м}$ .

**Задача № 1.2.** Пожар произошел в помещении торгового центра размером в плане 20x40 м (рис. 1.6). Пожарная нагрузка однородная и размещена равномерно по площади помещения. Линейная скорость распространения пожара -  $V_{\text{л}} = 1 \text{ м/мин}$ .

Требуется:

- определить геометрические параметры пожара (площадь пожара -  $S_{\text{п}}$ , периметр пожара -  $P_{\text{п}}$ , фронт пожара -  $\Phi_{\text{п}}$ ) на 12-й - ( $t_1$ ) и 20-й - ( $t_2$ ) минутах развития пожара;

- выполнить схему развития пожара во времени.

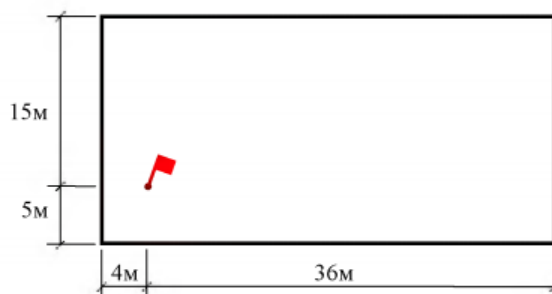


Рис. 1.6. План помещения с местом возникновения пожара

Решение:

1. Определяем основные параметры пожара ( $S_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{п}}$ ,  $\Phi_{\text{п}}$ ) на 12-й минуте его развития.

1.1. Определяем путь, пройденный огнем (расстояние) за время развития пожара

$t_1 = 12$  мин.:

$$L_{\text{п}}^{12} = 0,5 * V_{\text{л}} * 10 + V_{\text{л}} * (t_2 - 10) = 0,5 * 1 * 10 + 1 * (12 - 10) = 7 \text{ (м)},$$

где  $V_{\text{л}} = 1$  м/мин. - линейная скорость распространения горения (табл. 1.1).

1.2. Определяем форму площади пожара. На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 12 мин.

Развитие пожара происходит в трех направлениях (рис. 1.7).

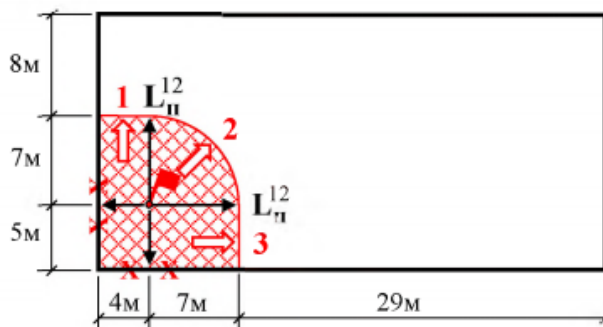


Рис. 1.7. Схема развития пожара на 12-й минуте

1.3. Определяем площадь пожара.

Площадь пожара имеет сложную форму развития, которую можно разложить на четыре элементарные геометрические фигуры (рис. 1.8).

Площадь пожара -  $S_{\text{п}}^{12}$  определяется как сумма площадей элементарных геометрических фигур:

$$S_{\text{п}}^{12} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 20 + 28 + 38,46 + 35 = 121,46 \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $S_1 = 5 * 4 = 20 \text{ (м}^2\text{)}$ ;

$S_2 = 4 * 7 = 28 \text{ (м}^2\text{)}$ ;

$S_3 = \frac{1}{4} * \pi * (L_{\text{п}}^{10})^2 = 0,25 * 3,14 * 7^2 = 38,46 \text{ (м}^2\text{)}$ ;

$S_4 = L_{\text{п}}^{12} * 5 = 7 * 5 = 35 \text{ (м}^2\text{)}$

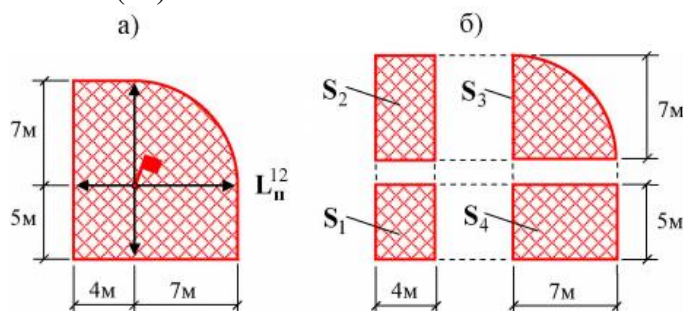


Рис. 1.8. Составные части площади пожара

1.4. Определяем периметр пожара.

Для определения периметра пожара на схеме развития пожара для времени  $t_1 = 12$  мин. выберем точку отсчета (В). Далее, следуя по часовой стрелке, суммируем отрезки внешней границы площади пожара (рис. 1.9 «б»).

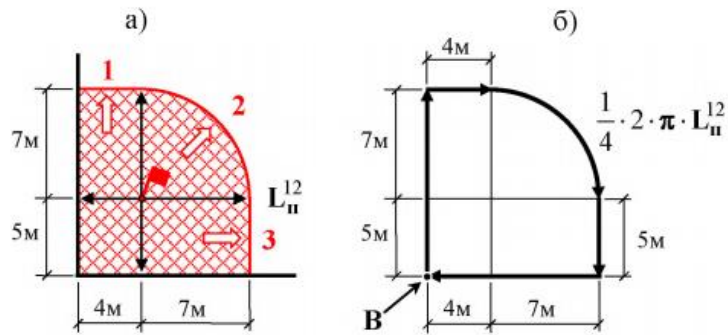


Рис. 1.9. Определение периметра пожара.

$$P_{\text{п}}^{12} = (5 + L_{\text{п}}^{12}) + 4 + \frac{1}{4} * 2 * \pi * L_{\text{п}}^{12} + 5 + (L_{\text{п}}^{12} + 4)$$

$$P_{\text{п}}^{12} = (5 + 7) + 4 + \frac{1}{4} * 2 * 3,14 * 7 + 5 + (7 + 4) = 42,99 \text{ (м)}$$

1.5. Определяем фронт пожара.

Развитие пожара происходит в трех направлениях. Следовательно, длина фронта пожара будет складываться из трех отрезков (рис. 1.10 «б»).

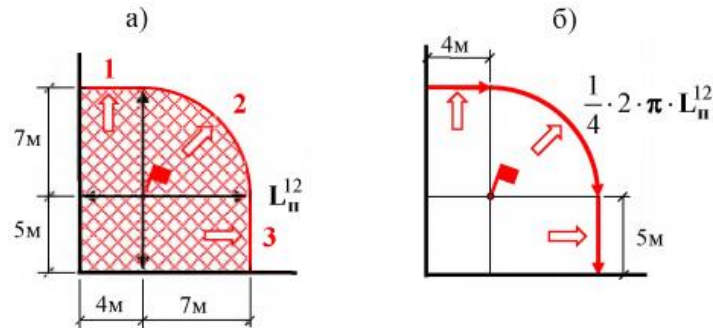


Рис. 1.10. Определение фронта пожара

$$\Phi_{\text{п}}^{12} = 4 + \frac{1}{4} * 2 * \pi * L_{\text{п}}^{12} + 5 = 4 + \frac{1}{4} * 2 * 3,14 * 7 + 5 = 19,99 \text{ (м)}$$

2. Определяем основные параметры пожара ( $S_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{п}}$ ,  $\Phi_{\text{п}}$ ) на 20-й минуте его развития.

2.1. Определяем путь, пройденный огнём (расстояние) за время развития пожара  $t_2 = 20$  мин.:

$$L_{\text{п}}^{20} = 0,5 * V_{\text{л}} * 10 + V_{\text{л}} * (t_2 - 10) = 0,5 * 1 * 10 + 1 * (20 - 10) = 15 \text{ (м)},$$

2.2. Определяем форму площади пожара.

На схему наносим путь, пройденный огнем за время, равное 20 мин. В северном направлении, на 20-й минуте, огонь достигнет стен здания, произойдет изменение формы площади пожара. Развитие пожара будет происходить в одном (1) восточном направлении, форма площади пожара - прямоугольная (рис. 1.11).

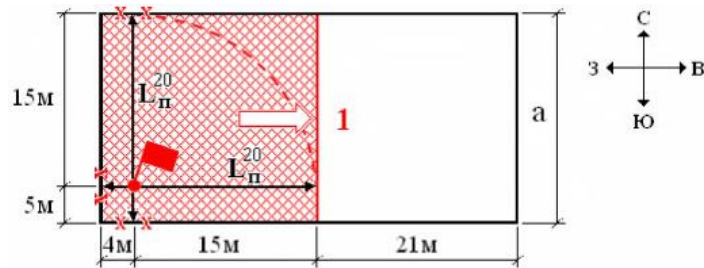


Рис. 1.11. Схема развития пожара на 20-й минуте

2.3. Определяем площадь пожара.

Площадь пожара имеет прямоугольную форму развития.

$$S_{\text{п}}^{20} = (15 + 4) * 20 = 380 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.4. Определяем периметр пожара:

$$P_{\text{п}}^{20} = 2 * (15 + 4 + 20) = 78 \text{ (м)}$$

2.5. Определяем фронт пожара. Развитие пожара происходит в одном направлении, по ширине здания.

$$\Phi_{\text{п}}^{20} = 19 \text{ (м)}$$

**Ответ:**

- на момент времени  $t_1 = 12$  мин. форма площади пожара сложная, площадь пожара  $S_{\text{п}}^{12} = 121,46 \text{ м}^2$ , периметр пожара  $P_{\text{п}}^{12} = 42,99 \text{ м}$ , фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}^{12} = 19,99 \text{ м}$ ;

- на момент времени  $t_2 = 20$  мин. форма площади пожара прямоугольная, площадь пожара  $S_{\text{п}}^{20} = 380 \text{ м}^2$ , периметр пожара  $P_{\text{п}}^{20} = 78 \text{ м}$ , фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}^{20} = 19 \text{ м}$ .

**Задача № 1.3.** Пожар произошел в цехе производства фанеры (рис. 1.12). Пожарная нагрузка однородная и размещена равномерно по площади помещения.

Требуется:

- определить геометрические параметры пожара (площадь пожара -  $S_{\text{п}}$ , периметр пожара -  $P_{\text{п}}$ , фронт пожара -  $\Phi_{\text{п}}$ ) на 15-й - ( $t_1$ ) и 17-й - ( $t_2$ ) минутах развития пожара;
- выполнить схему развития пожара во времени.

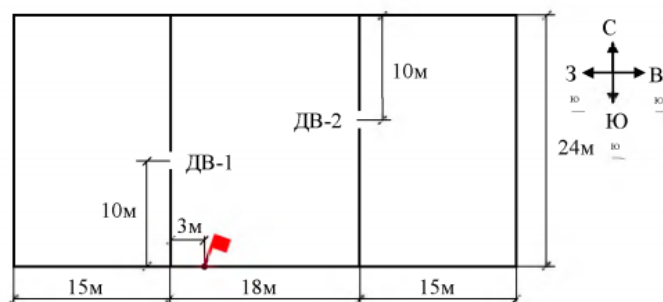


Рис. 1.12. План цеха с местом возникновения пожара

**Решение:**

1. Определяем основные параметры пожара ( $S_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{п}}$ ,  $\Phi_{\text{п}}$ ) на 15-й минуте его развития.

1.1. Определяем путь, пройденный огнем (расстояние) за время развития пожара  $t_1 = 15$  мин.:

$$L_{\text{п}}^{15} = 0,5 * V_{\text{л}} * 10 + V_{\text{л}} * (t_2 - 10) = 0,5 * 1,5 * 10 + 1,5 * (15 - 10) = 15 \text{ (м)},$$

где  $V_{\text{л}} = 1,5 \text{ м/мин.}$  - линейная скорость распространения горения (табл. 1.1).

1.2. Определяем форму площади пожара.

На схему наносим путь, пройденный огнем за время, равное 15 мин. (рис. 1.13). В западном и восточном направлении на 15 -й минуте огонь достигнет стен центрального помещения, произойдет изменение формы площади пожара с угловой на прямоугольную. Развитие пожара будет происходить в трех направлениях:

- 1 - через дверной проем (ДВ-1) в левое помещение (запад);
- 2 - к противоположной стене от места возникновения пожара (север);
- 3 - через правый дверной проем (ДВ-2) в правое помещение (восток).

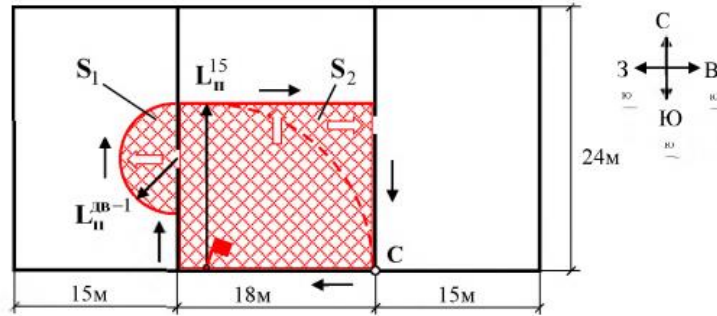


Рис. 1.13. Схема развития пожара на 15-й минуте в цехе по производству фанеры

1.2.1. Определяем форму площади пожара в центральном помещении. Форма площади пожара в центральном помещении прямоугольная.

1.2.2. Определяем форму площади пожара в левом помещении. Левый дверной проем находится в фактической площади пожара. Путь, пройденный огнем через левый дверной проем:

$$L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}} = L_{\text{п}}^{15} - L_{\text{ДВ-1}} = 15 - 10 = 5 \text{ (м)},$$

где  $L_{\text{ДВ-1}}$  - расстояние от очага пожара до центра левого дверного проема (по вертикали). Форма площади пожара в левом помещении полукруговая.

1.2.3. Определяем форму площади пожара в правом помещении.

На 15-й минуте развития пожара огонь только подойдет к правому дверному проему, не пересекая его (дверной проем находится в приращенной площади пожара).

$$L_{\text{п}}^{15} = L_{\text{пер}} = 15 \text{ (м)},$$

В правом помещении горения нет.

1.3. Определяем площадь пожара.

Площадь пожара имеет сложную форму развития (рис. 1.13), состоящую из двух элементарных геометрических фигур:

$$S_{\text{п}}^{15} = S_1 + S_2 = 39,3 + 270 = 309,3 \text{ (м}^2\text{)},$$

$$\text{где } S_1 = \frac{1}{2} * \pi * (L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}})^2 = 0,5 * 3,14 * 5^2 = 39,3 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_2 = 18 * L_{\text{п}}^{15} = 18 * 15 = 270 \text{ (м}^2\text{)};$$

1.4. Определяем периметр пожара.

Для определения периметра на рис. 1.12 выберем точку отсчета (С), далее по часовой стрелке суммируем отрезки внешней границы площади пожара:

$$P_{\text{п}}^{15} = 18 + (L_{\text{ДВ-1}} - L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}}) + \pi * L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}} + 18 + 15 = 18 + (10 - 5) + 3,14 * 5 + 18 + 15 = 71,7 \text{ (м)}$$

1.5. Определяем фронт пожара

$$\Phi_{\text{п}}^{15} = \Phi_1 + \Phi_2 = \pi * L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}} + 18 = 3,14 * 5 + 18 = 33,7 \text{ (м)}$$

2. Определяем основные параметры пожара ( $S_{\text{п}}$ ,  $P_{\text{п}}$ ,  $\Phi_{\text{п}}$ ) на 17-й минуте его развития.

2.1. Определяем путь, пройденный огнем (расстояние) за время развития пожара  $t_2 =$

17 мин.:



$$L_{\text{п}}^{17} = 0,5 * V_{\text{л}} * 10 + V_{\text{л}} * (t_2 - 10) = 0,5 * 1,5 * 10 + 1,5 * (17 - 10) = 18 \text{ (м)},$$

2.2. Определяем форму площади пожара.

На схему наносим путь, пройденный огнем за время, равное 17 мин. Развитие пожара будет происходить в трех помещениях (рис. 1.13):

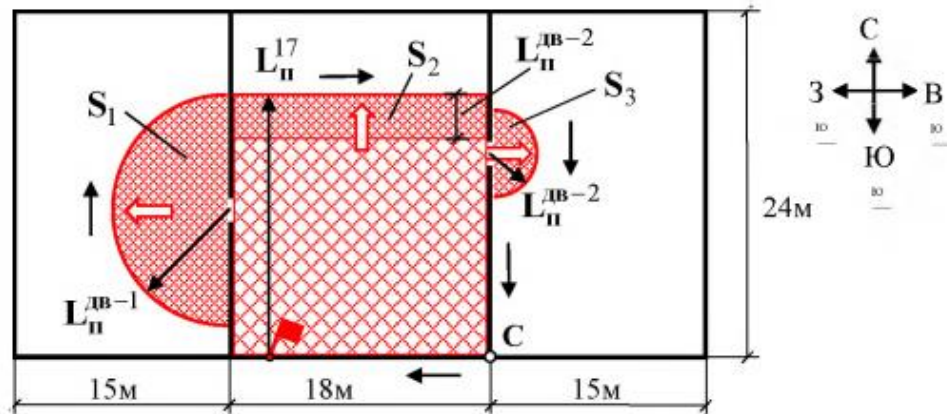


Рис. 1.13. Схема развития пожара на 17-й минуте

2.2.1. Определяем форму площади пожара в центральном помещении цеха по производству фанеры.

В центральном помещении форма площади пожара прямоугольная.

2.2.2. Определяем форму площади пожара в левом помещении.

Путь, пройденный огнем через левый дверной проем:

$$L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}} = L_{\text{п}}^{17} - L_{\text{ДВ-1}} = 18 - 10 = 8 \text{ (м)},$$

Форма площади пожара в левом помещении полукруговая.

2.2.3. Определяем форму площади пожара в правом помещении.

Путь, пройденный огнем через правый дверной проем, с учетом его нахождения в приращенной площади пожара

$$L_{\text{п}}^{\text{ДВ-2}} = L_{\text{п}}^{17} - L_{\text{пер}} = 18 - 15 = 3 \text{ (м)},$$

Форма площади пожара в правом помещении полукруговая.

2.3. Определяем площадь пожара.

Площадь пожара имеет сложную форму развития (рис. 1.13), состоящую из трех элементарных геометрических фигур:

$$S_{\text{п}}^{17} = S_1 + S_2 + S_3 = 100,5 + 324 + 14,1 = 438,6 \text{ (м}^2\text{)},$$

$$\text{где } S_1 = \frac{1}{2} * \pi * (L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}})^2 = 0,5 * 3,14 * 8^2 = 100,5 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_2 = 18 * L_{\text{п}}^{17} = 18 * 18 = 324 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$S_3 = \frac{1}{2} * \pi * (L_{\text{п}}^{\text{ДВ-2}})^2 = 0,5 * 3,14 * 3^2 = 14,1 \text{ (м}^2\text{)};$$

2.4. Определяем периметр пожара.

Для определения периметра пожара на рис. 1.13 выберем точку отсчета (С), далее по часовой стрелке суммируем отрезки внешней границы площади пожара:

$$P_{\text{п}}^{17} = 18 + (L_{\text{ДВ-1}} - L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}}) + \pi * L_{\text{п}}^{\text{ДВ-1}} + 18 + (L_{\text{п}}^{17} - (L_{\text{ДВ-2}} + L_{\text{п}}^{\text{ДВ-2}})) + \pi * L_{\text{п}}^{\text{ДВ-2}} + (L_{\text{ДВ-2}} - L_{\text{п}}^{\text{ДВ-2}})$$

$$P_{\text{п}}^{17} = 18 + (10 - 8) + 3,14 * 8 + 18 + (18 - (14 + 3)) + 3,14 * 3 + (14 - 3) = 84,5 \text{ (м)},$$

где  $L_{\text{ДВ-2}}$  - расстояние от очага пожара до центра правого дверного проема (по вертикали).

2.5. Определяем фронт пожара:

$$\Phi_{\text{п}}^{17} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = \pi * L_{\text{п}}^{\text{ДВ}-1} + 18 + \pi * L_{\text{п}}^{\text{ДВ}-2} = 3,14 * 8 + 18 + 3,14 * 3 = 52,5 \text{ (м)}$$

**Ответ:**

- на момент времени  $t_1 = 15$  мин. форма площади пожара сложная, площадь пожара  $S_{\text{п}}^{15} = 309,3 \text{ м}^2$ , периметр пожара  $P_{\text{п}}^{15} = 71,7 \text{ м}$ , фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}^{15} = 33,7 \text{ м}$ ;

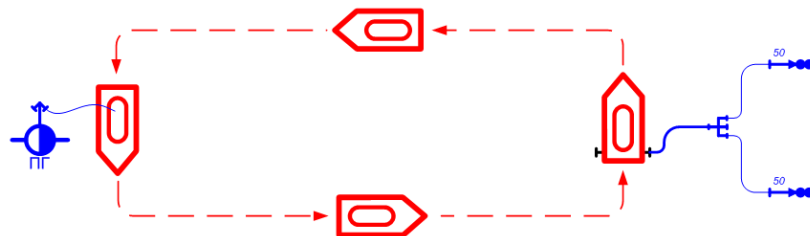
- на момент времени  $t_2 = 17$  мин. площадь пожара  $S_{\text{п}}^{17} = 438,6 \text{ м}^2$ , периметр пожара  $P_{\text{п}}^{17} = 84,5 \text{ м}$ , фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}^{17} = 52,5 \text{ м}$ .

## 2. РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА АВТОЦИСТЕРН ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДВОЗА ВОДЫ К МЕСТУ ПОЖАРА

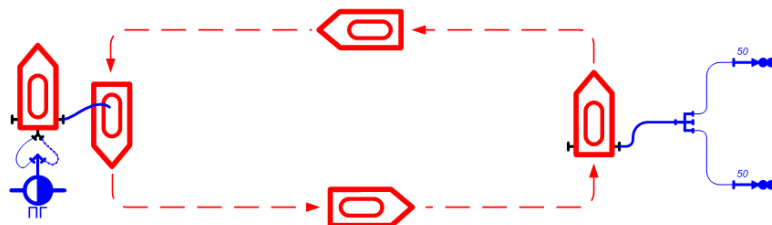
При тушении пожаров может возникнуть ситуация, когда подать воду к месту пожара по рукавным линиям не представляется возможным в силу удаленности водоисточников от места пожара или нехватки напорных рукавов. В этих случаях организуется доставка воды. Для подвоза используются как правило пожарные автоцистерны, предназначенные для доставки к месту пожара боевого расчета, пожарно-технического вооружения, запаса воды и пенообразователя.

Пожарная автоцистерна применяется как самостоятельная боевая единица или как насосная установка при работе в «перекачку» с одной или несколькими автоцистернами при тушении пожаров водой, воздушно-механической пеной в населенных пунктах и на промышленных объектах. Может эксплуатироваться в районах умеренного климата с годовым перепадом температур в пределах от  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  по дорогам всех видов и бездорожью.

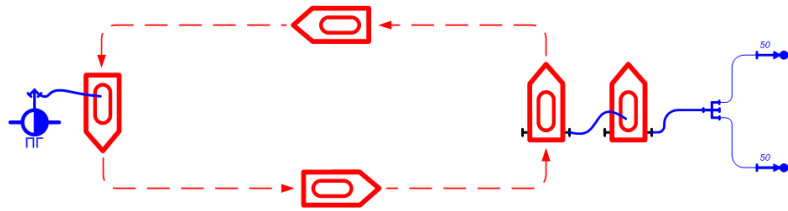
В зависимости от организации пункта заправки водой и установки стационарной автоцистерны для подачи огнетушащих веществ к месту пожара, возможны четыре принципиальных способа организации подвоза воды:



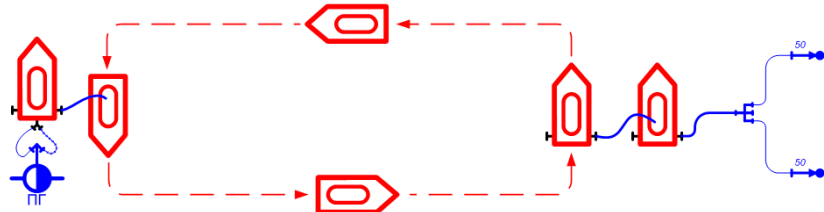
1 – Пункт заправки не организован, стационарная автоцистерна для подачи воды не установлена



2 - Организован пункт заправки, стационарная автоцистерна для подачи воды не установлена



3 - Пункт заправки не организован, установлена стационарная автоцистерна для подачи воды



4 – организован пункт заправки, установлена стационарная автоцистерна для подачи воды

### Порядок расчета

Подвоз воды организовывается путем циркуляции пожарных автоцистерн от места пожара к пункту заправки водой и обратно. На месте пожара требуется некоторое время для расходования заправленной в емкости воды. На пункте заправки – требуется время для наполнения емкости пожарной автоцистерны.

Таким образом, полный цикл перемещения одной автоцистерны включает в себя: время на расходование воды на месте пожара, время следования к пункту заправки, время заправки автоцистерны водой и время следования от пункта заправки к месту пожара. И тогда формула определения требуемого для организации бесперебойной подачи воды количества автоцистерн в наиболее общем виде будет выглядеть следующим образом:

$$N_{\text{АЦ}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{г}} + \tau_{\text{расх}}}{\tau_{\text{расх}}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{г}}}{\tau_{\text{расх}}} + 1$$

где,  $\tau_{\text{сл}}^{\text{п}}$  – время следования от места пожара к водоисточнику (порожняком);

$\tau_{\text{сл}}^{\text{г}}$  – время следования от водоисточника к месту пожара (в готовности);

$\tau_{\text{расх}}$  – время расходования воды у места пожара;

$\tau_{\text{запр}}$  – время заправки автоцистерны

Однако, данная формула применима только для способа подвоза №1 - когда нет автомобиля установленного на пункте заправки и нет постоянно работающего автомобиля для подачи воды к пожарным стволам.

В остальных случаях подвоза воды необходимо так же учитывать автомобили находящиеся на пункте заправки и установленные стационарно у места пожара.

Таким образом, формулы для определения требуемого количества автоцистерн будут выглядеть следующим образом:

Способ	Формула
1	$N_{\text{АЦ}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{г}}}{\tau_{\text{расх}}} + 1$
2, 3	$N_{\text{АЦ}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{г}}}{\tau_{\text{расх}}} + 2$
4	$N_{\text{АЦ}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{г}}}{\tau_{\text{расх}}} + 3$

Время следования автоцистерн можно определить следующим образом:

$$\tau_{\text{сл}} = \frac{L \cdot 60}{v_{\text{сл}}}$$

где,  $v_{\text{дв}}^{\text{п}}$  – скорость следования автомобиля, условно принимается равной как при следовании заправленной автоцистерны, так и при следовании порожней, и тогда:

$$v_{\text{сл}}^{\text{п}} = v_{\text{сл}}^{\text{г}} \Rightarrow \tau_{\text{сл}}^{\text{п}} = \tau_{\text{сл}}^{\text{г}}$$

$L$  – расстояние от места пожара до водоисточника;

$v_{\text{дв}}^{\text{п}}$  – скорость следования порожняком;

$v_{\text{дв}}^{\text{г}}$  – скорость следования в готовности.

Время заправки автоцистерны можно найти следующим образом:

$$\tau_{\text{запр}} = \frac{V_{\text{ц}}}{Q_{\text{н}} \cdot 60}$$

где,  $V_{\text{ц}}$  – объем емкости для воды в автоцистерне, л;

$Q_{\text{н}}$  – средняя подача воды насосом, которым заправляют АЦ или расход воды из пожарной колонки, установленной на гидрант, л/мин<sup>[1]</sup>.

Время расхода воды на месте пожара можно определить пользуясь стандартной формулой определения расхода:

$$\tau_{\text{расх}} = \frac{V_{\text{ц}}}{Q_{\text{пр}} \cdot 60}$$

где,  $Q_{\text{пр}}$  – расход воды из приборов подачи;

$$Q_{\text{пр}} = N_{\text{пр}} * q_{\text{пр}}$$

где,  $N_{\text{пр}}$  – число приборов подачи (водяных стволов, СВП, ГПС);

$q_{\text{пр}}$  – расход приборов<sup>[1]</sup>.

## Примеры

### Задача 1

Для тушения пожара необходимо обеспечить расход воды 11,5 л/с. Расстояние до ближайшего водоисточника составляет 5км. Необходимо определить минимальное необходимое количество автоцистерн АЦ 3,0-40 необходимых для организации бесперебойного подвоза воды, при условии, что исходя из тактических

соображений, руководитель тушения пожара принял решение подавать воду непосредственно от емкостей прибывающих автоцистерн.

**Решение:**

1. Определим время следования автоцистерн от водоисточника к месту пожара и обратно, для чего

$$\tau_{\text{сл}} = \frac{5 \cdot 60}{60} = 5 \text{ мин}$$

2. Определим время заправки автоцистерны водой

$$\tau_{\text{запр}} = \frac{3000}{40 \cdot 0,8} = 94 \text{ с} = 1 \text{ мин } 34 \text{ с}$$

здесь производительность насоса умножена на 0,8 для того, что бы использовать его в «щадящем» режиме.

3. Определим время расхода воды на месте пожара

$$\tau_{\text{расх}} = \frac{3000}{11,5 \cdot 60} = 4,34 \text{ мин}$$

4. Вычислим требуемое количество АЦ.

$$N_{\text{АЦ}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{р}}}{\tau_{\text{расх}}} + 1 = \frac{5 + 1,56 + 5}{4,34} + 1 = 3,6 = 4 \text{ ед.}$$

**Ответ:** необходимо 4 автоцистерны АЦ 3,0-40.

**Задача 2**

Для тушения пожара необходимо обеспечить расход воды 20 л/с. Установлено, что для заправки АЦ 2,5-40 и возвращения к месту пожара требуется 7 минут. Подача воды на месте пожара осуществляется в емкость стационарно установленной АЦ 5,0-40, от которой проложены магистральные рукавные линии к месту пожара. Необходимо определить минимальное необходимое количество автоцистерн необходимых для организации бесперебойного подвоза воды.

1. Определим время расхода воды на месте пожара

$$\tau_{\text{расх}} = \frac{2500}{20 \cdot 60} = 2 \text{ мин}$$

2. Вычислим требуемое количество АЦ. Поскольку, согласно условия задачи выбран третий способ организации подвоза воды, воспользуемся

$$N_{\text{АЦ}} = \frac{\tau_{\text{сл}}^{\text{п}} + \tau_{\text{запр}} + \tau_{\text{сл}}^{\text{р}}}{\tau_{\text{расх}}} + 1 = \frac{5 + 1,56 + 5}{4,34} + 1 = 3,6 = 4 \text{ ед.}$$

**Ответ:** необходимо 6 автоцистерн АЦ 2,5-40.

## Практическая часть

### Задача 1.

Для тушения пожара необходимо обеспечить расход воды  $Q_{пр}$ . Установлено, что для заправки АЦ и возвращения к месту пожара требуется 8 минут. Подача воды на месте пожара осуществляется в емкость стационарно установленной АЦ, от которой проложены магистральные рукавные линии к месту пожара. Необходимо определить минимальное необходимое количество автоцистерн необходимых для организации бесперебойного подвоза воды.

### Задача 2.

Для тушения пожара необходимо обеспечить расход воды  $Q_{пр}$ . Расстояние до ближайшего водоисточника составляет  $L$  км. Необходимо определить минимальное необходимое количество автоцистерн АЦ необходимых для организации бесперебойного подвоза воды, при условии, что исходя из тактических соображений, РТП принял решение подавать воду непосредственно от емкостей прибывающих автоцистерн.

### Варианты

Вариант	$L$ , км	$N_{пр}$ , шт	$q_{пр}$ , л/с	$Q_{н}$ , л/мин	$V_{ц}$ , л	$V_{сл}$ , л/с
1	5	20	2	7	300	70
2	2	40	2	6	400	60
3	3	42	3	3	300	50
4	4	40	2	8	500	80
5	4	30	2	4	300	40
6	5	3	1	6	400	90
7	1	3	1	2	300	60
8	8	24	2	3	300	70
9	5	27	3	4	400	50
10	3	20	2	5	500	40

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 22.0.02 -94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий.
2. Оноприенко М. Безопасность жизнедеятельности. Защита территорий и объектов экономики в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие. // Москва. Изд-во ИНФРА-М, 2021 г., 399 с.
3. Быченко В. А., Бакинта В. А., Вилков А. В. и др. ; под ред. Свитнева И. В., Зряниной Н. В., Колесова Д. Г. и др. Обеспечение жизнедеятельности в условиях чрезвычайных ситуаций : учебное пособие // Москва., Изд-во Кнорус, 2021 г., 189 с.
4. Губанов В. М., Михайлов Л. А., Соломин В. П. Чрезвычайные ситуации социального характера и защита от них //М.: Дрофа. – 2007. – Т. 285. – №. 3.
5. Михайлов Л. А., Соломин В. П. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них. Учебник для вузов. – "Издательский дом"" Питер""", 2007.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Требуемые определения.....	4
Прогнозирование обстановки на пожаре.....	5
Расчет требуемого количества автоцистерн для организации подвоза воды к месту пожара.....	18
Литература.....	23