

**Стрелов А.В.**

**Strelov A.V.**

**РАСЧЕТ СИЛ И СРЕДСТВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ТВЕРДЫХ  
ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ ВОДОЙ  
(РАСПРОСТРАНЯЮЩИХ ПОЖАР) В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ  
ЭТАЖНОСТИ**

**CALCULATION OF FORCES AND MEANS FOR EXHAUSTION OF  
FIRES OF SOLID FLAMMABLE SUBSTANCES AND MATERIALS OF  
WATER (DISTRIBUTED FIRE) IN BUILDINGS OF HIGHER ESTATE**

**Аннотация:** рассмотрен расчет сил и средств для тушения пожаров твердых горючих веществ и материалов водой (распространяющийся пожар) в зданиях повышенной этажности.

**Ключевые слова:** здания повышенной этажности, тушение пожаров, моделирование, расчет параметров развития горения.

**Annotation:** calculation of forces and means for extinguishing fires of solid combustible substances and materials with water (spreading fire) is considered in high-rise buildings.

**Key words:** buildings of increased number of storeys, extinguishing fires, modeling, calculation of the parameters of the development of combustion.

Расчеты сил и средств выполняются в следующих случаях:

- при определении требуемого количества сил и средств на тушение пожара;
- при оперативно-тактическом изучении объекта;
- при разработке планов тушения пожаров;
- при подготовке пожарно-тактических учений и занятий;
- при проведении экспериментальных работ по определению эффективности средств тушения;
- в процессе исследования пожара для оценки действий РТП и

подразделений.

Исходные данные для расчета сил и средств:

-характеристика объекта (геометрические размеры, характер пожарной нагрузки и ее размещение на объекте, размещение водоисточников относительно объекта);

-время с момента возникновения пожара до сообщения о нем (зависит от наличия на объекте вида средств охраны, средств связи и сигнализации, правильности действий лиц, обнаруживших пожар и т.д.);

-линейная скорость распространения пожара  $V_{л}$ ;

-силы и средства, предусмотренные расписанием выездов и время их сосредоточения;

-интенсивность подачи огнетушащих средств  $I_{тр}$ .

1) Определение времени развития пожара на различные моменты времени.

Выделяются следующие стадии развития пожара:

-1, 2 стадии свободного развития пожара, причем на 1 стадии ( $\tau$  до 10 мин) линейная скорость распространения принимается равной 50% ее максимального значения (табличного), характерного для данной категории объектов, а с момента времени более 10 мин она принимается равной максимальному значению;

-3 стадия характеризуется началом введения первых стволов на тушение пожара, в результате чего линейная скорость распространения пожара уменьшается, поэтому в промежутке времени с момента введения первых стволов до момента ограничения распространения пожара (момент локализации), ее значение принимается равным  $0,5V_{л}$ . В момент выполнения условий локализации  $V_{л} = 0$ .

- 4 стадия – ликвидация пожара.

$$\tau_{\text{св}} = \tau_{\text{обн}} + \tau_{\text{сооб}} + \tau_{\text{сб}} + \tau_{\text{сл}} + \tau_{\text{бр}} \text{ (мин.)}, \text{ где}$$

$\tau_{\text{св}}$  - время свободного развития пожара на момент прибытия подразделения;

$\tau_{\text{обн}}$  - время развития пожара с момента его возникновения до момента его обнаружения (2 мин. - при наличии АПС или АУПТ, 2-5 мин. - при наличии круглосуточного дежурства, 5 мин. – во всех остальных случаях);

$\tau_{\text{сооб}}$  – время сообщения о пожаре в пожарную охрану (1 мин. – если телефон находится в помещении дежурного, 2 мин. – если телефон в другом помещении);

$\tau_{\text{сб}} = 1$  мин. – время сбора личного состава по тревоге;

$\tau_{\text{сл}}$  - время следования пожарного подразделения;

$\tau_{\text{бр}}$  - время разворачивания СиС (3 мин. при подаче 1-го ствола, 5 мин. в остальных случаях).

2) Определение расстояния  $R$ , пройденного фронтом горения, за время  $\tau$ .

при  $\tau_{\text{св}} \leq 10$  мин.:  $R = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \cdot \tau_{\text{св}}$  (м);

при  $\tau_{\text{св}} > 10$  мин.:  $R = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \cdot 10 + V_{\text{л}} \cdot (\tau_{\text{св}} - 10) = 5 \cdot V_{\text{л}} + V_{\text{л}} \cdot (\tau_{\text{св}} - 10)$  (м);

при  $\tau_{\text{св}} < \tau^* \leq \tau_{\text{лок}}$  :  $R = 5 \cdot V_{\text{л}} + V_{\text{л}} \cdot (\tau_{\text{св}} - 10) + 0,5 \cdot V_{\text{л}} \cdot (\tau^* - \tau_{\text{св}})$  (м).

где  $\tau_{\text{св}}$  – время свободного развития,

$\tau_{\text{св}}$  – время на момент введения первых стволов на тушение,

$\tau_{\text{лок}}$  – время на момент локализации пожара,

$\tau^*$  - время между моментами локализации пожара и введения первых стволов на тушение.

### 3) Определение площади пожара.

Площадь пожара  $S_{\text{п}}$  – это площадь проекции зоны горения на горизонтальную или (реже) на вертикальную плоскость. При горении на нескольких этажах за площадь пожара принимают суммарную площадь пожара на каждом этаже.

Периметр пожара  $P_{\text{п}}$  – это периметр площади пожара.

Фронт пожара  $\Phi_{\text{п}}$  – это часть периметра пожара в направлении (направлениях) распространения горения.

Для определения формы площади пожара следует вычертить схему объекта в масштабе и от места возникновения пожара отложить в масштабе величину пути  $R$ , пройденного огнем во все возможные стороны.

При этом принято выделять три варианта формы площади пожара:

- круговую (рис. 1.1);
- угловую (рис. 1.2, 1.3);

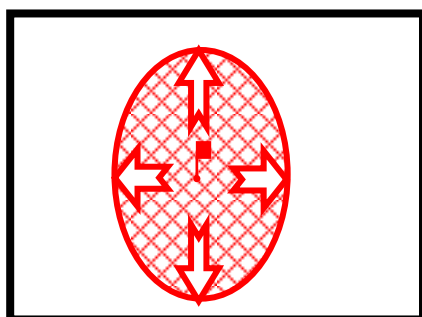


Рис. 1.1. Круговая форма площади пожара

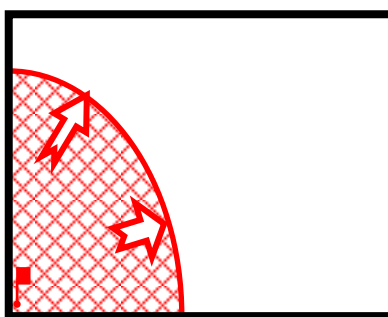


Рис. 1.2 Угловая форма площади пожара с углом  $90^{\circ}$

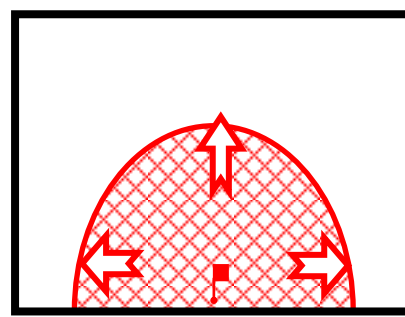


Рис. 1.3 Угловая форма площади пожара с углом  $180^{\circ}$

- прямоугольную (рис. 1.4).

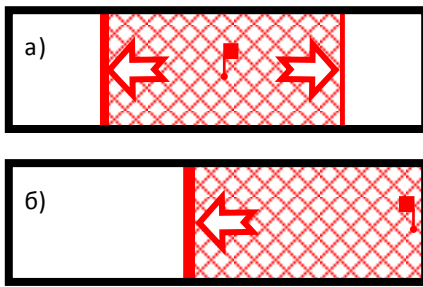


Рис. 1.4 Прямоугольная форма площади пожара с развитием: а) в двух; б) в одном

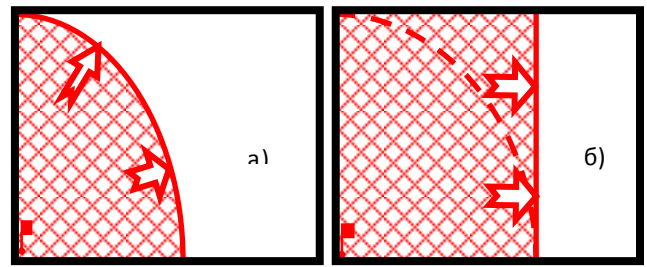


Рис. 1.5. Изменение формы площади пожара при достижении фронтом пламени ограждающей конструкции из угловой (а) в прямоугольную (б)

При прогнозировании развития пожара следует учитывать, что форма площади пожара может меняться. Так, при достижении фронтом пламени ограждающей конструкции или края площадки, принято считать, что фронт пожара спрямляется и форма площади пожара изменяется (рис. 1.5).

а) Площадь пожара при круговой форме развития пожара.

$$S_{\text{п}} = k \cdot \pi \cdot R^2 \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $k = 1$  – при круговой форме развития пожара (рис. 2.11),

$k = 0,5$  – при полукруговой форме развития пожара (рис. 2.13),

$k = 0,25$  – при угловой форме развития пожара (рис. 2.12).

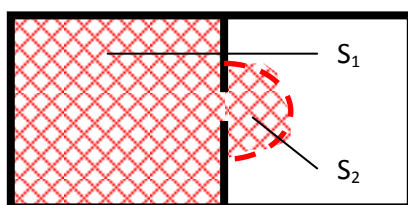
б) Площадь пожара при прямоугольной форме развития пожара.

$$S_{\text{п}} = n \cdot b \cdot R \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $n$  - количество направлений развития пожара,  $b$  – ширина помещения.

в) Площадь пожара при комбинированной форме развития пожара (рис 1.6)

$$S_{\text{п}} = S_1 + S_2 \text{ (м}^2\text{)}$$



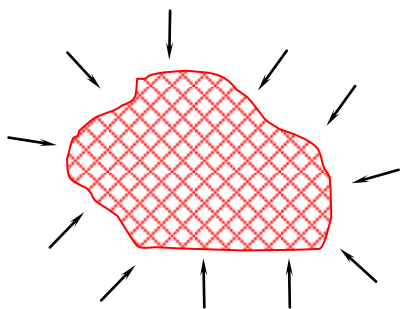
**Рис. 1.6 Площадь пожара при комбинированной форме развития пожара**

4) Определение площади тушения пожара.

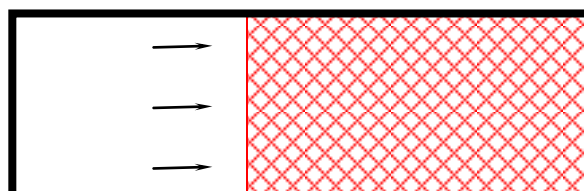
Площадь тушения  $S_T$  – это часть площади пожара, на которую осуществляется эффективное воздействие огнетушащими веществами.

Для практических расчетов используется параметр, называемый глубиной тушения  $h_T$ , который равен для ручных стволов  $h_T = 5$  м, для лафетных  $h_T = 10$  м.

Тушение пожара производят, вводя стволы либо со всех сторон пожара – по периметру пожара (рис. 1.7), либо на одном или нескольких направлениях, как правило, по фронту пожара (рис. 1.8).



**Рис.1.7. Тушение по периметру пожара**



**Рис.1.8. Тушение по фронту пожара**

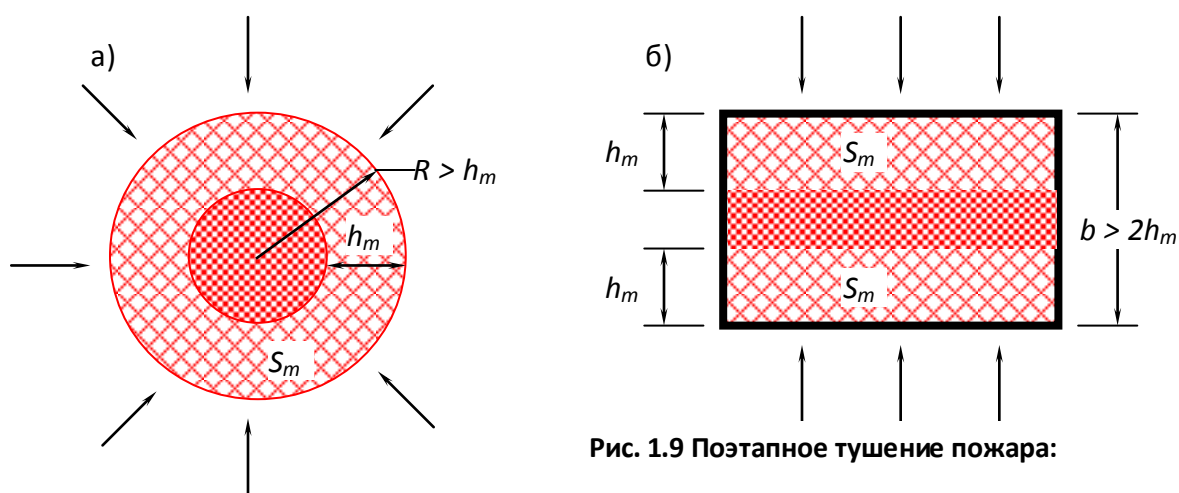


Рис. 1.9 Поэтапное тушение пожара:

а) при круговой форме пожара;

В некоторых случаях пожарные подразделения не могут подать огнетушащее средство одновременно на всю площадь пожара, например, при недостатке сил и средств, тогда тушение осуществляется по фронту распространяющегося пожара. При этом пожар локализуется на решающем направлении, а затем осуществляется процесс его тушения на других направлениях

а) Площадь тушения пожара по периметру при круговой форме развития пожара.

$$S_T = k \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) = k \cdot \pi \cdot h_T \cdot (2 \cdot R - h_T) \text{ (м}^2\text{)},$$

где  $r = R - h_T$ ,

$h_T$  - глубина тушения стволов (для ручных стволов – 5 м, для лафетных - 10 м).

б) Площадь тушения пожара по периметру при прямоугольной форме развития пожара.

$$S_T = 2 \cdot h_T \cdot (a + b - 2 \cdot h_T) \text{ (м}^2\text{)} - \text{ по всему периметру пожара,}$$

где  $a$  и  $b$  – соответственно длина и ширина фронта пожара.

$$S_T = n \cdot b \cdot h_T \text{ (м}^2\text{)} - \text{ по фронту распространяющегося пожара,}$$

где  $b$  и  $n$  – соответственно ширина помещения и количество

направлений подачи стволов.

5) Определение требуемого расхода воды на тушение пожара.

$$Q_{\text{тр}}^T = S_{\text{п}} \cdot I_{\text{тр}} - \text{при } S_{\text{п}} \leq S_{\text{т}} \text{ (л/с)} \text{ или } Q_{\text{тр}}^T = S_{\text{т}} \cdot I_{\text{тр}} - \text{при } S_{\text{п}} > S_{\text{т}} \text{ (л/с)}$$

Интенсивность подачи огнетушащих веществ  $I_{\text{тр}}$  – это количество огнетушащего вещества, подаваемое за единицу времени на единицу расчетного параметра.

Различают следующие виды интенсивности:

Линейная – когда в качестве расчетного принят линейный параметр: например, фронт или периметр. Единицы измерения – л/с·м. Линейная интенсивность используется, например, при определении количества стволов на охлаждение горящих и соседних с горящим резервуаров с нефтепродуктами.

Поверхностная – когда в качестве расчетного параметра принята площадь тушения пожара. Единицы измерения – л/с·м<sup>2</sup>. Поверхностная интенсивность используется в практике пожаротушения наиболее часто, так как для тушения пожаров в большинстве случаев используется вода, которая тушит пожар по поверхности горящих материалов.

Объемная – когда в качестве расчетного параметра принят объем тушения. Единицы измерения – л/с·м<sup>3</sup>. Объемная интенсивность используется, преимущественно, при объемном тушении пожаров, например, инертными газами.

Требуемая  $I_{\text{тр}}$  – количество огнетушащего вещества, которое необходимо подавать за единицу времени на единицу расчетного параметра тушения. Определяется требуемая интенсивность на основе расчетов, экспериментов, статистических данных по результатам тушения реальных пожаров и т.д.

Фактическая  $I_{\text{ф}}$  – количество огнетушащего вещества, которое фактически подано за единицу времени на единицу расчетного параметра тушения.



б) Определение требуемого количества стволов на тушение.

$$N_{\text{ст}}^T = Q_{\text{тр}}^T / q_{\text{ст}}^T - \text{по требуемому расходу воды,}$$

$$\text{б) } N_{\text{ст}}^T = P_{\text{п}} / P_{\text{ст}} - \text{по периметру пожара,}$$

$P_{\text{п}}$  – часть периметра, на тушение которого вводятся стволы

$P_{\text{ст}} = q_{\text{ст}} / I_{\text{тр}} \cdot h_{\text{т}}$  – часть периметра пожара, которая тушится одним стволом.  $P = 2 \cdot \pi \cdot L$  (длина окружности),  $P = 2 \cdot a + 2 \cdot b$  (прямоугольник)

7) Определение требуемого количества отделений для подачи стволов на тушение.

$$N_{\text{отд}}^T = N_{\text{ст}}^T / n_{\text{ст отд}},$$

где  $n_{\text{ст отд}}$  – количество стволов, которое может подать одно отделение.

8) Определение требуемого расхода воды на защиту конструкций.

$$Q_{\text{тр}}^3 = S_3 \cdot \Gamma_{\text{тр}}^3 \text{ (л/с),}$$

где  $S_3$  – защищаемая площадь (перекрытия, покрытия, стены, перегородки, оборудование и т.п.),

$$\Gamma_{\text{тр}}^3 = (0,3-0,5) \cdot I_{\text{тр}} - \text{интенсивность подачи воды на защиту.}$$

9) Определение требуемого количества стволов на защиту конструкций.

$$N_{\text{ст}}^3 = Q_{\text{тр}}^3 / q_{\text{ст}}^3,$$

Также количество стволов часто определяется без аналитического расчета из тактических соображений, исходя из мест размещения стволов и количества защищаемых объектов, например, на каждую ферму по одному лафетному стволу, в каждое смежное помещение по стволу РС-50.

10) Определение требуемого количества отделений для подачи стволов

на защиту конструкций.

$$N_{\text{отд}}^3 = N_{\text{ст}}^3 / n_{\text{ст отд}}$$

11) Определение требуемого количества отделений для выполнения других работ (эвакуация людей, мат. ценностей, вскрытия и разборки конструкций).

$$N_{\text{отд}}^{\text{л}} = N_{\text{л}} / n_{\text{л отд}}, N_{\text{отд}}^{\text{мц}} = N_{\text{мц}} / n_{\text{мц отд}}, N_{\text{отд}}^{\text{вск}} = S_{\text{вск}} / S_{\text{вск отд}}$$

12) Определение общего требуемого количества отделений.

$$N_{\text{отд}}^{\text{общ}} = N_{\text{ст}}^{\text{т}} + N_{\text{ст}}^3 + N_{\text{отд}}^{\text{л}} + N_{\text{отд}}^{\text{мц}} + N_{\text{отд}}^{\text{вск}}$$

На основании полученного результата РТП делает вывод о достаточности привлеченных к тушению пожара сил и средств. Если сил и средств недостаточно, то РТП делает новый расчет на момент прибытия последнего подразделения по следующему повышенному номеру (рангу) пожара.

13) Сравнение фактического расхода воды  $Q_{\text{ф}}$  на тушение, защиту и водоотдачи сети  $Q_{\text{вод}}$  противопожарного водоснабжения

$$Q_{\text{ф}} = N_{\text{ст}}^{\text{т}} \cdot q_{\text{ст}}^{\text{т}} + N_{\text{ст}}^3 \cdot q_{\text{ст}}^3 \leq Q_{\text{вод}}$$

14) Определение количества АЦ, устанавливаемых на водоисточники для подачи расчетного расхода воды.

На водоисточники устанавливают не всю технику, которая прибывает на пожар, а такое количество, которое обеспечило бы подачу расчетного расхода, т.е.

$$N_{\text{АЦ}} = Q_{\text{тр}} / 0,8 Q_{\text{н}},$$

где  $Q_{\text{н}}$  - подача насоса, л/с

Такой оптимальный расход проверяют по принятым схемам развертывания, с учетом длины рукавных линий и расчетного количества

стволов. В любом из указанных случаев, если позволяют условия (в частности, насосно-рукавная система), расчеты прибывающих подразделений должны использоваться для работы от уже установленных на водоисточники автомобилей.

Это не только обеспечит использование техники на полную мощность, но и ускорит введение сил и средств на тушение пожара.

В зависимости от обстановки на пожаре требуемый расход огнетушащего вещества определяют на всю площадь пожара или на площадь тушения пожара. На основании полученного результата РТП может сделать вывод о достаточности привлеченных к тушению пожара сил и средств.

#### Литература.

1. Терещнев В. В., Артемьев Н. С., Подгрушный А. В. Пожаротушение в жилых и общественных зданиях. – Е.: ООО «Калан», 2011. – С. 208.
2. Артемьев Н. С., Бадер Ю. А. Расчёт требуемого количества сил и средств на тушение пожара в ЗПЭ // Сб. учеб.-метод. материалов: Применение ЭВМ при подготовке специалистов пожарной охраны. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1994.
3. Терещнев, В.В. Расчет параметров развития и тушения пожаров. Методика. Примеры. Задания. – Екатеринбург: ООО «Калан», 2011 – С. 460.
4. Терещнев В. В. Справочник РТП. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: Пожкнига, 2004. – С 248.
5. Стрелов А.В., «Моделирование процессов тушения пожаров в зданиях повышенной этажности и эвакуации», научный журнал «Перспективы науки», М: 2018.