УТВЕРЖДАЮ
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
ООО «СервисЭПОТОС»
_____А.К.Быков
«__» _____ 2011 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ И РАСЧЕТУ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА МОДУЛЕЙ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ТУШЕНИИ ПРОЛИВОВ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

МОСКВА-2010

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие..... 3
Список принятых сокращений..... 4
Условные обозначения..... 5
1. Введение..... 7
2. Постановка задачи..... 8
3. Методика расчета вида и количества порошковых модулей для тушения проливов горящих жидкостей..... 10
4. Пример расчета параметров развития пожара и выбора вида и необходимого количества модулей для его тушения..... 21
Литература..... 27
Приложение 1..... 29
Приложение 2..... 30
Приложение 3..... 31
Приложение 4..... 32
Приложение 5..... 35

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие рекомендации разработаны для противопожарной защиты объектов нефтехимического комплекса, на которых применяются легковоспламеняющиеся (горючие) жидкости с открытым зеркалом, либо возможен аварийный пролив указанных жидкостей.

Рекомендации разработаны в соответствии с требованиями нормативных документов [12, 14]. Положения настоящих рекомендаций не действуют в части, снижающей требования пожарной безопасности к защищаемому объекту, устанавливаемые сводом правил[12].

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АУПТ – Автоматическая Установка ПожароТушения;

МПП – Модуль Порошкового Пожаротушения;

ГЖ – Горючая Жидкость;

ЛВЖ – ЛегкоВоспламеняющаяся Жидкость.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

d_0 – выходной диаметр насадка МПП, м;

d_n – средний диаметр частиц порошка, мкм;

k_1 – коэффициент неравномерности распыления порошка;

k_2 – коэффициент запаса;

k_3 – коэффициент, учитывающий изменение огнетушащей эффективности используемого порошка по отношению к горючему веществу в защищаемой зоне по сравнению с бензином АИ-92;

k_4 – коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения;

k_n – коэффициент диаметра частиц порошка;

m – массовая скорость выгорания горючего, кг/(м^2·с);

N – необходимое количество МПП, шт.;

$P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа;

$P_{вск}$ – давление вскрытия мембраны, МПа;

Q – тепловая мощность пожара, кДж/с;

$Q_н$ – низшая теплота сгорания, кДж/кг;

$S_{ОТ}$ – суммарных площадь емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, м^2;

$S_П$ – площадь пожара на момент срабатывания МПП, м^2;

$S_{ПР}$ – площадь пролива ЛВЖ (ГЖ), м^2;

$S_{нас}$ – площадь сечения насадка МПП, м^2;

$S_з$ – площадь затенения, м^2;

$S_у$ – защищаемая площадь, м^2;

$S_Н$ – площадь модельного очага пожара класса В максимального ранга, тушение которого обеспечивается данным МПП, м^2

$tg(\alpha_н/2)$ – тангенс половины угла расширения на начальном участке порошковой струи;

$V_{пл}$ – объем пламени, м^3;

$V_З$ – защищаемый объем, м3;

$V_Н$ – объем пламени максимального ранга очага класса В, тушение которого обеспечивается данным МПП, м^3;

V_c – объем сосуда (корпуса МПП), м^3;

x – расстояние от выходного насадка МПП до зеркала ЛВЖ (ГЖ), м;

x_0 – расстояние от выходного насадка МПП до полюса основного участка, м;

x_1 – расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами основного участка порошковой струи, м;

z – высота пламени, м;

ε_c – порозность порошковой аэросмеси в МПП, м^3/м^3;

$(1 - \varepsilon_0)$ – объемная концентрация аэросмеси на выходе из насадка, м^3/м^3;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3;

ρ_n – истинная плотность порошка, кг/м^3;

$\tau_{вых.п.}$ – время действия МПП, с;

$\omega_{восх}$ – скорость восходящих потоков, м/с;

$\omega_ф$ – мгновенная скорость фронта порошковой струи, м/с;

ω_{n0} – начальная скорость порошковой струи, м/с;

$\omega_{вет}$ – средняя скорость ветра, м/с;

$\omega_{зап}$ – минимально необходимый запас скорости порошковой струи в объеме пламени, м/с.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как показывают результаты работ исследователей в области порошкового пожаротушения [1,2], огнетушащая способность порошковых составов в высокой степени зависит от способа их подачи на очаг пожара.

Согласно [14], МПП по времени действия (продолжительности подачи огнетушащего порошка) подразделяют на:

- быстрого действия — импульсные (И), со временем действия до 1 с;
- кратковременного действия (КД-1), со временем действия от 1 до 15с;
- кратковременного действия (КД-2), со временем действия более 15с.

Достоинствами импульсного способа подачи огнетушащего порошка являются быстродействие, высокая огнетушащая способность при малом удельном расходе порошка, компактность установок.

Однако основным недостатком импульсных МПП специалисты называют отсутствие запаса порошка для поддержания уровня безопасности от повторного воспламенения. В связи с этим особое внимание необходимо уделять правильности подхода к расчету необходимого количества МПП импульсного действия при проектировании автоматических установок пожаротушения.

Настоящие рекомендации написаны в соответствии с требованиями нормативных документов [12,14-16]

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

2.1. Необходимость написания данных рекомендаций вызвана следующими недостатками существующих методик проектирования порошковых АУПТ:

2.1.1. Согласно [14] огнетушащая способность МПП определяется по их способности тушить модельные очаги пожара класса 2В, характеристики горения которых (высота и объем пламени, скорость восходящих конвективных потоков) не связаны со свойствами реальных очагов горения, образующихся при проливах ЛВЖ (ГЖ). Таким образом, не учитывается способность газопорошковой струи, истекающей из МПП преодолевать сопротивление восходящих конвективных потоков над очагом горения.

2.1.2. Согласно [12] при расчете количества МПП, необходимого для пожаротушения, учитывают отношение площади помещения к защищаемой площади одним модулем. Однако, как показано в работах Баратова А.Н. и других исследователей в области порошкового пожаротушения [13], при таком способе оценки огнетушащей способности порошковых составов не учитывается специфика их огнетушащего действия. В отличие от других огнетушащих веществ, например пены и воды, оказывающих охлаждающее или изолирующее действие на горящую поверхность, порошки оказывают, в основном, ингибирующее действие на химические реакции, протекающие в объеме пламени. Поэтому оценку огнетушащей способности порошковых модулей следует вести по их способности ликвидировать горение в единице объема пламени. В работе [17] показано, что объем пламени находится в степенной зависимости от площади горения.

2.1.3. В методике расчета количества МПП, необходимого для пожаротушения при проливе ЛВЖ (ГЖ) [12] вместо площади защищаемого помещения принимается площадь возможного пролива (показатель S_y). Однако это ведет к снижению надежности АУПТ, так как геометрия пролива изначально не определена. Целесообразнее будет в качестве показателя S_y

принимать площадь всего помещения или той части помещения (части открытой поверхности), где возможно образование пролива.

2.2. Согласно статьи 6 [16] пожарная безопасность зданий и сооружений считается обеспеченной, если:

а) в полном объеме выполнены обязательные требования пожарной безопасности;

б) пожарный риск не превышает допустимых значений.

При расчете пожарного риска по официальным методикам [18,19] учитывается показатель надежности применяемых АУПТ. Предлагаемая в настоящих рекомендациях методика позволяет учитывать объем пламени возможного пожара на защищаемом объекте и скорость восходящих конвективных потоков над очагом горения, что дает возможность проектировать порошковые АУПТ повышенной надежности тушения пожара. Таким образом, снижается значение пожарного риска на защищаемом объекте.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВИДА И КОЛИЧЕСТВА ПОРОШКОВЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПРОЛИВОВ ГОРЯЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

3.1. Исходными данными для расчета являются:

- геометрические размеры помещения (объем, площадь ограждающих конструкций, высота);
- площадь открытых проемов в ограждающих конструкциях;
- рабочая температура, давление и влажность в защищаемом помещении;
- перечень веществ, материалов, находящихся в помещении, и показатели их пожарной опасности, соответствующий им класс пожара по [20];
- тип, величина и схема распределения пожарной нагрузки;
- наличие и характеристика систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления;
- характеристика и расстановка технологического оборудования;
- категория помещений по [15] и классы зон по [21];
- наличие людей и пути их эвакуации.

3.2. Расчет вида и количества порошковых модулей производится по следующему алгоритму:

- исходя из характеристик защищаемого помещения и оборудования, выбирается марка и тип порошкового модуля;
- рассчитывается площадь возможного пожара на момент срабатывания МПП, объем пламени и скорость восходящих конвективных потоков над очагом горения;
- рассчитывается скорость газопорошковой струи в зоне возможного горения;
- проверяется условие преодоления газопорошковой струей восходящих конвективных потоков;
- рассчитывается минимально необходимое количество МПП для

защиты помещения (наружной установки).

3.3. Расчет площади пожара на момент срабатывания МПП, объема пламени и скорости восходящих конвективных потоков над очагом горения.

3.3.1. Площадь пожара на момент срабатывания МПП определяется как:

$$S_{П} = S_{ОТ} + S_{ПР} \tag{3.1}$$

где: $S_{ОТ}$ – площадь емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, м^2;

$S_{ПР}$ – площадь пролива ЛВЖ (ГЖ), м^2.

Площадь пролива ЛВЖ (ГЖ) определяется исходя из следующих предпосылок (в соответствии с требованиями документа [15]):

а) происходит наиболее неблагоприятный вариант аварии одного из технологических аппаратов с ЛВЖ (ГЖ);

б) все содержимое аппарата поступает в помещение;

в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяют в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и оно должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов;

- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

- 300 с при ручном отключении;

г) площадь разлива поступившей из аппарата ЛВЖ (ГЖ) на горизонтальную поверхность определяется (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 литр смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади:

0,5 м^2 – для закрытых помещений;

0,1 м^2 – для наружных установок;

1 литр остальных жидкостей разливается на площади:

1 м^2 – для закрытых помещений;

0,15 м^2 – для наружных установок.

3.3.2. Объем пламени рассчитывается по формуле:

$$V_{пл} = S_П z \tag{3.2}$$

где: $S_П$ – площадь пожара на момент срабатывания МПП (определяется по формуле 3.1);

z – высота пламени, м.

$$z = 0{,}08Q^{0{,}4} \tag{3.3}$$

где: Q – тепловая мощность пожара, кДж/с.

Тепловая мощность пожара может быть определена по следующей формуле:

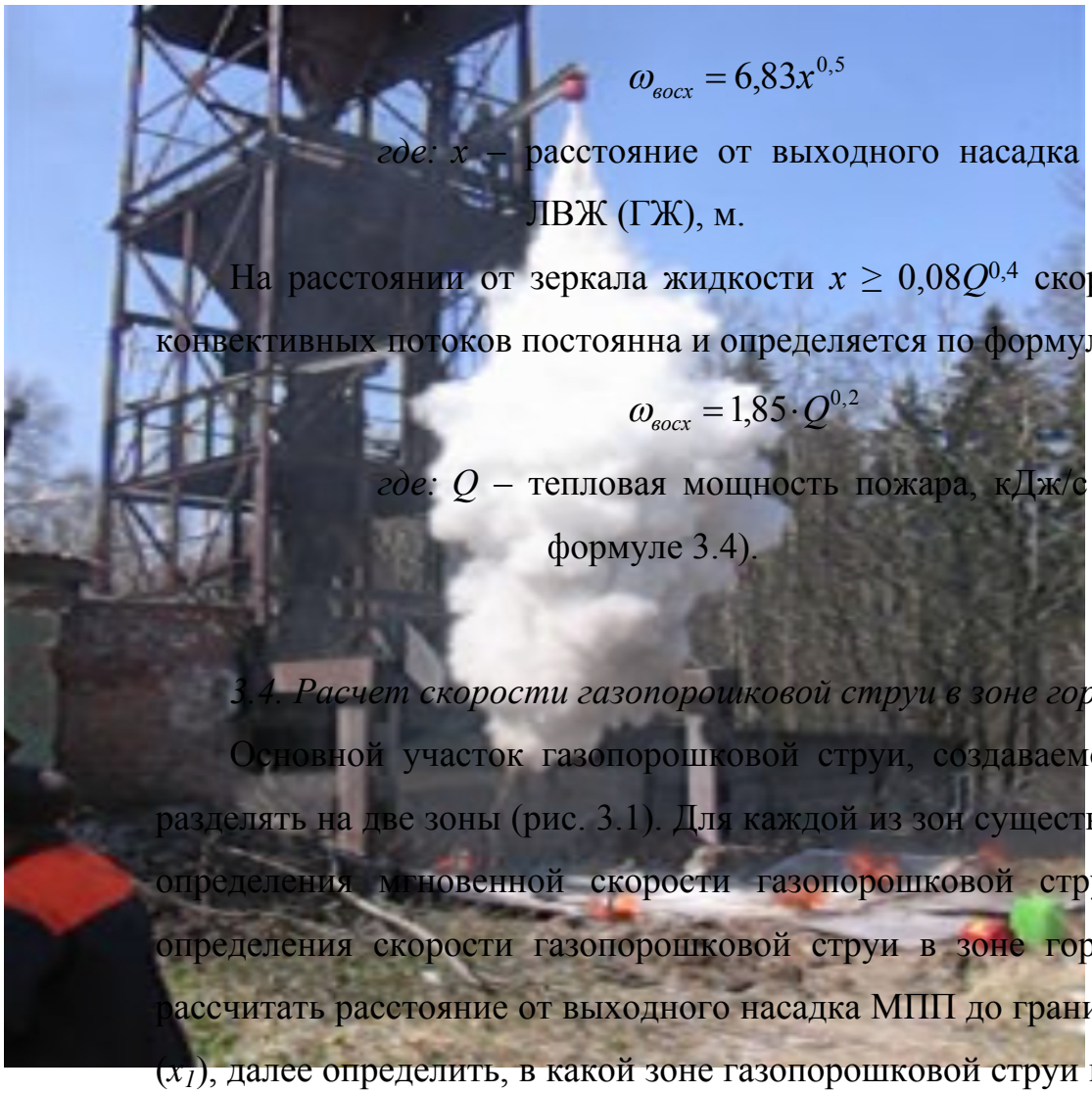
$$Q = mQ_н S_П \tag{3.4}$$

где: m – массовая скорость выгорания горючего, кг/(м^2·с) (определяется по прил. 5);

$Q_н$ –низшая теплота сгорания, кДж/кг (определяется по прил. 5).

3.3.3. Скорость восходящих потоков определяется по следующим формулам (согласно данным источника [3]).

На расстоянии от зеркала жидкости $0 < x < 0{,}08Q^{0{,}4}$ скорость восходящих конвективных потоков определяется по формуле:



$$\omega_{восх} = 6{,}83x^{0,5} \qquad (3.5)$$

где: x – расстояние от выходного насадка МПП до зеркала ЛВЖ (ГЖ), м.

На расстоянии от зеркала жидкости $x \geq 0{,}08Q^{0,4}$ скорость восходящих конвективных потоков постоянна и определяется по формуле:

$$\omega_{восх} = 1{,}85 \cdot Q^{0,2} \qquad (3.6)$$

где: Q – тепловая мощность пожара, кДж/с (определяется по формуле 3.4).

3.4. Расчет скорости газопорошковой струи в зоне горения.

Основной участок газопорошковой струи, создаваемой МПП, следует разделять на две зоны (рис. 3.1). Для каждой из зон существует своя формула определения мгновенной скорости газопорошковой струи. Поэтому для определения скорости газопорошковой струи в зоне горения необходимо рассчитать расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами (x_1), далее определить, в какой зоне газопорошковой струи находится зеркало жидкости и по соответствующей формуле рассчитать скорость газопорошковой струи. Если расстояние от выходного насадка МПП до зеркала ЛВЖ (ГЖ) $x < x_1$, то расчет ведется по формуле для первой зоны, если $x > x_1$, то по формуле для второй зоны. На рис. 3.2 показаны геометрические характеристики газопорошковой струи, создаваемой МПП «Буран-15»

3

1

Расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами определяется по уравнению:

$$x_1 = \frac{1{,}8 d_0}{tg\frac{\alpha_н}{2}} \sqrt{\frac{(1-\varepsilon_0)\rho_п}{\rho}} \qquad (3.7)$$

где: d_0 – выходной диаметр насадка МПП, м;

$tg(\alpha_н/2)$ – тангенс половины угла расширения на начальном участке порошковой струи;

$(1 - \varepsilon_0)$ – объемная концентрация аэросмеси на выходе из насадка, м^3/м^3 (принимается по данным прил. 1);

$\rho_п$ – истинная плотность порошка, кг/м^3 (принимается по данным прил. 2);

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 (принимается 1,22 кг/м^3).

Тангенс половины угла расширения на начальном участке порошковой струи определяется по результатам экспериментальных исследований для конкретного вида МПП или рассчитывается по формуле:

$$tg\frac{\alpha_н}{2} = k_п (d_0 \cdot 10^3)^{0,25} \varepsilon_c^{0,27} (\rho_п \cdot 10^{-3})^{-0,15} \qquad (3.8)$$

где: ε_c – порозность порошковой аэросмеси в МПП, м^3/м^3 (т.е. отношение объема газовой фазы, содержащейся в МПП, к общему объему корпуса МПП, принимается по данным прил. 1).

Коэффициент $k_п$ определяется по графику на рис 3.3, в зависимости от среднего диаметра частиц порошка. Средний диаметр частиц порошка в зависимости от его марки принимается по прил. 2

3.4.2. Скорость газопорошковой струи в первой зоне рассчитывается по следующей формуле:

$$\omega_{ф} = \frac{0{,}55\omega_{n_0}}{\sqrt{\frac{\rho}{(1-\varepsilon_0)\rho_n}} tg\frac{\alpha_н}{2}\left(\frac{x-x_0}{d_0}\right)} \quad (3.9)$$

где: $\omega_ф$ – мгновенная скорость фронта порошковой струи на расстоянии x от среза струеобразующего насадка, м/с;

ω_{n0} – начальная скорость порошковой струи, м/с;

x_0 – расстояние от выходного насадка МПП до полюса основного участка, м;

x – расстояние от выходного насадка МПП до зеркала ЛВЖ (ГЖ), м.

Расстояние x_0 определяется по формуле:

$$x_0 = 0{,}183x_1 \quad (3.10)$$

x_1 – расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами основного участка порошковой струи (определено по формуле 3.7).

Начальная скорость газопорошковой струи определяется по результатам экспериментальных исследований для конкретного вида МПП или рассчитывается по формуле:

$$\omega_{n_0} = \frac{V_c P_{вск} \varepsilon_c}{S_{нас} \tau_{вых.п.} P_{атм}} \quad (3.11)$$

где: V_c – объем сосуда (корпуса МПП), м^3 (принимается по данным прил. 1);

$P_{вск}$ – давление вскрытия мембраны, МПа (принимается по данным прил. 1);

$P_{атм}$ – атмосферное давление, МПа (принимается 0,1013 МПа);

$S_{нас}$ – площадь сечения насадка, м^2 (принимается по данным прил. 1);

$\tau_{вых.п.}$ – время действия МПП, с (принимается по данным прил. 1).

3.4.3. Скорость газопорошковой струи во второй зоне рассчитывается по формуле:

$$\omega_{ф} = \frac{0{,}38\omega_{n_0}}{\left(\frac{x}{x_1}\right)^{2,4}} \qquad (3.12)$$

3.5. Проверка условия преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков.

$$\omega_{ф} \geq \omega_{восх} + 0{,}5\omega_{вет} + \omega_{зап} \qquad (3.13)$$

где: $\omega_{ф}$ – скорость газопорошковой струи в зоне горения, м/с (при нахождении зеркала ЛВЖ (ГЖ) в первой зоне ($x < x_1$) – определяется по формуле 3.9, при нахождении зеркала ЛВЖ (ГЖ) во второй зоне ($x > x_1$) – определяется по формуле 3.12);

$\omega_{восх}$ – максимальная скорость восходящих потоков, м/с (при $0 < x < 0{,}08Q^{0,4}$ – определяется по формуле 3.5, при $x \geq 0{,}08Q^{0,4}$ – определяется по формуле 3.6);

$\omega_{вет}$ – средняя скорость ветра в данном регионе (при защите наружных установок), м/с (принимается по данным прил. 4);

$\omega_{зап}$ – минимально необходимый запас скорости порошковой струи в объеме пламени, м/с (принимается 2 м/с).

Если условие (3.13) не выполняется, то необходимо изменить одно или несколько исходных данных:

- давление вскрытия мембраны; дисперсность порошка (задаются производителем МПП);

- высоту размещения МПП; вид МПП (выбираются проектировщиком исходя из характеристик защищаемого объекта).

Далее вновь производится расчет согласно п.п. 3.3.3-3.4.3.

Если условие выполняется, то принимаем данный вид модуля для защиты помещения (наружной установки).

3.6. Расчет количества МПП для защиты помещения.

Количество МПП, необходимое для пожаротушения, определяется по формуле:

$$N = \frac{V_З}{V_Н} k_1 k_2 k_3 k_4 \tag{3.14}$$

где: N — необходимое количество МПП, шт.;

$V_З$ — защищаемый объем (объем зоны, где возможно пламенное горение), м^3;

$V_Н$ — объем сплошного пламени очага класса В, тушение которого обеспечивается данным МПП, м^3. Определяется как произведение площади очага класса В максимального ранга, тушение которого обеспечивается данным модулем, на высоту подвески модуля при сертификационных испытаниях, либо на высоту пламени, если высота размещения модуля при сертификационных испытаниях больше высоты пламени (для МПП серии «Буран» значения V_H приведены в прил. 1).

k_1 = 1...1,2 — коэффициент неравномерности распыления порошка. При размещении насадков на границе максимально допустимой (по документации на модуль) высоты k_1 = 1,2 или определяется по документации на модуль;

k_2 — коэффициент запаса, учитывающий затененность возможного очага загорания, зависящий от отношения площади, затененной оборудованием $S_З$, к защищаемой площади $S_у$, и определяется как:

$$k_2 = 1 + 1{,}33\frac{S_З}{S_У} \qquad (3.15)$$

здесь $S_З$ – площадь затенения — определяется как площадь части защищаемого участка, где возможно образование очага возгорания, к которому движение порошка от насадка по прямой линии преграждается непроницаемыми для порошка элементами конструкции, м^2;

k_3 – коэффициент, учитывающий изменение огнетушащей эффективности используемого порошка по отношению к горючему веществу в защищаемой зоне по сравнению с бензином АИ-92 (второго класса). Определяется по таблице 3.1;

k_4 – коэффициент, учитывающий степень негерметичности помещения (принимается равным 1,2 при защите всего помещения; 1,3 – при защите части помещения).

Защищаемый объем, $V_З$ определяется следующим образом:

- если высота пламени z (определенная в соответствии с п. 3.3.2) меньше высоты помещения, то $V_З$ определяется как произведение площади зоны, где возможен пролив ЛВЖ (ГЖ) (открытое зеркало), на высоту пламени z и на коэффициент 1,15;

- если высота пламени z больше высоты помещения то $V_З$ определяется как произведение площади зоны, где возможен пролив ЛВЖ (ГЖ) (открытое зеркало), на высоту помещения. При этом, если защищаемый объем $V_З$ меньше объема помещения, то $V_З$ увеличивается на 5 % по каждому свободному измерению.

таблица 3.1

№ п/п	Горючее вещество	Порошки для тушения пожаров класса А, В, С	Порошки для тушения пожаров класса В, С
1	Бензин АИ-92 (второго класса)	1,0	0,9
2	Дизельное топливо	0,9	0,8
3	Трансформаторное масло	0,8	0,8

3.7. Расчет количества МПП для защиты наружной установки.

Количество МПП, необходимое для пожаротушения, определяется по формуле:

$$N = \frac{V_У}{V_Н} k_1 k_2 k_3 k_4 \tag{3.14}$$

где: N — необходимое количество МПП, шт.;

$V_У$ — защищаемый объем, м^2;

Защищаемый объем определяется как произведение площади зоны, где возможен пролив ЛВЖ (ГЖ) (открытое зеркало), увеличенной на 10 %, на высоту размещения МПП.

$V_Н$ — объем сплошного пламени очага класса В, тушение которого обеспечивается данным МПП, м^3. Определяется как произведение площади очага класса В максимального ранга, тушение которого обеспечивается данным модулем, на высоту подвески модуля при сертификационных испытаниях, либо на высоту пламени, если высота размещения модуля при сертификационных испытаниях больше высоты пламени (для МПП серии «Буран» значения $V_Н$ приведены в прил. 1).

Значения коэффициентов определяются в соответствии с п. 3.4 настоящих рекомендаций, значение коэффициента k_4 принимается равным 1,3.

3.8. При проектировании порошковых АУПТ должны учитываться следующие требования документа [12]:

3.8.1. При расчете объема защищаемого помещения, в случае, когда оборудование и строительные конструкции выполнены из негорючих материалов, допускается вычитать их объем из расчетного объема помещения.

3.8.2. Расчет количества модулей, необходимого для пожаротушения, должен осуществляться из условия обеспечения равномерного заполнения

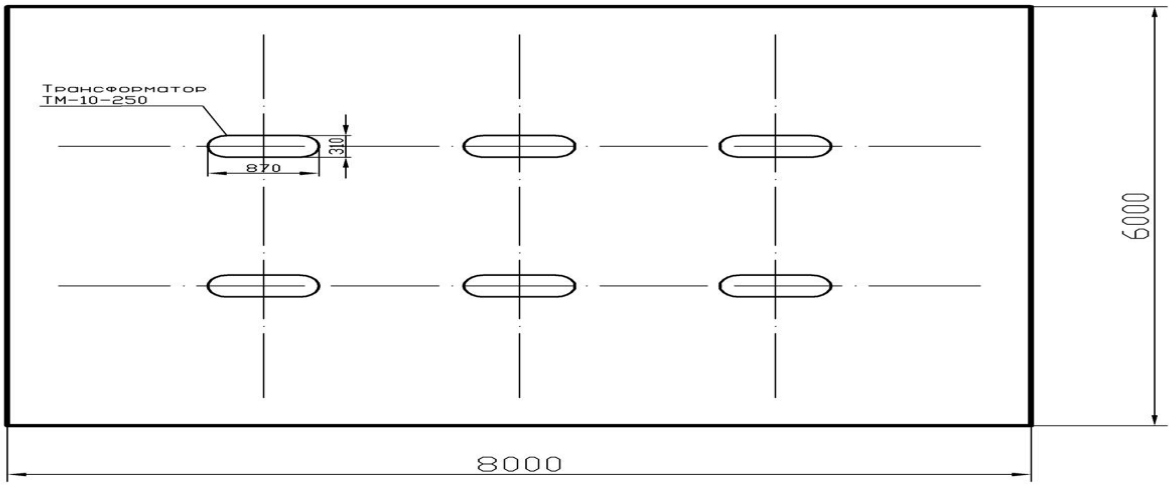
огнетушащим порошком защищаемого объема. При этом учитываются приведенные в технической документации на модуль диаграммы распыла для защищаемого объема.

3.8.3 Расположение насадков производится в соответствии с технической документацией на модуль. Если высота защищаемого помещения выше, чем максимальная высота установки распылителей, то их размещение осуществляется ярусами с учетом диаграмм распыла.

4. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РАЗВИТИЯ ПОЖАРА И ВЫБОРА ВИДА И НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА МОДУЛЕЙ ДЛЯ ЕГО ТУШЕНИЯ

4.1. Пример расчет количества МПП для защиты помещения

Для примерного расчета принимается помещение, расположенное в Москве, размерами в плане 6×8 м и высотой 3 м. Ограждающие конструкции помещения выполнены из железобетона. В помещении расположены 6 трансформаторов ТМ-10-250, как показано на рис. 4.1.



Технические характеристики трансформатора ТМ-10-250:

Мощность – 10 кВ·А;

Длина – 870 мм;

Ширина – 310 мм;

Высота – 795 мм;

Масса – 225 кг;

Масса масла – 51 кг.

4.1.1. Расчет площади пожара на момент срабатывания МПП.

Согласно п. 3.3.1 настоящих рекомендаций, происходит разрушение одного из трансформаторов. При этом все масло, содержащееся в трансформаторе, поступает в помещении. 1 литр масла разливается на 1 м^2 помещения. Таким образом, масло разольется на всю площадь пола помещения и $S_П$ будет равна 48 м^2.

4.1.2. Расчет объема пламени.

Высота пламени будет равна:

$$z = 0{,}08(mQ_H S_П)^{0,4} = 0{,}08(30 \cdot 10^{-3} \cdot 41870 \cdot 48)^{0,4}) = 6{,}53 м$$

где: $S_П$ – площадь пожара на момент срабатывания МПП;

m – массовая скорость выгорания горючего, кг/(м^2·с) (определяется по прил. 5);

$Q_н$ –низшая теплота сгорания, кДж/кг (определяется по прил. 5).

Так как высота пламени больше высоты помещения, то объем пламени будет равен объему помещения $V_{пл} = 144\ м^3$.

4.1.3. Расчет скорости восходящих конвективных потоков над очагом горения.

Так как высота защищаемого помещения меньше высоты пламени возможного пожара, то скорость восходящих конвективных потоков определяем по формуле (3.5) настоящих рекомендаций:

$$\omega_{вос} = 6{,}83x^{0,5} = 6{,}83 \cdot 3^{0,5} = 11{,}8 м/с$$

где: x – расстояние от выходного насадка МПП до зеркала ЛВЖ (ГЖ), м.

4.1.4. Расчет скорости газопорошковой струи в зоне горения.

Предварительный расчет ведем по модулю «Буран-8СВ», заряженному

порошком «Вексон АВС-50».

Определяем тангенс половины угла расширения на начальном участке порошковой струи:

$$tg\frac{\alpha_н}{2} = k_n(d_0 \cdot 10^3)^{0,25}\varepsilon_c^{0,27}(\rho_n \cdot 10^{-3})^{-0,15} = 0,105 \cdot 65^{0,25} \cdot 0,487^{0,27} \cdot 1,75^{-0,15} = 0,226$$

где: d_0 – выходной диаметр насадка МПП, м;

ρ_n – истинная плотность порошка, кг/м^3 (принимается по данным прил. 2);

ε_c – порозность порошковой аэросмеси в МПП, м^3/м^3 (т.е. отношение объема газовой фазы, содержащейся в МПП, к общему объему корпуса МПП, принимается по данным прил. 1).

k_n – коэффициент диаметра частиц порошка (определяется по графику на рис 3.3)

Определяем расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами:

$$x_1 = \frac{1,8d_0}{tg\frac{\alpha_н}{2}}\sqrt{\frac{(1-\varepsilon_0)\rho_n}{\rho}} = \frac{1,8 \cdot 0,065}{0,226}\sqrt{\frac{36,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1750}{1,22}} = 3,76м$$

Начальную скорость газопорошковой струи определяем по формуле:

$$\omega_{n_0} = \frac{V_c P_{вск}\varepsilon_c}{S_{нас}\tau_{вых.п.}P_{атм}} = \frac{7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2,8 \cdot 0,487}{3,32 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0,1013} = 31,6м/с$$

Так как высота помещения $H=3м$ меньше расстояния до границы между зонами $x_1=3,76м$, то расчет скорости газопорошковой струи ведем по формуле (3.9) настоящих рекомендаций:

$$\omega_ф = \frac{0,55\omega_{n_0}}{\sqrt{\frac{\rho}{(1-\varepsilon_0)\rho_n}}tg\frac{\alpha_н}{2}\left(\frac{x-0,183x_1}{d_0}\right)} =$$

$$= \frac{0,55 \cdot 31,6}{\sqrt{\frac{1,22}{36,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1750}}0,226\left(\frac{2,68-0,183 \cdot 3,76}{0,065}\right)} = 18,2м/с$$

4.1.5. Проверка условия преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков.

$$\omega_{ф} \geq \omega_{восх} + 0{,}5\omega_{вет} + \omega_{зап}$$

$$18{,}2 > 11{,}8 + 0{,}5 \cdot 3{,}9 + 2$$

Так как условие преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков выполняется, то принимаем МПП «Буран-8СВ» для защиты данного помещения.

4.1.6. Расчет количества МПП для защиты помещения.

Количество МПП, необходимое для пожаротушения, определяем по формуле:

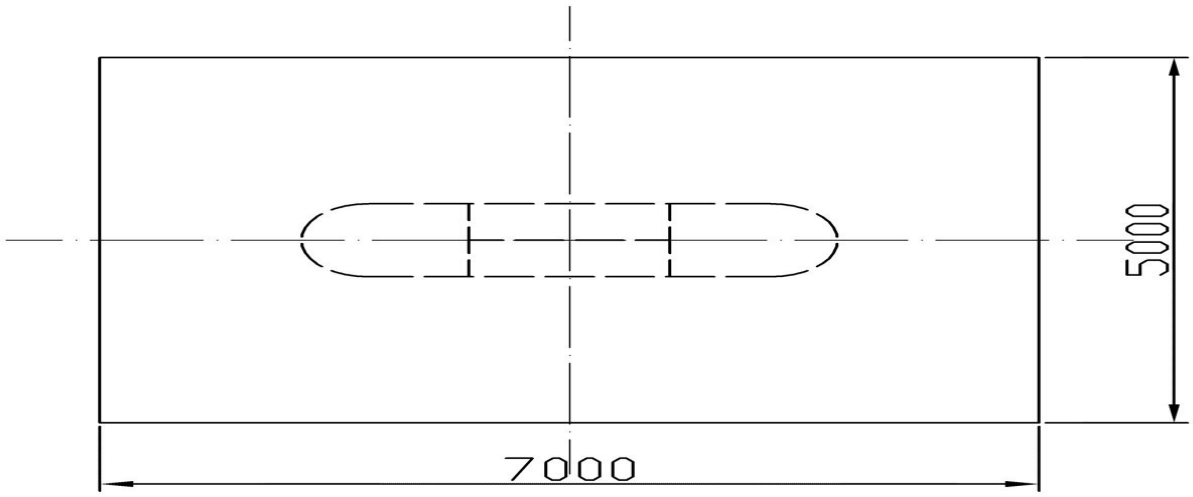
$$N = \frac{V_З}{V_Н} k_1 k_2 k_3 k_4 = \frac{144}{21{,}9} \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}04 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}2 = 7{,}22 \approx 8 шт$$

где: $V_З$ — защищаемый объем (объем зоны, где возможно пламенное горение), м^3;

$V_Н$ — объем сплошного пламени очага класса В, тушение которого обеспечивается данным МПП, м^3.

4.2. Пример расчет количества МПП для защиты наружной установки

Для примерного расчета наружной установки принимается расположенная в Москве топливораздаточная колонка Нара-28Б блочной АЗС, схема которой приведена на рис. 4.2.



Технические характеристики топливораздаточной колонки Нара-28Б:

Номинальный расход, л/мин – 50

Длина раздаточного рукава, м – 4

Габаритные размеры, мм – 736х460х2400

Масса, кг – 135

Высота крепления МПП – 3,5 м.

4.2.1. Расчет площади пожара на момент срабатывания МПП.

Согласно п. 3.3.1 настоящих рекомендаций, происходит утечка бензина через раздаточный рукав в течении 300 с расходом 50 л/мин. 1 литр бензина разливается на 0,15 м^2 поверхности. Таким образом, бензин разольется на площадь 37,5 м^2. $S_П$ будет равна 37,5 м^2.

4.2.2. Расчет объема пламени.

Высота пламени будет равна:

$$z = 0{,}08(mQ_H S_П)^{0,4} = 0{,}08\left(61{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot 41870 \cdot 37{,}5)^{0,4}\right) = 7{,}9м$$

Объем пламени будет равен:

$$V_{пл} = S_п z = 37{,}5 \cdot 7{,}9 = 296м^3$$

4.2.3. Расчет скорости восходящих конвективных потоков над очагом горения.

Так как высота крепления МПП *H=3,5м* меньше высоты пламени возможного пожара *z=7,9м*, то скорость восходящих конвективных потоков определяем по формуле (3.5) настоящих рекомендаций:

$$\omega_{восх} = 6{,}83x^{0,5} = 6{,}83 \cdot 3{,}5^{0,5} = 12{,}8м/с$$

4.2.4. Расчет скорости газопорошковой струи в зоне горения.

Предварительный расчет ведем по модулю «Буран-8СВ», заряженному порошком «Вексон АВС-50».

Определяем тангенс половины угла расширения на начальном участке порошковой струи:

$$tg\frac{\alpha_н}{2} = k_п(d_0 \cdot 10^3)^{0,25}\varepsilon_c^{0,27}(\rho_п \cdot 10^{-3})^{-0,15} = 0{,}105 \cdot 65^{0,25} \cdot 0{,}487^{0,27} \cdot 1{,}75^{-0,15} = 0{,}226$$

Определяем расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами:

$$x_1 = \frac{1{,}8d_0}{tg\frac{\alpha_н}{2}}\sqrt{\frac{(1-\varepsilon_0)\rho_п}{\rho}} = \frac{1{,}8 \cdot 0{,}065}{0{,}226}\sqrt{\frac{36{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot 1750}{1{,}22}} = 3{,}76м$$

Начальную скорость газопорошковой струи определяем по формуле:

$$\omega_{п_0} = \frac{V_c P_{вск}\varepsilon_c}{S_{нас}\tau_{вых.п.}P_{атм}} = \frac{7{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}8 \cdot 0{,}487}{3{,}32 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0{,}1013} = 31{,}6м/с$$

Так как высота крепления МПП *H=3,5м* меньше расстояния до границы между зонами x_1*=3,76м*, то расчет скорости газопорошковой струи ведем по формуле (3.9) настоящих рекомендаций:

$$\omega_ф = \frac{0{,}55\omega_{n_0}}{\sqrt{\frac{\rho}{(1-\varepsilon_0)\rho_n} tg\frac{\alpha_н}{2}\left(\frac{x-0{,}183x_1}{d_0}\right)}} =$$

$$= \frac{0{,}55\cdot 31{,}6}{\sqrt{\frac{1{,}22}{36{,}7\cdot 10^{-3}\cdot 1750} 0{,}226\left(\frac{2{,}68-0{,}183\cdot 3{,}76}{0{,}065}\right)}} = 18{,}2 м/с$$

4.2.5. Проверка условия преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков.

$$\omega_ф \geq \omega_{восх} + 0{,}5\omega_{вет} + \omega_{зап}$$

$$18{,}2 > 12{,}8 + 0{,}5\cdot 3{,}9 + 2$$

Так как условие преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков выполняется, то принимаем МПП «Буран-8СВ» для защиты данной установки.

4.2.6. Расчет количества МПП для защиты установки.

Количество МПП, необходимое для пожаротушения, определяем по формуле:

$$N = \frac{V_у}{V_Н} k_1 k_2 k_3 k_4 = \frac{144{,}4}{21{,}9}\cdot 1{,}2\cdot 1{,}3 = 10{,}3 \approx 11 шт$$

где: $V_У$ — защищаемый объем, м^2. Защищаемый объем определяется как произведение площади зоны, где возможен пролив ЛВЖ (ГЖ) (открытое зеркало), увеличенной на 10 %, на высоту размещения МПП.

$V_Н$ — объем сплошного пламени очага класса В, тушение которого обеспечивается данным МПП, м^3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Установки импульсного пожаротушения / Бухтояров Д.В., Копылов С.Н., Кущук В.А. и др. – Журнал Пожарная безопасность - 2005 - №3 - с. 53-60.
2. Баратов А.Н., Вогман Л.П. Огнетушащие порошковые составы. - М.: Стройиздат, 1982.- 72 с.
3. Кущук В.А., Бухтояров Д.В. Огнетушащие порошки как локально-объемные средства пожаротушения. – в кн.: Юбилейный сборник трудов ФГУ ВНИИПО МЧС России / Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2007. – с. 229-240.
4. Вайсман М.Н., Кущук В.А., Долговидов А.В. Разработка нормативной базы в области автоматических установок порошкового пожаротушения(АУПТ). Пожарная безопасность-история, состояние, перспективы: Материалы Всероссийской науч.-практ.конф.- Ч.2.-М.: ВНИИПО,1997.-326с.
5. Кущук В.А., Долговидов А.В. Установки порошкового пожаротушения. Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков: Материалы Всероссийской науч.-практ.конф.- Ч.1.-М.: ВНИИПО,1999.-420с.
6. Кущук В.А., Долговидов А.В. Установки порошкового пожаротушения модульного типа. Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков: Материалы Всероссийской науч.-практ.конф.- Ч.1.-М.: ВНИИПО,1999.-420с.
7. Кущук В.А., Долговидов А.В., Полежаев В.А. Тушение модельного очага максимального ранга из автоматических установок порошкового пожаротушения (АУП). Крупные пожары: предупреждение и тушение: Материалы Всероссийской науч.-практ.конф.- Ч.2.-М.: ВНИИПО,2001.-585с.
8. Кущук В.А., Маркин А.М., Долговидов А.В. Проблемы методического определения огнетушащей способности порошковых средств для автоматических установок. Крупные пожары: предупреждение и тушение: Материалы Всероссийской науч.-практ.конф.- Ч.2.-М.: ВНИИПО,2001.-585с.
9. Экспериментальное исследование закономерностей тушения горючих веществ и материалов огнетушащими порошками / Подгайный В.П., Зозуля И.И., Копыльный Н.И., Артемов В.Н.- В сб.: Пожаротушение.- М.: ВНИИПО, 1986, с. 170-180.
10. Теребнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: Пож. Книга, 2004. – 248с.
11. Краснянский М.Е. Порошковая пожаровзрывозащита. - Донецк, 1994.

– 152 с.

12. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»

13. Баратов А.Н. Новые средства пожаротушения // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. – 1976. - №4. – с. 369-379.

14. ГОСТ Р 53286 – 2009 «Техника пожарная. Установки порошкового пожаротушения автоматические. Модули. Общие технические требования. Методы испытаний»

15. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»

16. Федеральный закон ФЗ-123 от 22.07.2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

17. Cox G. and Chitty R. Combustion and Flame, 39: 191-209, 1980.

18. Приказ МЧС РФ № 382 от 30 июня 2009 г. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

19. Приказ МЧС РФ № 404 от 10 июля 2009 г. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

20. ГОСТ 27331-87 «Пожарная техника. Классификация пожаров».

21. ПУЭ—98 Правила устройства электроустановок

П р и л о ж е н и е 1

Технические характеристики МПП серии «Буран»

Параметр	МПП «Буран-0,3»	МПП «Буран-0,5»	МПП «Буран-8»	МПП «Буран-15»
Полная масса заряженного модуля, без кронштейна, кг	0,74 ± 0,04	1,5 ± 0,04	12 ± 0,3	24,5 ± 1,0
Габаритные размеры, мм: - диаметр - длина	55 360	76 310	250 ± 2 350 ± 10	300 500
Время действия, сек, не более	0,1	0,5	1,0	1,0
Время быстродействия, сек, не более	2	2	5,0	5,0
Масса заряда огнетушащего порошка, кг	0,3	0,47	7,0	14,5
Вместимость емкости с огнетушащим порошком, $\times 10^{-3}$ м^3	0,33	0,55	7,8	15,5
Масса остатка порошка в модуле после срабатывания, %, не более	10	10	10	10
Огнетушащая способность модуля при тушении очагов класса В: - защищаемая площадь, м^2, до - защищаемый объем, м^2, до - макс. ранг очага класса В - объем сплошного пламени очага класса В, м^3	1,0 1,2 8В 0,261	1,0 2 13В 0,407	20,0 42,0 233В 21,9	42,0 84,0 233В 30,0
Пусковой ток, мА, не менее	400	400	100	700
Безопасный ток проверки электропуска, мА, не более	20	50	20	20
Коэффициент вероятности безотказной работы, не менее	0,97	0,95	0,95	0,95
Температурные условия эксплуатации, °С	от – 50 до + 50	от – 50 до + 50	от – 50 до + 50	от – 50 до + 50
Срок службы, лет, не менее	10	10	10	10
Объемная концентрация аэросмеси на выходе из насадка, $\times 10^{-3}$ м^3/м^3	43,6	38,7	36,7	29,7
Давление вскрытия мембраны, МПа	2,4	2,4	2,8	3,8
Выходной диаметр насадка, м	0,03	0,065	0,065	0,065
Площадь сечения насадка, $\times 10^{-3}$ м^2	0,71	3,32	3,32	3,32
Порозность порошковой аэросмеси в МПП, м^3/м^3	0,481	0,512	0,487	0,465

П р и л о ж е н и е 2

Технические характеристики огнетушащих порошков, применяемых в МПП

Наименование огнетушащих порошков, производитель	Кажущаяся насыпная плотность, кг/м^3		Гранулометрический состав (остаток на сите), %				Удельная поверхность, см^2/г		Истинная плотность, кг/м^3	Пористость уплотненного порошка, м^3/м^3	Средний диаметр частиц порошка, мкм
	неуплотненного пор-ка	уплотненного порошка	200-100 мкн	100-50 мкн	50 мкн	менее 50 мкн	порошка	фракции менее 50			
Волгалит-АВС г. Нижний Новгород	694	1010	---	0,1	4,0	95,9	4465	4708	1750	0,423	17,1
П-ФКЧС ЗАО «Штамп»	769	1235	2,7	---	30,3	67,0	3198	4233	1750	0,294	41,7
П-ФКЧС ЗАО «Трансмаш»	820	1136	2,9	---	25,8	71,3	2532	3759	1750	0,351	41,1
Феникс АВС-40 ЗАО «Каланча»	855	1220	1,4	---	38,0	60,6	2576	5224	1750	0,303	40,7
Феникс АВС-70 ЗАО «Каланча»	833	1163	1,0	9,0	16,9	73,1	3124	4280	1750	0,335	40,9
ИСТО-1 ЗАО «Источник плюс»	758	1099	---	21,2	23,7	55,1	5333	9362	1750	0,372	53,6
Вексон АВС-25 ЗАО «Экохиммаш»	877	1250	---	10,0	49,0	41,0	2753	5587	1750	0,286	56,8
Вексон АВС-50 ЗАО «Экохиммаш»	820	1149	---	4,0	36,0	60,0	3865	6328	1750	0,343	39,5

П р и л о ж е н и е 3

Параметры модельных очагов пожара

Ранг модельного очага пожара	Количество, л		Размеры противня, мм			Площадь очага, $м^2$	Высота пламени, м	Объем пламени, $м^3$
	воды	горючего	диаметр	высота	толщина стенки			
2В	4	2	280	230	2,0	0,062	0,61	0,0378
3В	6	3	350	230	2,0	0,096	0,73	0,0701
5В	10	5	420	230	2,0	0,139	0,84	0,117
8В	16	8	560	230	2,0	0,246	1,06	0,261
13В	26	13	720	230	2,0	0,407	1,29	0,525
21В	42	21	920	230	2,0	0,665	1,57	1,04
34В	68	34	1170	230	2,5	1,08	1,91	2,06
55В	110	55	1480	230	2,5	1,72	2,30	3,96
89В	178	89	1890	230	2,5	2,81	2,80	7,87
144В	288	144	2400	230	2,5	4,52	3,39	15,3
233В	466	233	3050	230	2,5	7,31	4,11	30,0

П р и л о ж е н и е 4

Среднегодовая скорость ветра в регионах России

Республика, край, область, пункт	Средняя скорость ветра, м/с	Республика, край, область, пункт	Средняя скорость ветра, м/с	Республика, край, область, пункт	Средняя скорость ветра, м/с
РОССИЯ					
Алтайский край		Белорецк	3,7	Наканно	1,9
Барнаул	3,9	Мелеуз	3,5	Невон	2
Беля	4,5	***Брянская обл.***		Непа	2,4
Бийск	3,7	Брянск	4,8	Перевоз	2
Змеиногорск	3,7	***республика Бурятия***		Преображенка	2,6
Катанда	1,7	Бабушкин	3,3	Тайшет	3,6
Кош-Агач	1,7	Баргузин	3,5	***республика Кабардино-Балкария***	
Онгудай	9,1	Багдарин	1,5	Нальчик	1,7
Родино	4,8	Кяхта	1,6	***Калининградская обл.***	
Славгород	5,2	Монды	2,8	Калининград	4,7
Амурская обл.		Нижнеангарск	2,3	***республика Калмыкия***	
Архара	3,2	Сосново-Озерское	3,7	Элиста	6,2
Белогорск	2,9	Улан-Удэ	2,5	***Калужская обл.***	
Благовещенск	2,9	Хоринск	3,1	Жиздра	3,7
Бомнак	1,4	***Владимирская обл.***		***Камчатская обл.***	
Дамбуки	1,7	Владимир	3,8	Ключи	5,2
Ерофей Павлович	2	Муром	3,8	Корф	6,9
Норский Склад	1,6	***Волгоградская обл.***		Лопатка, мыс	10,1
Огорон	2,5	Серафимович	5,2	Мильково	1,6
Сковородино	2,4	Урюпинск	5	Начики	2,6
Тыган-Уркан	2,6	Эльтон	4,1	Никольское	7,6
Тында	2,9	***Вологодская обл.***		Петропавловск-Камч.	2,9
Усть-Нюкжа	1,6	Вологда	5,1	Усть-Большерецк	6,8
Черняево	1,9	Вытегра	3,9	Усть-Камчатск	4,9
Шимановск	2,4	Никольск	3,3	Усть-Хайрюзово	5,5
Экимчан	1,2	Тотьма	4	***республика Карелия***	
Архангельская обл.		***Воронежская обл.***		Кемь	5,1
Амдерма	7,8	Воронеж	4,8	Кондопога	3,6
Архангельск	5,5	***республика Дагестан***		Лоухи	3,2
Варандей	6,2	Махачкала	6,4	Медвежьегорск	3,3
Емца	3,1	***Ивановская обл.***		Олонец	4,3
Индига	7	Иваново	4,1	Паданы	3,9
Койнас	3,1	Кинешма	4,1	Пудож	3,6
Котлас	4,5	***Иркутская обл.***		Реболы	3,6
Мезень	5,2	Ербогачен	2,1	Ухта	3,2
Онега	3,5	Жигалово	1,9	***Кемеровская обл.***	
Хоседа-Хард	4,5	Зима	2,4	Кемерово	4,9
Астраханская обл.		Илимск	1,8	Кондома	1,5
Астрахань	4,7	Ичера	1,7	***Кировская обл.***	
Верхний Баскунчак	4,7	Киренск	2,1	Киров	5,2
республика Башкиртостан		Мама	2,7	Нагорск	4,6
Акъяр	4,3	Марково	1,8	Савали	4,7

республика Коми		Островное	2	***Ростовская обл.***	
Венденга	3,3	Сусуман	2,2	Миллерово	5,5
Петрунь	4,9	Усть-Олой	1,7	Ростов-на-Дону	6,6
Усть-Цильма	4,9	Уэлен	6,4	***Самарская обл.***	
Усть-Щугор	3,3	Эньмувеем	2,3	Самара	4,3
Якша	2,3	Ямск	6	***Саратовская обл.***	
Костромская обл.		***республика Марий Эл***		Привольск	3,6
Кострома	5,5	Йошкар-Ола	5,2	Саратов	4,6
Чухлома	4,1	***Московская обл.***		***Сахалинская обл.***	
Шарья	4,2	Кашира	5,4	Александровск-Сах.	5,3
Краснодарский край		Москва	3,9	Кировское	3,7
Армавир	6,3	***Мурманская обл.***		Корсаков	4,9
Краснодар	4,3	Ковда	4,1	Крильон, мыс	9,3
Майкоп	3	Краснощелье	3	Курильск	7,4
Новороссийск	5,7	Ловозеро	3,4	Невельск	5,8
Сочи	3,3	Мончегорск	4,2	Оха	7,3
Темрюк	5,9	Мурманск	4,7	Погиби	5,6
Тихорецк	6	Пялица	6,3	***республика Северная Осетия***	
Красноярский край		Хибины	3,9	Орджоникидзе	1,8
Агата	2,2	***Нижегородская обл.***		***Свердловская обл.***	
Ачинск	4,9	Арзамас	4,1	Нижний Тагил	3,9
Байкит	1,1	Выкса	3,4	Екатеринбург	4
Богучаны	3,1	Горький	4,7	Тавда	3,4
Ванавара	1,9	***Новгородская обл.***		***Смоленская обл.***	
Верхнеимбатск	3,9	Боровичи	3,4	Вязьма	4,4
Волочанка	3,8	Холм	3,3	Смоленск	5,7
Диксон, остров	7,5	***Новосибирская обл.***		***Ставропольский край***	
Дудинка	5,6	Барабинск	6,3	Арзгир	3,6
Енисейск	3	Болотное	4,4	Кисловодск	2,3
Ессей	2,9	Купино	5,7	Ставрополь	4,8
Игарка	4,9	Новосибирск	3,9	***Тамбовская обл.***	
Канск	3,8	Татарск	4,9	Тамбов	4,1
Ключи	2,7	***Омская обл.***		***республика Татарстан***	
Красноярск	3,9	Омск	5	Бугульма	5,4
Минусинск	2	***Оренбургская обл.***		Казань	4,6
Троицкое	2	Бузулук	3,9	**Тверская обл.**	
Тура	2	Оренбург	4,8	Вышний Волочек	3,9
Хатанга	4,8	***Орловская обл.***		Ржев	4,4
Челюскин, мыс	6,7	Орел	5,7	***Томская обл.***	
Шира	2,2	***Пензенская обл.***		Средний Васюган	3,5
Курская обл.		Пенза	4,8	Томск	4,7
Курск	4,9	***Пермская обл.***		***республика Тыва***	
Ленинградская обл.		Бисер	3,1	Кызыл	1,2
Санкт-Перербург	3,2	Кудымкар	4,2	***Тюменская обл.***	
Свирица	4,3	Лысьва	4,2	Березово	3,5
Тихвин	4,1	Приморский край		Леуши	4,6
Магаданская обл.		Владивосток	7,1	Марресале	7
Анадырь	6,8	Находка, бухта	6,1	Салехард	5,1
Атка	3,4	Ольга	3,7	Сургут	5
Марково	2,6	***Псковская обл.***		Тарко-Сале	3,7
Наварин, мыс	8,6	Великие Луки	4,8	Тобольск	4

Нагаева, бухта	6,1	Псков	3,9	Тюмень	3,6
Республика Удмуртия		Могоча	1,9	Ленск	3,3
Сарапул	3,5	Нерчинск	1,8	Нагорный	2,5
Ульяновская обл.		Нерчинский Завод	1	Нера	1,5
Анненково	5	Средний Калар	1	Нюрба	2,7
Хабаровский край		Тунгокочен	1,5	Нюя	2,6
Аян	3,4	Чара	1,3	Оймякон	1
Байдуков	5,9	Чита	1,7	Олекминск	2,1
Бикин	2	***республика Чувашия***		Оленек	1,6
Екатерино-Никольск.	4,5	Порецкое	4,8	Охотский Перевоз	0,9
Комсом-к-на-Амуре	3,9	***республика Саха (Якутия)***		Сангар	3,5
Охотск	4,2	Алдан	3	Саскылах	3,5
Им. Пол. Осипенко	2,6	Аллах-Юнь	1	Среднеколымск	1,8
Сизиман	3	Амга	1,7	Сунтар	1,8
Софийск, прииск	1,5	Верхоянск	0,9	Сухана	1,6
Троицкое	4,2	Вилюйск	2,5	Сюрен-Кюель	2,8
Хабаровск	5,3	Витим	2,5	Тикси, бухта	5,1
Чумикан	6,3	Джалинда	2,5	Томмот	1,1
Энкэн	4,8	Джарджан	4	Туой-Хая	1,9
Челябинская обл.		Дружина	1,8	Усть-Мая	1,6
Магнитогорск	4,8	Жиганск	4,1	Усть-Мома	1
Чеченская республика		Зырянка	2,4	Чульман	1,3
Грозный	1,6	Исить	2,2	Шелагонцы	1,3
Читинская обл.		Иэма	1,2	Эйик	2,7
Акша	2	Казачье	3,2	Якутск	2,1
Борзя	2,8	Крест-Хальджай	1,2	***Ярославская обл.***	
Красный Чикой	1,6	Кюсюр	3,9	Ярославль	4,9

П р и л о ж е н и е 5

Средняя скорость выгорания и низшая теплота сгорания веществ и материалов

Вещества и материалы	Массовая скорость выгорания $x10^{-3}$, кг/(м^2·с)	Низшая теплота сгорания, кДж/кг
Бензин	61,7	41870
Ацетон	44,0	28890
Диэтиловый спирт	60,0	33500
Бензол	73,3	38520
Дизельное топливо	42,0	48870
Керосин	48,3	43540
Мазут	34,7	39770
Нефть	28,3	41870
Этиловый спирт	33,0	27200
Трансформаторное масло	30,0	41870
Изопропиловый спирт	31,3	30145
Изопентан	10,3	45220
Толуол	48,3	41030