

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ДУНЮШКИН ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 614.812

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ
ОБЪЕКТОВ УСТАНОВКАМИ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Специальность 05.26.01 - Охрана труда и пожарная
безопасность

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Севастополь - 1994



00755775 (-)

рукописью.

Украинском научно-исследовательском институте пожарной безопасности МВД Украины.

Научный руководитель - кандидат технических наук, старший научный сотрудник Антонов Анатолий Васильевич.

Научный консультант - кандидат технических наук, доцент Карпенко Виктор Андреевич.

Официальные оппоненты:

1. Доктор технических наук, профессор Севриков Владимир Васильевич
2. Кандидат технических наук Головин Виктор Иванович

Ведущее предприятие - проектно-конструкторский институт "Спецавтоматика", г.Луганск.

Защита состоится "27" декабря 1994 г. в 15⁰⁰ часов, на заседании специализированного совета К 068.15.04 в Севастопольском государственном техническом университете по адресу: г.Севастополь, Стрелецкая балка, Студгородок.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке технического университета.

Автореферат разослан "27" ноября 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук

А.И.Новиков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Ежегодно пожары наносят значительный материальный ущерб, приводят к экологическим бедствиям. Гибель людей от пожаров в среднем составляет 16 человек на 1 млн. населения, и эта величина имеет тенденцию к дальнейшему росту. В Украине этот показатель в 1992 году составил более 27 человек. В 1993 году в Украине произошло более 50 тыс. пожаров, погибло более 1600 человек, материальный ущерб составляет десятки млрд. грн.

Одним из наиболее эффективных средств активной противопожарной защиты различных объектов являются установки порошкового пожаротушения (УППТ).

В промышленно развитых странах разработаны, выпускаются и применяются установки с зарядом огнетушащего порошка (ОП) от 3 до 6000 кг для защиты как стационарных объектов, так и различных транспортных средств. Действуют нормативные документы, регламентирующие большинство вопросов проектирования и эксплуатации установок порошкового пожаротушения.

В бывшем СССР для защиты объектов угледобывающей промышленности разработаны и внедрены специальные УППТ с зарядом ОП 100, 250, 500 и 1000 кг. В то же время, для объектов общепромышленного назначения, элементная база практически ограничена автоматическими порошковыми огнетушителями ОПА-100, а нормативная - рекомендациями по их проектированию и применению, что явно не соответствует современным требованиям и существенно ограничивает возможности проектировщиков в разработке эффективных систем противопожарной защиты.

Поэтому представляются актуальными исследования, нап-

равленные на расширение номенклатуры и областей применения установок порошкового пожаротушения и совершенствование соответствующей нормативной базы.

Работа выполнялась в рамках программы научных исследований Координационного плана, утвержденного постановлением Президиума ВЦСПС и ГКНТ СМ СССР от 14.05.1986 г., по выполнению задания 07 "Разработать и внедрить новые эффективные методы и средства, обеспечивающие пожаровзрывобезопасность объектов народного хозяйства", НТП 0.74.08 на 1986-1990 гг., а также в соответствии с Планом исследований и разработок по проблеме "Противопожарная защита объектов нефтяной и газовой промышленности", утвержденным Председателем Госкомитета Украины по нефти и газу 18.09.1993 г.

Цель работы. Повышение эффективности систем противопожарной защиты объектов на основе разработки и внедрения технических решений и нормативно-методических документов, обеспечивающих совершенствование элементной и нормативной базы установок порошкового пожаротушения, а также расширение областей их применения.

Идея работы заключается в том, что повышение эффективности систем противопожарной защиты достигается за счет применения в их составе установок порошкового пожаротушения, конструктивные и проектные решения которых обеспечивают наиболее рациональные для каждого объекта защиты параметры и режимы подачи огнетушащего порошка в защищаемую зону.

Методы исследования. Анализ и обобщение результатов исследований, опыта разработки и применения установок порошкового пожаротушения. Математическое моделирование, лабораторные и стендовые исследования с использованием ПЭВМ про-

цессов истечения газопорошковой смеси при работе установок порошкового пожаротушения. Полигонные и натурные испытания установок порошкового пожаротушения различных конструкций.

Научные положения, выносимые на защиту и их новизна:

1. Математическая модель и методика определения параметров истечения газопорошковой смеси из резервуаров по трубопроводам технических средств порошкового пожаротушения, реализованная на ПЭВМ.

2. Результаты экспериментальных исследований процессов истечения газопорошковой смеси и параметров подачи огнетушащего порошка при работе установок порошкового пожаротушения различных конструкций.

3. Зависимости величины расхода огнетушащего порошка из распылительных отверстий распределительного перфорированного трубопровода установки порошкового пожаротушения от давления.

4. Зависимости для расчета необходимых значений массы и расхода огнетушащего порошка применительно к установкам порошкового пожаротушения с распределительной сетью при различных условиях тушения и способах подачи.

5. Методика расчета основных параметров установок порошкового пожаротушения с распределительной сетью при проектировании.

6. Способ тушения пожаров огнетушащим порошком, с изменяемым режимом его подачи в защищаемую зону.

Разработаны конструкции технических средств порошкового пожаротушения и способ тушения пожаров, защищенные 5 авторскими свидетельствами на изобретение и патентом Украины.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается положительными результатами полигонных и на-

турных испытаний установок порошкового пожаротушения, достаточным объемом экспериментальных лабораторных и стендовых исследований; применением современной измерительной и регистрирующей аппаратурой, обеспечившей определение основных параметров исследуемых процессов с погрешностью не более 10%.

Научное значение работы заключается в обосновании технических решений и разработке методов расчета, обеспечивающих повышение эффективности установок порошкового пожаротушения и расширение областей их применения на основании выявленных взаимосвязей конструктивных характеристик установок с параметрами, определяющими их тактико-технические возможности, и условий их эффективного применения в системах противопожарной защиты различных объектов.

Практическая ценность и реализация результатов работы.

Разработанная методика определения параметров истечения газопорошковой смеси, обеспечивает расширение возможностей по обработке экспериментальных данных, анализу технических характеристик средств порошкового пожаротушения.

Разработанная методика определения основных параметров установок порошкового пожаротушения позволяет выполнять необходимые расчеты при проектировании систем противопожарной защиты различных объектов.

Результаты работы использованы при разработке "Рекомендаций по обеспечению пожарной защиты магистральных тепловозов с помощью средств порошкового пожаротушения", внедренных в качестве нормативного документа, а также раздела "Установки порошкового пожаротушения" и приложений в первой редакции ДБН В.1.1. "Пожарная автоматика зданий и сооружений".

Разработанные технические решения использованы в конс-

трукции установок порошкового пожаротушения, с зарядом 10 и 40 кг, которыми оснащаются вновь строящиеся на ПО "Луганск-тепловоз" магистральные тепловозы и переоборудуются тепловозы старой постройки, находящиеся в эксплуатации.

Выпущена опытная партия установок порошкового пожаротушения с зарядом 250 и 500 кг для защиты объектов Полтавского газопромышленного управления.

Апробация работы. Основные результаты работы и отдельные ее положения доложены на IX Всесоюзной научно-практической конференции "Проблемы предотвращения и тушения пожаров на объектах народного хозяйства" (Москва, 1987 г.), Научно-практическом семинаре "Профилактика и тушение пожаров на объектах народного хозяйства" (Севастополь, 1988 г.), Научно-практической конференции "Обеспечение пожарной безопасности на транспорте" (Ленинград, 1989 г.), Всесоюзной научно-практической конференции "Проблемы производства и применения огнетушащих порошков" (Кингисепп, 1991 г.), Всеукраинской научно-технической конференции "Пожарная безопасность" (Харьков, 1993 г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 5 авторских свидетельств на изобретения и 1 патент Украины.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы и приложений. Основной материал диссертационной работы изложен на 124 страницах машинописного текста (общий объем), содержит 25 рисунков и 10 таблиц, список литературы включает 127 наименований отечественных и зарубежных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Непрекращающийся рост потерь от пожаров вызывает потребность в постоянном повышении уровня противопожарной защиты различных объектов. Среди средств активной противопожарной защиты, одними из наиболее эффективных и универсальных являются установки порошкового пожаротушения (УППТ), которые тем не менее, не получили пока должного распространения в Украине и других странах СНГ.

Исследования, направленные на создание УППТ проводились М. Н. Исаевым, А. Н. Баратовым, В. В. Севриковым, Н. В. Исавниным, В. П. Прохоровым, А. И. Козлюком, В. П. Чарковым, Б. Н. Харламовым, А. И. Ивченко, В. Д. Захматовым.

Однако, имеющиеся результаты исследований не обеспечили возможности разработки необходимых нормативных документов и создания элементной базы УППТ, удовлетворяющих современным требованиям, выдвигаемым практикой проектирования и применения систем противопожарной защиты. Это объясняется тем, что недостаточно изучены процессы истечения огнетушащих порошков и взаимосвязь конструктивных характеристик с параметрами, определяющими тактико-технические возможности УППТ, не определены условия их эффективного применения в системах противопожарной защиты различных объектов.

Учитывая вышеизложенное, диссертационная работа была направлена на решение следующих основных задач:

- проанализировать современное состояние вопроса в области разработки и применения установок пожаротушения, а также факторы, влияющие на эффективность противопожарной защиты объектов установками порошкового пожаротушения;
- разработать математическую модель процесса и методику

определения основных параметров истечения газопорошковой смеси (ГПС) при работе установок порошкового пожаротушения, обосновать количественные показатели (критерии) сравнительной оценки их конструкций;

- выявить характерные особенности и определить основные параметры истечения ГПС из резервуаров по трубопроводам установок различных конструкций;

- провести теоретические и экспериментальные исследования, разработать методику определения основных параметров, определяющих эффективность установок порошкового пожаротушения;

- разработать и испытать новые конструкции установок порошкового пожаротушения;

- разработать нормативно-методические документы (рекомендации, методики) по вопросам проектирования и применения установок порошкового пожаротушения для противопожарной защиты различных объектов.

Известно, что основными нормативными характеристиками, определяющими эффективность тушения, являются удельная масса (часто применяется термин удельный расход) - q , интенсивность - I и продолжительность - τ_T подачи огнетушащего вещества, связанные соотношением

$$q = I \cdot \tau_T. \quad (1)$$

Обеспечение необходимых значений этих характеристик и является главной задачей при создании технических средств пожаротушения. Для УППТ эта задача трансформируется в разработку конструкций, обеспечивающих введение огнетушащего порошка в защищаемую зону с заданным массовым расходом в течение необходимого времени при минимальных материальных и

энергетических затратах, что, как правило, и определяет достигнутый уровень " конструктивной эффективности".

Эффективность применения УППТ зависит от правильности определения необходимых параметров подачи огнетушащего порошка (ОП) в ходе проектирования, что требует проведения исследований, направленных на создание методики расчета этих параметров, учитывающей особенности объемно-планировочных решений и характеристики пожарной опасности объекта защиты.

Процесс функционирования УППТ при обработке может быть представлен в виде трех последовательных этапов - 1) Этап набора давления в резервуаре с ОП до момента открытия запорно-пускового устройства на входе в трубопровод подачи ГПС (I); 2) Этап истечения ГПС (II); 3) Этап продувки трубопроводов (III). Соответственно, математическая модель, описывающая этот процесс, представляется в виде трех последовательно решаемых систем дифференциальных уравнений. На рис.1 приведена расчетная схема задачи, соответствующая

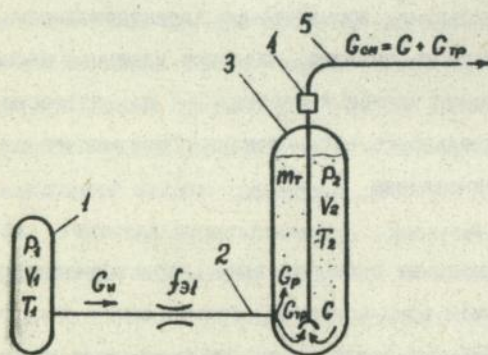


Рис.1 Расчетная схема

структуре УППТ, включающей источник сжатого газа 1, газоподводящий трубопровод с аэрирующим устройством 2, резервуар с порошком 3, на сифонной трубе которого установлено запорно-пусковое устройство 4, открывающее, при достижении заданного давления, проход газопорошко-

вую, при достижении заданного давления, проход газопорошко-

вой смеси в магистральный трубопровод 5 и далее к распределительной сети с распылительными насадками.

Практический интерес представляют первые два этапа, описываемые следующими системами уравнений (с учетом допущений об адиабатном процессе тепломассообмена в баллоне со сжатым газом и изотермическом в газопорошковой смеси, неразрывности потоков этой смеси и газа наддува, а также постоянстве в процессе истечения плотности ожиженного слоя ОП в резервуаре, равной 90% от насыпной плотности порошка):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Этап I} \\ \frac{dp_1}{d\tau} = - f_{\text{Э1}} \cdot p_1 \cdot \psi(\beta_1) \frac{v_{\text{кр}} \cdot k}{V_1} \\ \frac{dp_2}{d\tau} = f_{\text{Э1}} \cdot p_1 \cdot \psi(\beta_1) \frac{v_{\text{кр}} \cdot k}{V_2} \\ \psi(\beta_1) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{k-1} \left(\beta_1^{2/k} - \beta_1^{(k+1)/k} \right)} & \text{при } \beta_1 > 0,528 \\ 0,579 & \text{при } \beta_1 \leq 0,528 \end{cases} \\ v_2 = v_p - \frac{m_{\text{э}}}{\rho} \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Этап II} \\ \frac{dp_1}{d\tau} = - f_{\text{Э1}} \cdot p_1 \cdot \psi(\beta_1) \frac{v_{\text{кр}} \cdot k}{V_1} \\ \frac{dp_2}{d\tau} = \left[f_{\text{Э1}} \cdot p_1 \cdot \psi(\beta_1) \cdot v_{\text{кр}} - \frac{G}{\mu} RT - p_2 \frac{dv_2}{d\tau} \right] \frac{1}{v_2(\tau)} \\ \psi(\beta_1) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{k-1} \left(\beta_1^{2/k} - \beta_1^{(k+1)/k} \right)} & \text{при } \beta_1 > 0,528 \\ 0,579 & \text{при } \beta_1 \leq 0,528 \end{cases} \\ v_2(\tau) = v_p - \frac{m_{\text{т}}}{\rho} = v_p - \frac{1}{\rho_{\text{т}}} \left(m_{\text{э}} - \int_{\tau_{2\text{н}}}^{\tau_{2\text{к}}} G d\tau \right) \end{array} \right. \quad (3)$$

где V_p - вместимость резервуара для ОП, м^3 ;

V_1, V_2 - соответственно объем, занимаемый газом в баллоне и в резервуаре с ОП, м^3 ;

P_0 - атмосферное давление, Па;

P_1, P_2 - соответственно абсолютное давление в баллоне со сжатым газом и в резервуаре с ОП, Па;

$b_1 = \frac{P_2}{P_1}$ - относительное давление;

$f_{э1}$ - эффективная площадь проходного сечения линии подвода рабочего газа, м^2 ;

$V_{кр} = \sqrt{kRT}$ - критическая скорость, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

k - показатель адиабаты;

R - газовая постоянная, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;

T - абсолютная температура, К;

$m_a, m_r, m_{ост}$ - соответственно масса заряда, текущее значение массы ОП в резервуаре и масса остатка ОП, кг;

ρ - истинная плотность ОП, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

G - массовый расход ОП, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

μ - концентрация истекающей газопорошковой смеси, $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Решение этих систем уравнений относительно давления P_1 и P_2 возможно, если, для соответствующей конструкции проточных элементов установки (диаметров трубопроводов, конструктивных исполнений распылителей и т.п.) и используемой марки ОП, установлены зависимости $G=f(P_2)$ и $\mu=f(P_2)$, а также определено значение эффективной площади $f_{э1}$. Однако, получение таких данных само по себе требует проведения соответствующих экспериментальных исследований.

Поэтому, предлагаемая методика определения параметров истечения газопорошковой смеси при работе УПШТ основывается на вышеприведенной математической модели, в которой используются результаты измерения в ходе экспериментов давления в баллоне - $P_1(\tau)$, давления в резервуаре с ОП - $P_2(\tau)$, текущего значения массы ОП в резервуаре - $m_T(\tau)$, а также давления в тех точках трубопровода, где необходимо определять значения скорости и плотности газопорошковой смеси - $P_T(\tau)$. Регистрируется также температура окружающей среды перед началом эксперимента - T . Подставляя аппроксимирующие выражения, с наименьшей погрешностью описывающие параметры, регистрируемые в ходе эксперимента - $P_1(\tau)$, $P_2(\tau)$, $m_T(\tau)$, в соответствующие формулы, вытекающие из уравнения газового состояния, условий неразрывности потоков истекающей среды (газа и газопорошковой смеси) и др., вычисляются значения параметров, характеризующих процесс истечения газопорошковой смеси при работе данной установки:

- расход ОП

$$G(\tau) = \frac{dm_T(\tau)}{d\tau}; \quad (6)$$

- объем, занимаемый газом в резервуаре

$$V_2(\tau) = V_p - \frac{m_T(\tau)}{\rho}; \quad (7)$$

- расход газа наддува

$$G_H(\tau) = - \frac{V_1}{kRT} \cdot \frac{dP_1(\tau)}{d\tau}; \quad (8)$$

- расход газа, идущий на создание давления в резервуаре

$$G_p(\tau) = \frac{1}{RT_0} \left[V_2(\tau) \frac{dP_2(\tau)}{d\tau} + \frac{P_2(\tau)}{\rho} \cdot \frac{dm_T(\tau)}{d\tau} \right]; \quad (9)$$

- расход газа в составе истекающей газопорошковой смеси

$$G_{TP}(\tau) = G_H(\tau) - G_p(\tau); \quad (10)$$

- концентрация истекающей газопорошковой смеси

$$\mu(\tau) = \frac{G(\tau)}{G_{TP}(\tau)}; \quad (11)$$

- плотность газопорошковой смеси в трубопроводе (в месте измерения давления P_T)

$$\rho_{CM}(\tau) = \frac{[1 + \mu(\tau)]\rho \cdot \rho_T \cdot P_T(\tau)}{\rho \cdot P_0 + \mu(\tau) \rho_T \cdot P_T(\tau)}; \quad (12)$$

- скорость газопорошковой смеси в трубопроводе

$$v_{CM}(\tau) = \frac{G(\tau)}{\rho_{CM}(\tau) \cdot F_{TP}}; \quad (13)$$

где ρ , ρ_H - соответственно истинная и насыпная плотность ОП, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

ρ_T - плотность рабочего газа при нормальных условиях, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

P_0 - абсолютное атмосферное давление, Па;

F_{TP} - площадь поперечного сечения трубопровода подачи газопорошковой смеси, м^2 .

На основе полученных значений параметров могут быть также вычислены значения скоростей газа и порошка в составе смеси, числа (критерия) Фруда, позволяющего сравнить данные экспериментов при транспортировании ОП по трубам различных диаметров и др.

В качестве критериев "конструктивной эффективности" сравнимых технических решений установок порошкового пожаротушения в данной работе предложено использовать показатели удельных затрат энергии и количества транспортирующего газа на перемещение огнетушащего порошка, массу его остатка в резервуаре после срабатывания установки, а также равномерность распределения подаваемого порошка в защищаемой зоне при работе установок с распределительной сетью.

Численные значения показателей удельных затрат энергии и транспортирующего газа (K_w и K_v), с учетом принятых допущений о характере термодинамических процессов в баллоне (адиабатный) и в резервуаре с ОП (изотермический) получены выражения для вычисления этих критериев применительно к УШП с источником рабочего газа в виде баллона высокого давления - K_{w1} , K_{v1} и к УШП закачного типа - K_{w2} , K_{v2} :

$$K_{w1} = \frac{V_1(P_{1H} - P_{1K})}{m_3 - m_{ост}}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}; \quad (14)$$

$$K_{v1} = \frac{1000 \cdot \rho \cdot V_T}{\rho_T \cdot RT(m_3 - m_{ост})} \left[1 - \left(\frac{P_{1K}}{P_{1H}} \right)^{1/k} \right], \text{ л} \cdot \text{кг}^{-1}; \quad (15)$$

$$K_{w2} = \frac{P_{2H}(V_D \cdot \rho - m_3) - P_{2K}(V_D \cdot \rho - m_{ост})}{\rho(m_3 - m_{ост})}, \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}; \quad (16)$$

$$K_{v2} = \frac{1000 \cdot K_{w2}}{RT\rho_T}, \text{ л} \cdot \text{кг}^{-1}. \quad (17)$$

В качестве показателя равномерности распределения огнетушащего порошка, подаваемого по распределительным сетям установок, предложено использовать вариацию, отражающую разброс значений случайной величины (количества ОП, истекающего

из распылителя) от ее среднего значения:

$$V_m = \frac{N \cdot \sigma_m}{\sum m_i}, \quad (18)$$

где N - общее количество распылителей в распределительном трубопроводе;

m_i - количество ОП, истекшего из i -го распылителя, %;

σ_m - среднеквадратическое отклонение от среднего значения количества ОП, %.

В данной работе предложена формула для расчета значения удельной массы, на основе которого определяется количество ОП, необходимое для эффективного тушения пожаров по площади установками порошкового пожаротушения, имеющая вид:

$$q_s = q_{vo} K_y (K_{сп} + 1,44 \sqrt{S}), \quad (19)$$

где q_{vo} - удельная масса ОП для объемного тушения, $кг \cdot м^{-3}$;

K_y - коэффициент условий тушения;

$K_{сп}$ - коэффициент способа подачи ОП;

S - площадь пожара, $м^2$.

При этом продолжительность подачи ОП (τ_T), как правило должна быть в пределах 20 - 30 с.

В ходе проведения экспериментальных исследований, с использованием разработанной методики, определялись параметры характеризующие процесс истечения газопорошковой смеси и эффективность УППТ различных конструкций.

На экспериментальном стенде, схема которого представлена на рис.2, а также на экспериментальных установках с зарядом ОП 10, 40, 100 и 250 кг отработывалась предложенная методика, исследовался процесс истечения ГПС при работе УППТ с

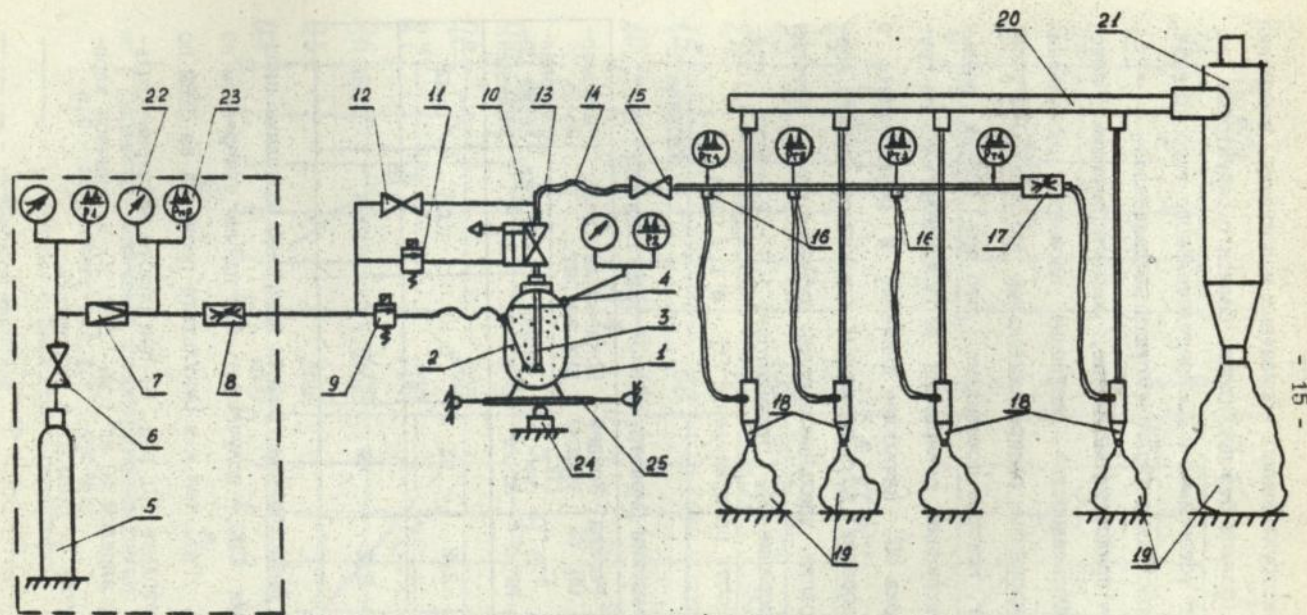


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментального стенда: 1 - резервуар для ОП; 2 - аэратор; 3 - сифонная труба; 4 - зарядная горловина; 5 - баллон со сжатым воздухом; 6 - запорный вентиль; 7 - редуктор давления; 8 - регулирующий дроссель; 9, 11 - электропневмоклапаны; 10, 12, 15 - шаровые краны; 13 - трубопровод подачи ОП с гибким участком 14; 16 - выпускные отверстия для ОП; 17 - устройство регулирования выходного сечения трубопровода; 18, 21 - циклоны; 19 - контейнеры для сбора ОП; 20 - коллектор; 22 - манометры; 23 - датчики давления; 24 - датчик массы; 25 - платформа весоизмерительного устройства.

различными конструктивными вариантами исполнения источника сжатого газа (баллон без редуктора, баллон с редуктором, закачной вариант установки) и распределительного трубопровода, определялись расходные характеристики распылителей.

В таблице представлены данные, характеризующие "конструктивную эффективность" различных вариантов исполнения УППТ с перфорированным распределительным трубопроводом и зарядом ОП 40 кг, которые показывают, что при прочих равных условиях (конструкции резервуара и распределительного трубопровода, марка ОП, начальное давление в резервуаре), в случае использования двух различных источников сжатого воздуха, концентрация, удельные затраты рабочего газа и энергии на транспортирование ОП, отличаются в 1,8 - 2,3 раза, степень равномерности распределения ОП - в 1,3 раза.

Таблица

Характеристики "конструктивной эффективности" УППТ

Конструктивный вариант установки	Расход ОП, кг·с ⁻¹	Концентрация ГПС, кг·кг ⁻¹	Показатели удельных затрат		Равномерность распределения ОП-вариация
			газа л·кг ⁻¹	энергии, Дж·кг ⁻¹	
УППТ с 32-л баллоном и редуктором	2,2	91	6,8	1006	0,44
УППТ с 8-л баллоном без редуктора	2,2	49	15,7	1800	0,29

На рис. 3 представлены графики изменения основных параметров истечения ГПС, полученные как прямым измерением во время опыта (m , P_2), так и в результате расчетов на ПЭВМ по предложенной методике (μ , $\rho_{см}$, G) при работе экспериментальной установки с зарядом 10 кг (см. рис. 2) в закачном варианте и с подпиткой от баллона с редуктором.

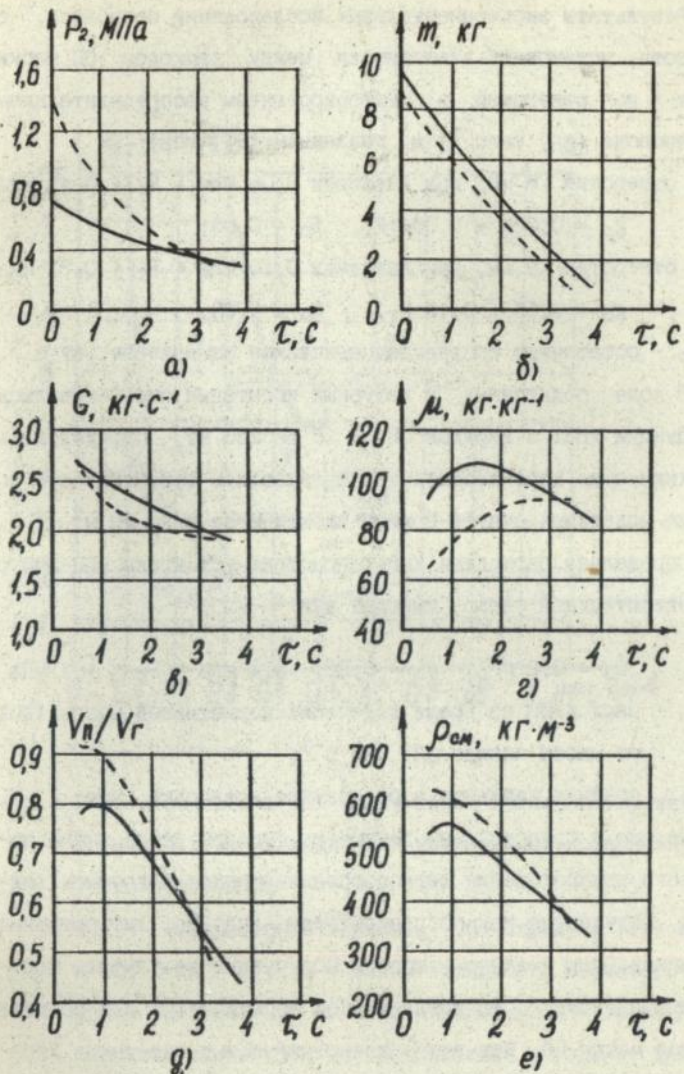


Рис. 3 Параметры истечения газопорошковой смеси

а, б - измерение; в, г, д, е - расчет;

— установка с баллоном и редуктором;

- - - установка закачная

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Результаты экспериментальных исследований позволили, в частности, установить зависимости между расходом ОП марки Пирант-А из отверстий в перфорированном распределительном трубопроводе (g_0 , $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$) и давлением (P_T , Мпа):

- для отверстий 6 мм, при давлении $0,08 \text{ Мпа} < P_T < 0,41 \text{ Мпа}$

$$g_0 = 0,034 + 0,064 \cdot P_T, \quad \delta_0 = 0,03;$$

- для отверстий 8 мм, при давлении $0,10 \text{ Мпа} < P_T < 0,32 \text{ Мпа}$

$$g_0 = 0,15 + 0,12 \cdot P_T, \quad \delta_0 = 0,06,$$

где δ_0 - остаточное среднеквадратическое отклонение, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$.

В ходе полигонных и натуральных испытаний отработывались конструкции УППТ с зарядом ОП от 10 до 250 кг, определялась их технические характеристики и оценивалась эффективность по тушению модельных очагов пожара площадью от 2 до 40 м^2 .

Определена расходная характеристика установки УПП-250 с распределительной сетью, имеющая вид

$$G_H = 3,2 \sqrt{P_R}, \quad \delta_0 = 0,06; \quad 0,4 \text{ Мпа} < P_R < 1,1 \text{ Мпа},$$

где G_H - расход ОП за время истечения нормативной массы (90% от массы заряда ОП), $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$;

P_R - среднее давление в резервуаре установки, Мпа.

На рис.4 представлены данные по тушению установками порошкового пожаротушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, полученные как по результатам анализа литературных источников, так и лично автором. Полученные результаты подтверждают правомерность предложенной формулы (19) для расчета удельной массы ОП. При этом, для серийно выпускаемых в Украине ОП общего назначения; следует принимать значения:

$q_{vo} = 0,45 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2}$; $K_y = 1$ (для тушения внутри помещений),

$K_y = 1,5$ (для тушения на открытой площадке); $K_{сп} = 4$ (для тушения при подаче ОП на горящую площадь сверху), $K_{сп} = 0$ (для

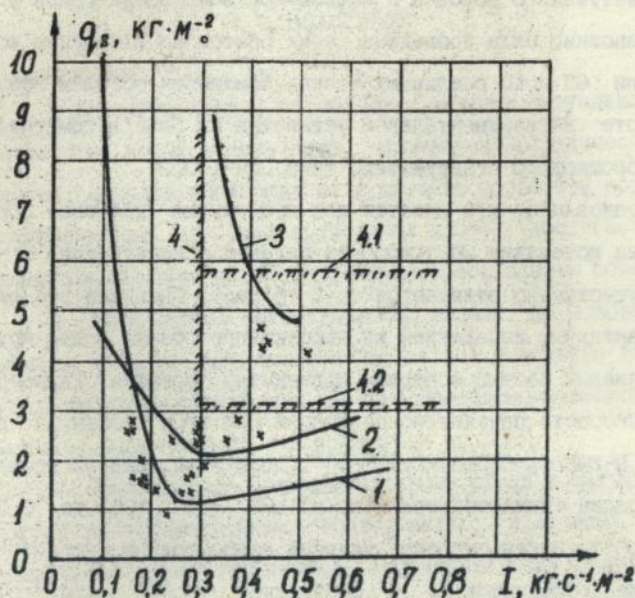


Рис. 4 Параметры подачи ОП при тушении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей установками порошкового пожаротушения

1, 2 - литературные данные, ОП Пирант-А (1) и К-30, П-2АП (2); 3 - данные стандарта Великобритании BS-5306, ОП на основе NaHCO_3 ; 4 - границы значений параметров по предлагаемой методике: для площади пожара 40 м^2 (4.1) и 4 м^2 (4.2);

x - данные полигонных испытаний при площади пожара от 10 до 40 м^2

тушения при подаче ОП на горящую площадь сбоку).

Для оценки продолжительности флегматизирующего воздействия огнетушащего порошка в защищаемой зоне после срабатывания установки, была проведена серия опытов по измерению концентрации ОП в 10 различных точках помещения объемом 360 м^3 при работе экспериментальной установки на базе автоматического порошкового огнетушителя типа ОПА-100.01.

Установлено, что имеется два промежутка времени после окончания истечения ОП, скорости падения концентрации, в которых существенно отличаются (в 5 - 6 раз). Очевидно это связано с активным выпадением из порошкового облака более крупных и тяжелых частиц в первом промежутке времени (примерно 7 с). Скорость падения концентрации при этом составила для порошка П-2АП $V_c \sim 0,013 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$. При этом средний уровень концентрации снижается примерно на 50% (от 0,186 до 0,092 $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$). Затем скорость падения концентрации снижается и в течение последующих 20 с составляет $\sim 0,002 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$. Причем среднее значение концентрации дополнительно понижается только на 14% (от 0,092 до 0,066 $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$).

С целью повышения эффективности УППТ, был предложен способ тушения, защищенный авторским свидетельством СССР N 1516123, основанный на управляемом изменении режимов подачи порошка, позволяющий, по предварительным оценкам, при неизменной массе заряда, обеспечить увеличение на 40 - 80 % продолжительности поддержания в защищаемой зоне флегматизирующего воздействия облака ОП после тушения.

Результаты проведенных исследований, были использованы при разработке новых конструкций УППТ для защиты подвижного состава железнодорожного транспорта и унифицированных уста-

новок порошкового пожаротушения УППУ-250РС и УППУ-250ЛС, выпуск которых освоен предприятиями Украины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи разработки новых конструкций, нормативно-методических документов, методов исследования и расчета установок порошкового пожаротушения, за счет применения которых достигается повышение уровня обеспечения противопожарной защиты объектов.

1. Разработана математическая модель, на основе которой создана методика определения параметров истечения газопорошковой смеси из резервуара по трубопроводам установок порошкового пожаротушения, реализованная на ПЭВМ.

2. Разработаны экспериментальный стенд и методика, проведены экспериментальные исследования, получены численные значения основных параметров, характеризующих функционирование и эффективность установок порошкового пожаротушения различных конструкций (давление, расход, концентрация, плотность, скорость транспортируемой газопорошковой смеси и др.).

Получены расходные характеристики выпускных отверстий диаметром 6 и 8 мм распределительного перфорированного трубопровода. Установлено, что максимальная равномерность распределения истекающего ОП, обеспечиваются при отношении суммарной площади проходного сечения выпускных отверстий к площади проходного сечения перфорированного распределительного трубопровода в диапазоне от 0,8 до 1,2.

3. На основании анализа литературных источников и собственных экспериментальных исследований в полигонных и натуральных условиях, установлено, что, расчетная масса ОП, обеспечивающая эффективное пожаротушение, пропорциональна площади горения в степени 1,5, а расчетный массовый расход - в степени 1, разработана методика определения необходимых значений удельной массы, интенсивности и продолжительности подачи ОП в защищаемую зону.

4. Разработаны конструктивные решения устройства для получения огнетушащей газопорошковой смеси, порошковый огнетушитель, установки для тушения пожара порошком, а также способ тушения пожара с подачей огнетушащего порошка в режиме ступенчатого изменения ее интенсивности. Конструктивные решения и способ пожаротушения защищены пятью авторскими свидетельствами на изобретения, получен патент Украины.

5. Разработаны и внедрены в качестве нормативного документа "Рекомендации по обеспечению пожарной защиты магистральных тепловозов с помощью средств порошкового пожаротушения".

6. Расширена область применения установок порошкового пожаротушения за счет внедрения разработанных конструкций на ПО "Лугансктепловоз" для противопожарной защиты вновь строящихся магистральных тепловозов, а также для защиты объектов Полтавского газопромышленного управления.

7. Разработанная методика определения основных параметров установок порошкового пожаротушения с распределительной сетью внедрена в качестве приложения ДВН В.1.1 "Пожежна автоматика будівель і споруд".

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Надубов В.А., Белан М.С., Дунюшкин В.А. Разработка средств порошкового пожаротушения для защиты тепловозов. - В кн.: Огнетушащие порошковые средства: Сб. науч. тр., М.: ВНИПО, 1982, с. 30-34;

2. Дунюшкин В.А., Цирфа В.И., Недашковская Т.И. и др. Разработка математической модели истечения газопорошковой смеси из установки порошкового пожаротушения. - В кн.: Теоретические и экспериментальные вопросы автоматического пожаротушения: Сб. науч. тр., М.: ВНИПО, 1987, с.87-97.

3. Абрамов А.А., Дунюшкин В.А., Кавецкий В.В. Определение параметров работы техники порошкового пожаротушения. - В кн. Средства порошкового пожаротушения: Сб. науч. тр. - М.: ВНИПО, 1989, с.101-108.

4. Дунюшкин В.А., Конкин А.В. Определение параметров истечения газопорошковой смеси при работе техники порошкового пожаротушения. - В кн.: Средства порошкового пожаротушения: Сб. науч. тр., М.: ВНИПО, 1992, с.63-69.

5. Дунюшкин В.А., Критерии оценки совершенства конструкции технических средств порошкового пожаротушения. - В кн.: Средства порошкового пожаротушения: Сб. науч. тр., М.: ВНИПО, 1992, с.49-52.

6. Дунюшкин В.А., Костюк П.Ф., Пивовар П.В. и др. Экспериментальные исследования эффективности тушения бензина марки А-76 установкой на базе автоматического порошкового огнетушителя типа ОПА - В кн.: Средства порошкового пожаротушения: Сб. науч. тр., М.: ВНИПО, 1992, с.53-59.

7. Дунюшкин В.А., Костюк П.Ф., Крылов В.П. и др. Экспериментальное определение концентрации огнетушащего порошка в

защищаемой зоне - В кн.: Средства порошкового пожаротушения: Об. науч. тр., М.: ВНИИПО, 1992, с.60-63.

8. Дуношкин В.А., Кавецкий В.В., Сизиков А.А. и др. Экспериментальные исследования установки порошкового пожаротушения с распределительной сетью УПП-250РС. - В кн.: Проблемы пожарной безопасности / Под ред. В.Г.Палюха. - Харьков.: Мин.обр. Украины, МВД Украины, 1993, с.115-116.

9. Дуношкин В.А., Кавецкий В.В., Снятков В.А. и др. Защита подвижного состава железнодорожного транспорта средствами порошкового пожаротушения. - В кн.: Обеспечение пожарной безопасности на транспорте: Материалы научно-технического семинара, Л.: ЛДНТП, 1989, с.65-66.

10. Авт. свид. 952274 (СССР) Устройство для получения огнетушащей газопорошковой смеси / Романенко Н.Т., Надубов В.А., Малышев П.А., Квитко И.В. и Дуношкин В.А. - 2 с.:ил.

11. Авт. свид. 1296183 (СССР) Устройство для получения огнетушащей газопорошковой смеси / Абрамов А.А., Дуношкин В.А., Сизиков А.А. и др. - 3 с.:ил.

12. Авт. свид. 1440508 (СССР) Порошковый огнетушитель / Абрамов А.А., Дуношкин В.А., Кавецкий В.В. и др. - 4 с.:ил.

13. Авт. свид. 1443888 (СССР) Установка для тушения пожара порошком / Сизиков А.А., Снятков В.А., Кавецкий В.В., Тимошенко А.М., Егоров А.А., Абрамов А.А., Дуношкин В.А. и др. - 4 с.:ил.

14. Авт. свид. 1516123 (СССР) Способ тушения пожаров огнетушащим порошком / Дуношкин В.А., Иванов А.Ф., Абрамов А.А. и др. - 3 с.:ил.

15. Патент Украины N 4459 Установка для тушения пожара порошком (авт. свид. СССР N 1443888).

АННОТАЦИЯ

Дунюшкин В.А. Повышение уровня обеспечения противопожарной защиты объектов установками порошкового пожаротушения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 - Охрана труда и пожарная безопасность, Севастопольский государственный технический университет, Севастополь, 1994.

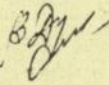
Работа содержит теоретические и экспериментальные исследования факторов, определяющих эффективность установок порошкового пожаротушения (применяемых норм подачи огнетушащего порошка (ОП) и конструкций). Разработана методика определения параметров истечения газопорошковой смеси при работе установок порошкового пожаротушения, предложены выражения для расчета показателей их технического уровня и определения нормативной удельной массы огнетушащего порошка. Установлено, что эффективное пожаротушение установками обеспечивается при подаче ОП в количестве, пропорциональном площади пожара в степени 1,5 и расходом - в степени 1. Разработаны, испытаны и внедрены установки порошкового пожаротушения и нормативные документы по их расчету и применению для защиты различных объектов.

Ключевые слова: противопожарная защита, установки порошкового пожаротушения, эффективность,

Подп. к печ. 22.11.94 Формат 60x84/16

Печ. офс. Усл. печ. л. 1,3

Уч.-изд. л. 1

Бумага тип. 
Тираж 80

Зак. 4-3946

Dunyushkin V.A. Improve of fire protection level with dry chemical extinguishing systems.

Dissertation for obtaining a scientific degree of the candidate of technical sciences speciality 05.26.01 - Labour protection and fire security, Sevastopol State Technical University, Sevastopol, 1994.

The paper contains theoretical and experimental research of the factors, determining the efficiency of the dry chemical extinguishing systems (the applied norms of dry chemical inflowing and constructions). There have been worked out the methods of defining the parameters of gas-powder mixture outflow during the work of the dry chemical extinguishing systems. A formula for calculation of the indexes of their technical level and definition of the normative specific weight of the dry chemical is also suggested. It has been ascertained that effectiveness of dry chemical extinguishing systems is provided during the inflowing of the dry powder in the quantities, proportional to the fire area raised to 1,5 power and flow rate raised to 1 power. The dry chemical extinguishing systems and normative instructions papers as for their calculation and application at different objects have been worked out, tested and inculcated.

Key words: fire protection, dry chemical extinguishing systems, effectiveness.

