

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ УКРАИНЫ
АКАДЕМИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сборник научных трудов

Выпуск 11



Харьков - 2002

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ю.А. Абрамов, А.Ю. Кирочкин, Д.В. Федорченко</i> Математическая модель тепловых полей насыпи растительного сырья при наличии стержневого очага самонагрева с учетом температуры окружающей среды в случае отсутствия осевой симметрии	3
<i>В.А. Андронов, О.В. Кулаков</i> Особенности пожарной опасности кабельных изделий объектов атомной энергетики	6
<i>А.В. Балаклеяский</i> Анализ пожарной опасности разливов нефти и нефтепродуктов	9
<i>А.Е. Басманов, А.П. Созник, А.А. Тарасенко</i> Экспериментально-аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара	17
<i>С.В. Белан, Г.В. Штангей</i> Забезпечення прав і свобод громадян при застосуванні органами державного пожежного нагляду МВС України примусових заходів	26
<i>С.Н. Бондаренко</i> Оценка массы огнетушащего аэрозоля, образуемого генератором	30
<i>П.Ю. Бородич, П.А. Ковалев, С.Ю. Потетюев</i> Оценка эффективности систем вентиляции при проведении спасательных работ в подземных сооружениях метрополитена	35
<i>И.Н. Бублик</i> Обработка результатов многофакторного эксперимента по проведению оперативных испытаний дымового пожарного извещателя СПД-1 с помощью аэрозоли-иммитатора дыма	41
<i>Г.Э. Вишукоров, С.Д. Муравьев</i> Особенности баллистического проектирования пороховых телескопических конструкций	44
<i>Е.А. Водопьянов, Н.И. Иванов, Е.П. Иванова</i> Измерение коэффициента излучения зерновых насыпей в дециметровом диапазоне длин волн	49
<i>Е.А. Водопьянов, Н.И. Иванов, Е.П. Иванова</i> Распространение теплового электромагнитного излучения в насыпи зерна в дециметровом диапазоне длин волн	52
<i>А.П. Волошин, П.Д. Доценко, О.В. Кулаков, В.О. Повгородский</i> Прогнозирование надежности подшипниковых узлов погружных электродвигателей	56

*П.Ю. Бородич, адъюнкт, АПБУ,
П.А. Ковалев, канд. техн. наук, ст. преподаватель, АПБУ,
С.Ю. Потетюев, канд. техн. наук, преподаватель, АПБУ*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

(представлено д-ром техн. наук О.П. Алексеевым)

Проведена оценка эффективности модернизированной системы вентиляции. Проведен расчет количества звеньев ГДЗС при различных режимах вентиляции. Показано преимущество предлагаемой системы по сравнению с существующей.

Сложность обстановки при пожаре в метрополитене заключается в наличии большого количества пассажиров; опасности возникновения паники и необходимости эвакуации большого количества людей; большой скорости задымления тоннелей и станций; сложности ведения разведки; прокладки рукавных линий на большие расстояния с учетом сложности планировки и наличия вагонов. Плотное задымление и наличие продуктов горения вызывает необходимость привлечения большого количества сил и средств, а также обязательной защиты органов дыхания работников пожарной охраны при тушении пожаров.

Допустимое время боевой работы звеньев газодымозащитной службы (ГДЗС) в подземных сооружениях метрополитена (ПСМ) определяется не только используемыми изолирующими противогазами, но и условиями, в которых работает личный состав. Последние же, главным образом, зависят от результатов функционирования системы вентиляции. Сравнительную оценку эффективности существующей и модернизированной [1] системы вентиляции определим на примере возможного пожара в составе, который остановился в тоннеле между станциями «Исторический музей» - «Университет» (Харьковский метрополитен). Необходимые для расчетов данные были определены в ходе пожарно-тактических учений [2].

В существующем режиме вентиляции шахта ВШ-2 (см. рис.1) работает на приток, а шахты ВШ-1 и ВШ-3 на вытяжку. Чтобы перейти на аварийный режим, необходимо изменить направление движения воздуха на противоположное в выработках 1-2, 2-3, 4-5 и 5-6. Для этого надо остановить воздушный поток, а затем разогнать его до заданной [2] скорости.

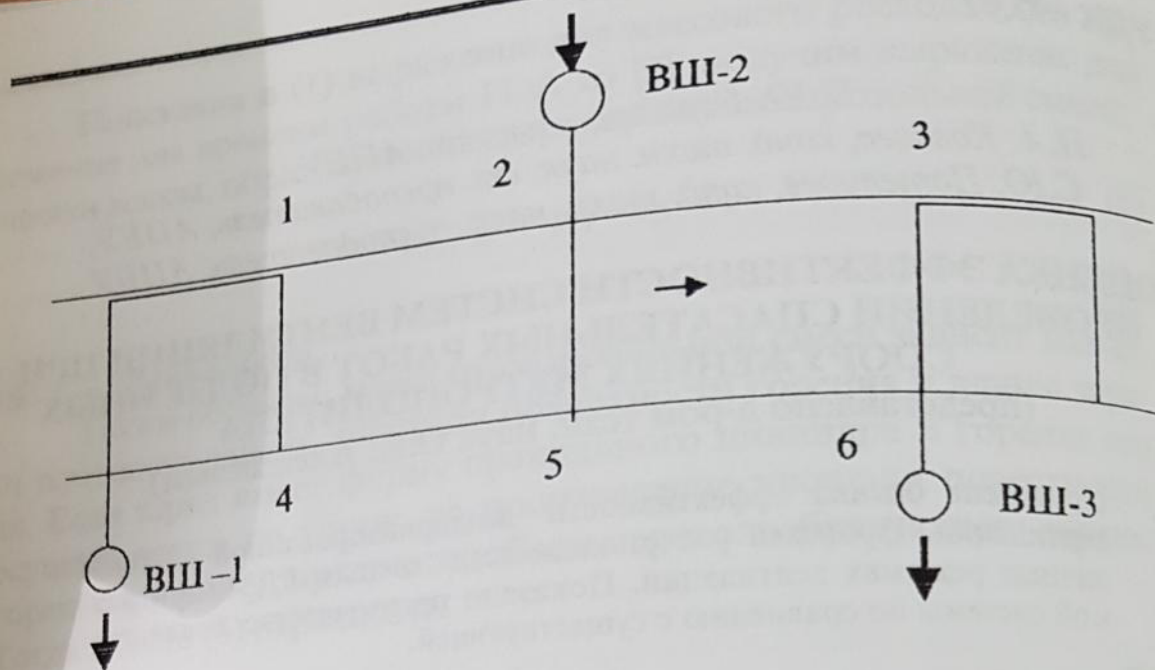


Рисунок 1 – Схема вентиляции перегона

Разгон потока воздуха в этом случае осуществляется в течение часа. Такое же время необходимо на торможение потока. Общее время переходного процесса составит около двух часов ($t_{1 \text{ суц}} = 120 \text{ мин}$). В течение переходного процесса вентиляция аварийного тоннеля остается неуправляемой и хаотичной. Вести спасательные работы в таких условиях очень сложно.

В [1] показано, что увеличить скорость движения воздуха в тоннеле можно путем изменения схемы совместной работы вентиляционных установок. Предположим, что пожар, как и в предыдущем случае, возник на участке тоннеля 1-2 (см. рис.2) Для дымоудаления вентиляционные установки ВШ-2 и ВШ-3 включаются на вытяжку (по два агрегата), а установка ВШ-1 - на приток.

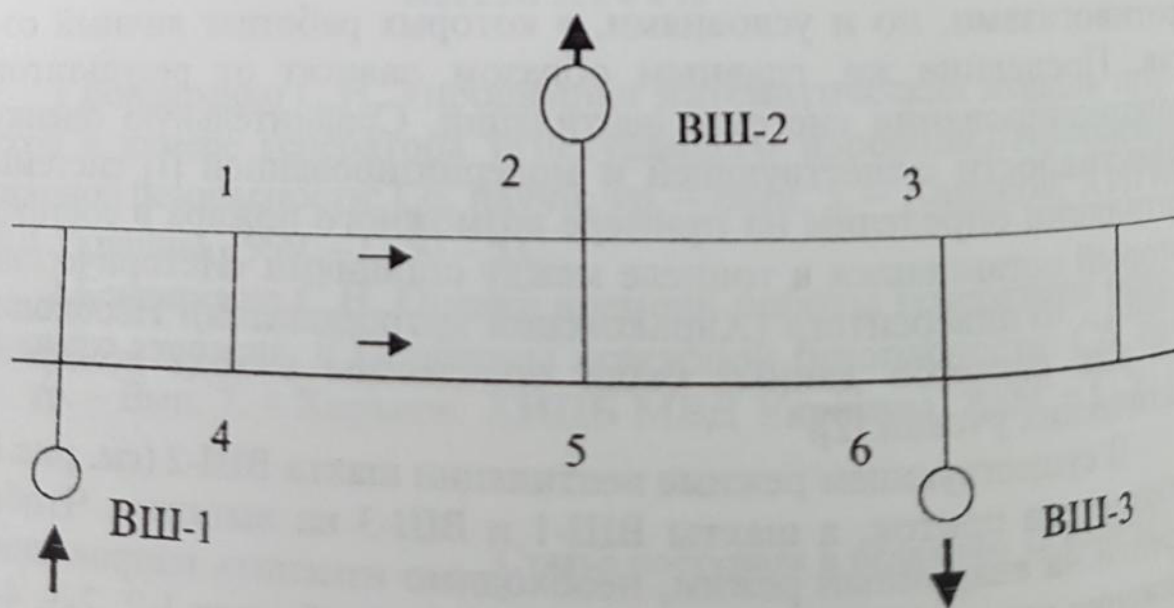


Рисунок 2 – Новый аварийный режим работы вентиляции

При этом скорость воздуха в тоннелях увеличивается до 1,6 м/с. Депрессия возрастает в 4 раза и, соответственно, увеличиваются показатели устойчивости проветривания. В этом случае время разгона потока оказалось равным $t'_{1 \text{ мод.}} = 677,4 \text{ с} = 11,29 \text{ мин.}$

Резкое увеличение устойчивости и управляемости вентиляцией перегонных тоннелей, быстрое удаление продуктов горения, снижение температуры со стороны основного воздушного потока и другие преимущества предложенной схемы аварийного режима вентиляции позволяют существенно повысить эффективность боевой работы личного состава подразделений пожарной охраны.

Рассмотрим предполагаемый эффект на примере оценки количества звеньев ГДЗС, необходимых для работы с одним стволом. Расчет производим в соответствии с [3,4]. Принимаем, что отделения ГДЗС оснащены КИП-8; начальное давление кислорода в баллоне – 20 МПа; время необходимое на боевое развертывание, подразделениям пожарной охраны при ликвидации пожаров в ПСМ (в дыму с использованием КИП-8) $\tau_{\text{вх}} = 12 \text{ мин}$ [2].

Определим время, в течение которого звено может работать со стволом. Для этого вначале узнаем количество кислорода, израсходованное на вход

$$Q_{\text{вх.сущ.}} = t_{\text{вх.сущ.}} \cdot q = 12 \cdot 2 = 24 \text{ [л]}, \quad (1)$$

где q – постоянная подача кислорода редуктором, которая для условий работы [2] в метрополитене принимается $2 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$.

За время входа давление кислорода в баллоне КИП-8 уменьшится на

$$P_{\text{вх.сущ.}} = Q_{\text{вх.сущ.}} \cdot P_{\text{атм.}} / V_{\text{б}} = 24 \cdot 0,1 / 1 = 2,4 \text{ [МПа]}, \quad (2)$$

где $P_{\text{атм.}} = 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферное давление; $V_{\text{б}} = 1 \text{ л}$ – емкость баллона.

Определим минимальное давление, при котором звену нужно начинать возвращение

$$P_{\text{вых.сущ.}} = 2 \cdot P_{\text{вх.сущ.}} + P_{\text{ост.}} = 2 \cdot 2,4 + 3 = 7,8 \text{ [МПа]}, \quad (3)$$

где $P_{\text{ост.}} = 3 \text{ МПа}$ – минимальное давление, при котором редуктор КИП-8 обеспечивает расчетный режим работы.

Тогда максимальная величина, на которую может измениться давление кислорода в баллоне во время непосредственной боевой

работы

$$P_{p.сущ} = P_{нач.} - P_{вх.сущ} - P_{вых.сущ} = 20 - 2,4 - 7,8 = 9,8 \text{ [МПа]}. \quad (4)$$

При этом количество израсходованного кислорода будет равно

$$Q_{p.сущ.} = P_{p.сущ.} \cdot V_6 / P_{атм.} = 9,8 \cdot 1 / 0,1 = 98 \text{ [л]}. \quad (5)$$

Таким образом, время работы у очага пожара может быть найдено как

$$t_{p.сущ.} = Q_{p.сущ.} / q = 98 / 2 = 49 \text{ [мин]}. \quad (6)$$

Если принять, в качестве нормативного времени работы звеньев ГДЗС, времени тушения пожара в Бакинском метрополитене, т.е. $t_{\Sigma} = 3$ часа 45 минут [1], то количество звеньев участвующих в тушении, работающих с одним стволом с учетом времени перехода существующей системы дымоудаления в аварийный режим

$$K_{сущ.} = \text{int}(2 \cdot t_{1\text{сущ}} / t_{p.сущ.} + (t_{\Sigma} - t_{1\text{сущ}}) / 120) = \text{int}(2 \cdot 120 / 49 + 105 / 120) = \text{int}(4,89 + 0,875) = 6, \quad (7)$$

где $(t_{\Sigma} - t_{1\text{сущ.}})$ – время работы после вывода на устойчивый режим существующей системы вентиляции, мин; $t_{1\text{сущ.}}$ – время разгона потока, мин.

Время, необходимое на боевое развертывание подразделениям пожарной охраны без дыма в КИП-8, равно $t_{вх} = 8$ мин [4]. Количество кислорода, израсходованное на вход, в этом случае равно

$$Q_{вх.мод.} = t_{вх} \cdot q = 8 \cdot 2 = 16 \text{ [л]}. \quad (8)$$

За время входа давление кислорода в баллоне уменьшится на

$$P_{вх.мод.} = Q_{вх.мод.} \cdot P_{атм.} / V_6 = 16 \cdot 0,1 / 1 = 1,6 \text{ [МПа]}. \quad (9)$$

Определим минимальное давление, при котором звену нужно начинать возвращение

$$P_{\text{вых.мод.}} = 2 \cdot P_{\text{вх.мод.}} + P_{\text{ост.}} = 2 \cdot 1,6 + 3 = 6,2 \text{ [МПа]}. \quad (10)$$

Определим максимальную величину, на которую может измениться давление кислорода в баллоне во время боевой работы

$$\begin{aligned} P_{\text{р.мод.}} &= P_{\text{нач.}} - P_{\text{вх.мод.}} - P_{\text{вых.мод.}} = 20 - 1,6 - 6,2 = \\ &= 12,2 \text{ [МПа]}. \end{aligned} \quad (11)$$

Количество кислорода, которое будет израсходовано в этом случае

$$Q_{\text{р.мод.}} = P_{\text{р.мод.}} \cdot V_6 / P_{\text{атм.}} = 12,2 \cdot 1 / 0,1 = 122 \text{ [л]}. \quad (12)$$

Таким образом, время работы у очага пожара может быть найдено как

$$t_{\text{р.мод.}} = Q_{\text{р.мод.}} / q = 122 / 2 = 61 \text{ [мин]}. \quad (13)$$

Количество звеньев участвующих в тушении, работающих с одним стволом с учетом времени перехода модернизированной системы дымоудаления в аварийный режим

$$\begin{aligned} K_{\text{сущ.}} &= \text{int}(2 \cdot t_1 / t_p + (t_{\Sigma} - t_1) / 120) = \text{int}(2 \cdot 11,29 / 61 + \\ &+ 213,71 / 120) = \text{int}(0,37 + 1,78) = 3, \end{aligned} \quad (14)$$

где $(t_{\Sigma} - t_{1\text{сущ.}})$ – время работы после вывода на устойчивый режим существующей системы вентиляции, мин; $t_{1\text{сущ.}}$ – время разгона потока, мин.

Результаты аналогичных расчетов для перегонов Салтовской линии Харьковского метрополитена приведены в табл. 1.

Результаты оценочных расчетов позволяют сделать вывод, что использование алгоритма оценки эффективности системы дымоудаления при горении подвижного состава в тоннеле метрополитена, повышает эффективность действий подразделений пожарной охраны за счет быстрого выхода системы тоннельной венти-

лянии в аварийный режим (в 6 – 33 раза, по сравнению с существующими режимами) и сокращения количества звеньев ГДЗС, работающих с одним стволом, в 2 – 4 раза.

Таблица 1 – Оценка эффективности действий пожарной охраны, при переходе системы дымоудаления в аварийный режим проветривания

Перегоны	Время перехода системы дымоудаления в АВР, мин		Кол-во звеньев ГДЗС, работающих со стволом (в течение 3.5 ч.)	
	существующий режим	новый режим	существующий режим	новый режим
1. Ист. Музей – Университет	120	11,29	6	3
2. Университет – Пушкинская	143,16	7,18	8	2
3. Пушкинская – Кисвская	146,7	8,04	8	2
4. Кивская – Барабашова	145	12,14	8	3
5. Барабашова – Ак. Павлова	86	14,39	6	3
6. Ак. Павлова – Студенческая	187,17	10,4	10	3
7. Студенческая – Героев Труда	340,04	11,11	10	3

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Потетюев С.Ю. Повышение эффективности системы дымоудаления при горении подвижного состава в туннеле метрополитена: Дис... канд. техн. наук: 21.06.02. – Харьков, 2001. – 148 с.
- 2 Гулаков П.З. Дорога длиной двадцать пять лет. – Харьков: ТАЛ «Слобожанщина», 2000. – 176 с.
- 3 Наставление по газодымозащитной службе пожарной охраны МВД Украины // ГУГПО МВД Украины. – К., 1994. – 128с.
- 4 Стрілець В.М., Ковальов П.А. Методика розрахунку витрати повітря (кисню) при роботі в засобах індивідуального захисту органів подиху // Проблеми пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Вып.8 – Харьков: АПБУ, 2001. – С.172 – 175.

Статья поступила в редакцию 19.03.2002 г.