

УДК 614.842.663+614.894

Э.Г. Ильинский, канд. техн. наук, завотделом, Е.И. Конопелько, канд. физ.-мат. наук, ведущий науч. сотр., Р.С. Плетенецкий, ст. науч. сотр. НИИГД «Респиратор», Донецк

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ЛЮДЕЙ ОТ ПОЖАРНЫХ ГАЗОВ

E.G. Ilinsky, Cand. Sci. (Tech.), department head, Ye.I. Konopelko, Cand. Sci. (Phys. and Math.), senior research assistant, R.S. Pletenetsky, senior researcher (NIIGD „Respirator“, Donetsk)

SYSTEM OF GUARANTEEING THE PROTECTION OF BREATHING ORGANS OF THE PEOPLE AGAINST FIRE GASES

Цель. Разработать основные концептуальные положения системы защиты людей от токсичных газов и недостатка кислорода при пожаре в зависимости от места пребывания людей, времени эвакуации и наличия людей с разными физическими возможностями.

Методика. Использованы информационно-аналитические исследования.

Результаты. Обоснованы факторы, определяющие технические и организационные мероприятия системы защиты органов дыхания людей при пожаре и разработаны её основные концептуальные положения.

Научная новизна. Впервые разработана комплексная система, состоящая из сочетания организационных мероприятий (определение маршрутов эвакуации, обучение и тренировка персонала, проводящего эвакуацию, и др.) и технических средств защиты (индивидуальные фильтрующие и изолирующие самоспасатели и аппараты групповой защиты).

Практическая значимость. Создание системы защиты людей от пожарных газов и/или недостатка кислорода гармонизирует отечественное законодательство с мировыми требованиями, повысит безопасность людей при пожарах, будет иметь социальный и экономический эффект.

Ключевые слова: средства защиты органов дыхания, система спасения людей при пожарах, пожарные газы.

Постановка проблемы. В статистике чрезвычайных ситуаций пожары занимают особое место, так как социально-экономические потери от них несопоставимо велики по сравнению с чрезвычайными ситуациями других видов. Главные и невозполнимые потери – человеческие жизни. Каждый год в Украине несколько сотен человек погибают при пожарах.

Самыми опасными факторами пожара являются токсичное воздействие газов и частиц дыма и недостаток кислорода, так как они могут привести к смертельному исходу. Статистика подтверждает, что более 80 % смертей при пожарах являются результатом воздействия на органы дыхания человека вредных компонентов так называемых пожарных газов. Уже на ранней стадии пожара токсичные продукты горения могут вызвать удушье и потерю сознания, делая человека беспомощным.

В условиях пожаров при горении современных синтетических материалов образуется более 200 наименований токсичных газообразных продуктов (оксид

углерода, бензол, синильная кислота, фосген, хлористый водород, акролеин, хлор, оксиды азота и др.) в концентрациях, превышающих предельно допустимые в тысячи и более раз. Объемная доля оксида углерода может увеличиться до 2,7 %, диоксида углерода – до 10 %, кислорода уменьшиться до 10 % [1].

Установлено, что при недостатке кислорода и наличии оксидов углерода происходит увеличение легочной вентиляции, что соответственно приводит к большему поступлению в организм токсичных веществ, а также усилению их токсичного воздействия при повышении температуры, что характерно в условиях пожара. Опасным фактором при пожарах является снижение объемной доли кислорода, характерное при нахождении людей в закрытых помещениях. Объемная доля кислорода во вдыхаемом воздухе ниже 14...15 % вызывает гипоксию, что приводит к кислородному голоданию и потере сознания.

Анализ последних исследований. В связи с изложенным, для защиты людей при пожарах необходимо использовать индивидуальные и коллективные средства защиты органов дыхания. Средства индивидуальной защиты бывают двух типов: фильтрующие и изолирующие. В первых из них очистка вдыхаемого воздуха от вредных веществ (газов, аэрозолей, пыли) осуществляется при помощи фильтрующих элементов. Эти средства более компактные, имеют незначительную массу и стоимость, как правило, не требуют обучения их использованию. Но за счет того, что человек, включенный в фильтрующий самоспасатель, вдыхает воздух из окружающей среды, такой самоспасатель нельзя использовать, когда объемная доля кислорода в воздухе менее 17 %, при высоких концентрациях вредных токсичных веществ или когда неизвестна их концентрация. Таким образом, использование фильтрующих аппаратов зависит от состояния окружающей среды. На это указывают действующие стандарты, где рассмотрено применение таких аппаратов при пожаре. Их можно применять только в малоэтажных зданиях или на нижних этажах высотных зданий, где время эвакуации не превышает 5...8 мин [2]. При этом обязательным условием является их соответствие.

В условиях пожара более надежной защитой людей от ингаляционных поражений являются изолирующие аппараты. Они гарантируют защиту от любых токсичных веществ при любых концентрациях и обеспечивают дыхание даже при полном отсутствии кислорода в окружающей среде.

К самоспасателям изолирующего типа относятся дыхательные аппараты со сжатым кислородом или воздухом, которые находятся в баллонах под высоким давлением, или с химически связанным кислородом, который находится в регенеративном патроне. Следует отметить, что по сравнению с аппаратами со сжатым воздухом, средства защиты с химически связанным кислородом обладают гораздо меньшей массой и габаритами, а по сравнению с аппаратами со сжатым кислородом имеют длительный (до 10 лет) срок хранения, проще по конструкции, дешевле.

Кроме индивидуальных средств защиты органов дыхания людей при пожарах, используют коллективные средства, которые обеспечивают нормальные условия дыхания людей в искусственно созданной газовой среде с допустимыми или оптимальными микроклиматическими параметрами. Предполагаемая в качестве коллективного средства защиты противодымная защита не решает всех вопросов безопасности, так как в определенных условиях, как показывает практика, она может привести к развитию пожара и, следовательно, усложнению условий спасения и самоспасения. Коллективные средства защиты можно разделить на две группы:

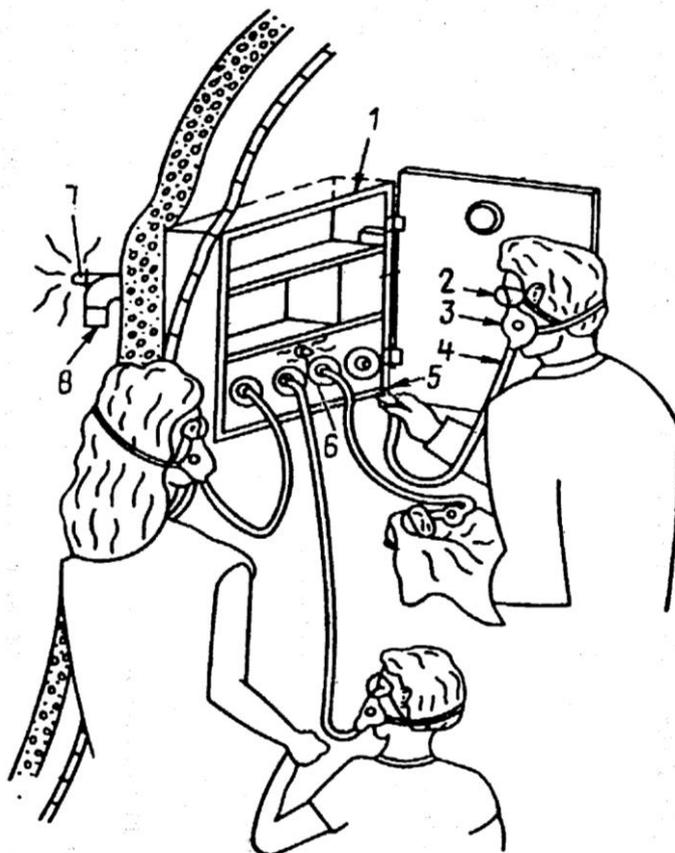
- средства, в которых газозвоздушная смесь, пригодная для дыхания, подается извне;
- средства, в которых запас газозвоздушной смеси, пригодной для дыхания, входит в состав средства защиты.

В первом из них имеется воздухоподающее устройство и фильтровентиляционная установка. Пример такого устройства, которое обеспечивает подачу отфильтрованного воздуха для людей, находящихся в горящем здании, приведен на рисунке [3, 4]. Для каждого пользователя в шкафчике имеется защитный комплект, состоящий из очков и лицевой дыхательной маски с клапаном выдоха, соединительной трубкой, которая имеет наконечник. При введении наконечника в клапан автоматически загорается сигнальная лампа и подается сигнал тревоги в пожарную часть. Воздух к клапанам поступает снаружи по трубе, проложенной сквозь стену через фильтрующий элемент. Устройство просто, экономично и надежно для снабжения воздухом людей, блокированных пожаром в помещении здания. Его использование не связано с нарушением герметичности ограждений помещения, что существенно с точки зрения возможного нарушения режима теплообмена горящего здания.

Во втором – газозвоздушная смесь может быть в виде сжатого воздуха или химически связанного кислорода; они детально описаны в [5].

В России в своде правил по спасению людей при пожарах определены места размещения и тип применяемых индивидуальных средств защиты органов дыхания (изолирующих и фильтрующих). Самоспасатели должны храниться в местах нахождения людей в ночное время. Во всех зданиях персонал, ответственный за организацию эвакуации во время пожара в здании (служба безопасности, охрана), должен быть оснащен изолирующими самоспасателями специального назначения. Если время эвакуации превышает 25 мин, в здании должны быть предусмотрены пожаробезопасные зоны с коллективными средствами защиты органов дыхания и самоспасатели, которые позволяют преодолеть эвакуационный маршрут из пожаробезопасной зоны.

В Украине, к сожалению, еще нет подобного нормативного документа. Имеются отдельные государственные строительные нормы [6], в которых частично затронуты вопросы спасения людей при пожарах. В гостиницах условной высотой более 26,5 м 3-звездочных и 4- и 5-звездочных независимо от условной высоты следует устанавливать шкафы для хранения средств индивидуальной защиты органов дыхания при пожарах. Однако в действующих нормативных документах не конкретизирован тип самоспасателя (фильтрующий или изолирующий), что снижает эффективность его применения.



Воздухоподающее устройство:

1 – шкаф; 2 – очки; 3 – лицевая маска; 4 – соединительная трубка; 5 – наконечник;
6 – клапан; 7 – сигнальная лампа; 8 – фильтрующий элемент

Цель исследования. Определение и обоснование факторов, определяющих организационные и технические мероприятия по спасению людей из мест их массового пребывания при возникновении пожара, и разработка основных концептуальных положений системы защиты людей от токсичных газов и недостатка кислорода в зависимости от места их пребывания, времени эвакуации и наличия людей с разными физическими возможностями.

Материалы и результаты исследования. Сочетание индивидуальных и коллективных средств защиты органов дыхания и их взаимное резервирование составляют основу системы самоспасения людей при пожарах. Эта система должна состоять из организационных мероприятий (определение маршрутов эвакуации, обучение и тренировки персонала, который выполняет эвакуацию и др.) и технических средств защиты органов дыхания, их размещения.

Основные концептуальные положения системы самоспасения людей при пожарах заключаются в следующем.

- При возгорании, которое невозможно или не удалось погасить, люди, которые находятся в зоне воздействия вредных или опасных факторов пожара, должны покинуть эту зону.

Время преодоления эвакуационного маршрута вследствие аддитивности определяется суммой времени преодоления всеми людьми всех участков пути:

$$t = \sum_{i=1}^{i=N} t_i,$$

где t_i – время прохождения каждого участка, с;

N – количество участков.

При этом $t_i = L_i / V_i$,

где L_i – длина участка пути (определяется по плану помещения);

V_i – минимальная скорость движения человека на этом участке, которая определяет скорость движения потока (определяется по нормативной таблице с учетом плотности людского потока), м/с.

При этом для расчета времени эвакуации необходимо учитывать самые неблагоприятные в данном помещении условия.

Для организации эвакуации персонал, который её обеспечивает, должен быть обеспечен изолирующими самоспасателями (со временем защитного действия не менее 25 мин), которые должны храниться на рабочих местах персонала для проведения действенных экстремальных мер. Персонал, который обеспечивает эвакуацию, должен быть ознакомлен с планом эвакуации, пройти обучение правилам пользования средствами защиты органов дыхания и участвовать в периодических тренировках.

- Места массового пребывания людей необходимо разделить на группы в зависимости от следующих факторов:

- известны или неизвестны токсичные вещества и их объемная доля, которые могут появиться в окружающей среде при пожаре;

- возможно или нет наличие в окружающей среде недостатка кислорода (объемная доля – менее 17 %);

- время эвакуации к месту с пригодным для дыхания воздухом;

- присутствуют ли дети, люди с ограниченной подвижностью, больные, которые не могут самостоятельно передвигаться.

- При возникновении не пригодной для дыхания среды на стадионах, киноконцертных и выставочных комплексах, торговых сооружениях, в местах массовых гуляний, митингов, где превышение ПДК токсичных веществ не может быть большим и вероятность недостатка кислорода незначительна, на путях эвакуации могут быть расположены фильтрующие самоспасатели, предназначенные для защиты от токсичных веществ, которые могут выделяться в конкретных условиях.

- Если время эвакуации не превышает 5...8 мин (малоэтажные здания или первые три этажа высотных) можно использовать изолирующие и фильтрующие самоспасатели, которые должны находиться в местах вероятного пребывания людей и на путях эвакуации.

Необходимое время эвакуации из помещений зданий зависит от категории здания, объема помещения и степени его огнестойкости. Так, время эвакуации из помещения объемом $4 \cdot 10^4 \text{ м}^3$ категории В должно быть не более 2 мин, а из помещений того же объема категорий А и Б – не более 1 мин.

Эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа зданий должно быть не менее двух. Минимальное расстояние L , м, между наиболее удаленными один от другого эвакуационными выходами определяют по формуле

$$L \geq 1,5\sqrt{П},$$

где $П$ – периметр помещения, м.

При этом ширина участков пути эвакуации должна быть не менее 1 м, а минимальная ширина дверей на пути эвакуации 0,8 м, причем эти двери должны открываться по направлению выхода из здания.

Самоспасателями должны оснащаться пункты пожаротушения и пожаробезопасные зоны объектов, аварийные выходы и площадки.

- Если в окружающей среде возможно возникновение недостатка кислорода, а время эвакуации превышает 5...8 мин, единым техническим средством защиты органов дыхания может быть изолирующий самоспасатель.

- Больницы, ветеранские учреждения, где находятся люди, которые не могут передвигаться самостоятельно, должны быть оснащены изолирующими самоспасателями с временем защитного действия, достаточным для их эвакуации, но не менее 15 мин, а обслуживающий персонал – изолирующими самоспасателями с временем защитного действия, достаточным для их эвакуации, но не менее 25 мин.

- Детские санатории, больницы должны быть обеспечены изолирующими средствами защиты органов дыхания детей. Эти средства находятся у обслуживающего персонала и выдаются родителям.

- В метрополитене время защитного действия изолирующих самоспасателей, которыми оснащены персонал и спасатели, должно быть не менее 50 мин. Пассажиры метрополитена могут использовать гражданские изолирующие самоспасатели. Для людей, которые из-за своего физического состояния не могут самостоятельно выйти на свежую струю воздуха, можно использовать средства коллективной защиты – аппараты спасательные типа АСП и пневмокаркасные модули с баллонами со сжатым воздухом.

- При невозможности эвакуации или если время эвакуации превышает 25 мин, должны быть предусмотрены коллективные средства защиты органов дыхания. Время их защитного действия должно быть не менее необходимого времени для проведения работ по тушению пожара или эвакуации людей спасателями.

- Средств защиты должно быть не менее количества людей, которые могут оказаться в данных учреждениях.

Выводы

- Для повышения безопасности при возникновении пожара в общественных местах необходима система спасения людей, одним из элементов которой должны быть нормативные акты, регламентирующие оснащение мест с массовым пребыванием людей средствами защиты органов дыхания. Она должна учитывать время эвакуации, наличие людей с разными

физическими возможностями, конкретные условия создания токсичной или бескислородной среды и т.д.

- Наиболее простыми и дешевыми средствами индивидуальной защиты органов дыхания являются фильтрующие аппараты, которые можно применять при незначительных превышениях ПДК токсичных веществ и объемной доле кислорода в окружающем воздухе не менее 17 % (например, в малоэтажных зданиях).

- В остальных случаях необходимо применять изолирующие средства защиты с временем защитного действия, достаточным для преодоления маршрута эвакуации.

- Персонал, который обеспечивает эвакуацию, должен быть ознакомлен с ее планом, пройти обучение правилам пользования средствами защиты органов дыхания и участвовать в периодических тренировках.

- Если при развитии пожара существует риск для отдельных групп людей быть отрезанными от путей эвакуации, необходимо предусмотреть противопожарные зоны с установкой там коллективных средств защиты с временем защитного действия, достаточным для проведения работ по тушению пожара или эвакуации людей спасателями.

- Создание системы защиты людей от воздействия на них токсичных газов и недостатка кислорода при пожаре повысит безопасность людей, что будет иметь социальный и экономический эффекты.

Список литературы / References

1. Современные средства изолирующей защиты органов дыхания гражданского населения при пожарах и других чрезвычайных ситуациях / С.В. Гудков, Н.В. Крилова, С.Б. Путин, А.Ю. Хромов // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17, № 2. – С. 58 – 62.

Gudkov, S.V., Krilova, N.V., Putin, S.B and Khromov, A.Yu. (2008), *Sovremennye sredstva izoliruiushtchei zashtchity organov dykhaniia grazhdanskogo naseleniia pri pozharakh i drugikh chrezvychainykh situatsiakh* [Modern means of isolating protection of breathing organs of the civilian population by fires and other emergency situations], *Pozharovzryvobesopasnost*, vol. 17, no. 2, pp. 58-62.

2. Бушманов С.А. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях по средствам применения самоспасателей. Часть 1. Современные самоспасатели для защиты органов дыхания и зрения / С.А. Бушманов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 2. – С. 41 – 46.

Bushmanov, S.A. (2011), *Obespechenie bezopasnosti liudei pri pozharakh v zdaniiax po sredstvam primeneniia samospasatelei. Chast 1. Sovremennye samospasateli dlia zashtchity organov dykhaniia i zreniia* [Guaranteeing the safety of the people by fires on the means of application of the self-rescuers. Part 1. Modern self-rescuers for protection of breathing and visual organs], *Pozharovzryvobesopasnost*, vol. 20, no. 2, pp. 41 – 46.

3. Обеспечение людей воздухом для дыхания в здании при пожаре. Fume protection device: пат. 4905 684 США, МКИ А В 7/00 / Heffer G.R.; Georg-Gina Fume Protection Devices Inc. - № 48293; заявл. 11.05.87; опубл. 06.03.90; НКИ 128/202.13.

Heffer, G.R., *Obespechenie liudei vozdukhom dlia dykhaniia v zdanii pri pozhare* [Provision of the people with air for breathing in the building by the fire]. Fume protection device: пат. 4905 684 США, МКИ А В 7/00 / Heffer G.R.; Georg-Gina Fume Protection Devices Inc. - № 48293; заявл. 11.05.87; опубл. 06.03.90; НКИ 128/202.13.

4. Устройство для защиты от дыма. Fume protection device. Heffer Georg R.; Georg-Gina Fume Protection Devices Inc.: пат. 1196808, Канада; заявл. 18.07.83, № 432671; опубл. 19.11.87. МКИ А 62 В 9/00, НКИ 98-29.

Heffer, G.R., *Ustroistvo dlia zasctchity ot dyma* [Fume protection device]. Heffer Georg R.; Georg-Gina Fume Protection Devices Inc.: пат. 1196808, Канада; заявл. 18.07.83, № 432671; опубл. 19.11.87. МКИ А 62 В 9/00, НКИ 98-29.

5. Ильинский Э.Г. Коллективные средства защиты органов дыхания / Э.Г. Ильинский, Е.И. Конопелько, В.К. Овчаров // Уголь Украины. – 2008. – № 12. – С. 36 – 40.

Ilinsky, E.G., Konopelko, Ye.I. and Ovcharov, V.K. (2008), *Kollektivnye sredstva zasctchity organov dykhaniia* [Collective protection means of breathing organs], *Ugol Ukrainy*, no. 12, pp. 36 – 40.

Рекомендовано к публикации канд. техн. наук В.О. Положием.
Дата поступления рукописи 28.05.2014

Ціль. Розробка основних концептуальних положень системи захисту людей від токсичних газів і нестачі кисню в залежності від місця перебування людей, часу евакуації та наявності людей з різними фізичними можливостями.

Методика. Використані інформаційно-аналітичні дослідження.

Результати. Обґрунтовані основні фактори, що визначають технічні та організаційні заходи системи захисту органів дихання людей при пожежі та розроблені її основні концептуальні положення.

Наукова новизна. Вперше розроблена комплексна система, що складається із поєднання організаційних заходів (визначення маршрутів евакуації, навчання та тренування персоналу, що проводить евакуацію, та інше) та технічних засобів захисту (індивідуальні фільтруючі та ізолюючі саморятівники та апарати групового захисту).

Практична значущість. Створення системи захисту людей від пожежних газів і/або нестачі кисню гармонізує вітчизняне законодавство зі світовими вимогами, підвищить безпеку людей при пожежах, матиме соціальний і економічний ефект.

Ключові слова: засоби захисту органів дихання, система рятування людей при пожежах, пожежні гази.

Purpose. To work out the basic conceptual regulations of the system of protection of the people against toxic gases and lack of oxygen by the fire depending on place of residence of the people, evacuation time and availability of the people with various physical capacities.

Methodology. The information and analytical investigations have been used.

Results. The factors determining technical and organizational measures of the system of protection of the breathing organs of the people by the fire have been substantiated, and their basic conceptual regulations have been worked out.

Scientific novelty. The complex system consisting of combination of the organizational measures (determination of escape routes, instructions and training of the personal pursuing the evacuation etc) and of technical protection means (individual filtering and isolating self-rescuers and apparatus of group protection) has been worked out for the first time.

Practical value. The creation of the system of protection of the people against the fire gases and/or lack of oxygen harmonizes the legislation of the country with the world requirements, will raise the safety of the people by the fires and have the social and economic effect.

Keywords: protection means of breathing organs, system of rescue of the people by fires, fire gases.