



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

Вестник
Университета гражданской защиты
МЧС Беларуси

Том 1, № 4, 2017

Редакционная коллегия:

главный редактор:

Полевода
Иван Иванович

кандидат технических наук,
доцент

зам. главного редактора:

Гончаренко
Игорь Андреевич
Платонов Александр
Сергеевич

доктор физико-математических наук,
профессор

кандидат физико-математических
наук, доцент

ответственный секретарь:

Жаворонков
Илья Сергеевич

Редакционный совет:

Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Альгин Владимир Борисович, доктор технических наук, профессор; Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Герасимчик Александр Петрович, кандидат психологических наук, доцент; Дмитриченко Александр Степанович, кандидат технических наук, доцент; Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпиленя Николай Васильевич, доктор военных наук, доцент; Кремень Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Кулаковский Борис Леонидович, кандидат технических наук, доцент; Ласута Геннадий Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лебедкин Александр Владимирович, доктор военных наук, профессор; Пастухов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Порхачев Михаил Юрьевич, кандидат педагогических наук, доцент (Россия); Раимбеков Кендебай Жанабильевич, кандидат технических наук (Казахстан); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук; Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

Учредитель – Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии № 18/8 от 9 декабря 2016 г.
журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 1835 от 19 сентября 2016 г.

Номер подготовлен совместно с Исследовательским институтом общественной безопасности Университета Цинхуа.

Всю ответственность за подбор и точность приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

Полная или частичная перепечатка, размножение, воспроизведение или иное использование опубликованных материалов допускаются с обязательной ссылкой на журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».

Компьютерная верстка – И.С. Жаворонков
Дизайн обложки – И.А. Розенталь

Адрес редакции: ул. Машиностроителей, 25, г. Минск, 220118

Контактные телефоны: (017) 340-53-93 (главный редактор)
(017) 341-32-99

Сайт Университета гражданской защиты: www.ucsp.by

E-mail редакции: vestnik@ucsp.by

ISSN 2519-237X

© Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

- Полевода И.И., Зайнудинова Н.В.** Моделирование поведения железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном в программном комплексе ANSYS 385
- Фу Джиаджа, Юан Хонгенг, Чен Джиангуо, Жанг Джиджан** Комбинирование огнестойких конструкций для предотвращения вертикального распространения пожара по фасаду здания 392
- Иваницкий А.Г., Барсукова А.В.** Современное состояние вопроса оценки влияния наличия горизонтальных проемов в ограждающих конструкциях на температурный режим пожара в помещении..... 402
- Джан Ван, Вэй Ванг, Руй Янг** Экспериментальное исследование поведения горения n-гептана в бассейнах различного размера при низком давлении 414
- Макаревич К.О., Миненко В.Ф., Кутень С.А., Веренич К.А.** Оценка эффективных доз облучения пациентов при дентальных рентгенологических исследованиях 424
- Загороднюк А.А., Гацкевич Г.В., Миненко В.Ф., Кутень С.А.** О спектре отраженного излучения быстрых нейтронов, падающих на бетонную стенку..... 431

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (технические науки)

- Шеремет Т.В., Навроцкий О.Д., Дмитракович Н.М.** Аналитический обзор зарубежных технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к подшлемникам пожарного 437
- Шу Сюэмин, Ву Джинжин, Танг Шиян, Ху Джун, Гуан Джингфу** Использование информации пожарных извещателей в режиме реального времени при работе пожарного расчета в высотных зданиях 446
- Чен Тао, Чанг Женксинг, Ву Лили, Киао Чен, Ли Жипенг, Хуанг Куани** Исследование возможностей использования сетевой модели управления для обеспечения пожарной безопасности района 452
- Смиловенко О.О., Курлович И.Г.** Повышение безопасности труда пожарного-спасателя 459

Гражданская оборона

- Ксу Ювей, Су Гофэн, Чен Жингао, Ду Пенг** Разработка интеллектуальных технологий тушения пожара в большом городе..... 468
- Качан В.А., Кобяк В.В.** Преимущества и недостатки существующих оконечных средств автоматизированной системы централизованного оповещения..... 473

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (психологические науки)

- Кремень М.А., Герасимчик А.П.** Психологические аспекты принятия решения в проблемных ситуациях..... 479
- Вишневская В.П., Медведев А.В.** Некоторые аспекты адаптации специалистов силового блока к профессиональной деятельности 488
- Врублевский А.В., Лепешинский Н.Н.** Особенности взаимосвязи готовности к риску и психологического благополучия у будущих офицеров-спасателей 493
- Авторы статей 503
- Правила представления статей..... 508

CONTENTS

Fire and industrial safety (technical sciences)

- Palevoda I., Zainudzinava N.** Modelling of the behavior of concrete slabs with unbonded reinforcement in the ANSYS program complex 385
- Fu J.J., Yuan H.Y., Chen J.G., Zhang J.Y.** The combination scheme of fireproof construction to inhibit the vertical spread of building facade outflow plume 392
- Ivanitski A., Barsukova A.** Current state of the problem of evaluating the influence of the horizontal openings in the separating structures on the fire temperature in the compartment. 402
- Jian W., Wei W., Rui Y.** Experimental study of different size n-heptane pool fire behavior under low pressure 414
- Makarevich K., Minenko V., Kuten' S., Verenich K.** Estimation of effective doses to patients during dental X-ray examinations 424
- Zaharadniuk A., Gatskevich G., Minenko V., Kutsen S.** About the spectrum of the monoenergetic quick neutrons beam reflected from concrete. 431

Safety in emergencies (technical sciences)

- Sheremet T., Navrotsky O., Dmitrakovich N.** Analytical review of foreign technical normative legal acts which specify requirements to the firefighter hoods. 437
- Shu X.M., Wu J.J., Tang S.Y., Hu J., Guan J.F.** Application of fire detectors' real-time alarm information for high-rise building fire command. 446
- Chen T., Chang Z.X., Wu L.L., Qiao C., Li Z.P., Huang Q.Y.** Research on grid management mode for fire safety of community 452
- Smilovenko O., Kurlovich I.** Increasing of the occupational safety of firefighter-rescuer 459

Civil defense

- Xu Y.W., Su G.F., Chen J.G., Du P.** Research on management and application of smart firefighting technology in urban city 468
- Kachan V., Kobyak V.** Advantages and disadvantages of existing terminals of the automated centralized alert system. 473

Safety in emergencies (psychological sciences)

- Kremen M., Gerasimchik A.** Psychological aspects of decision-making in problem situations 479
- Vishnevskaya V., Medvedev A.** Some aspects of adaptation of military units' specialists to professional activity. 488
- Vrubleuski A., Lepeshinski N.** Peculiarities of interdependence of future rescuer officers' risk-readiness and their psychological well-being 493
- Authors 503
- Rules of submitting articles for publication. 508

УДК [614.841.332+539.422.22]:693.56

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ПЛИТ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS

Полева И.И., Зайнудинова Н.В.

Построена модель железобетонной предварительно напряженной плиты без сцепления арматуры с бетоном. Исследовано поведение модели под воздействием стандартного пожара. Определен предел огнестойкости по несущей способности данных конструкций. По результатам натурных испытаний и решения обратной задачи по определению огнестойкости найдена критическая температура для арматуры. Предложена оценка огнестойкости модели. Результаты моделирования сопоставлены с экспериментальными данными.

Ключевые слова: огнестойкость, предел огнестойкости, стандартный температурный режим пожара, железобетонные предварительно напряженные плиты без сцепления арматуры с бетоном.

(Поступила в редакцию 20 октября 2017 г.)

Введение. Здания и сооружения, возводимые на территории Республики Беларусь, должны соответствовать существенным требованиям в области безопасности, одним из которых является соблюдение требований в области пожарной безопасности в соответствии с п. 1 статьи 5 [1]. Одним из направлений существенных требований в области пожарной безопасности являются мероприятия по снижению вероятности возникновения пожара, минимизации ущерба, нанесенного пожаром, и по противопожарной защите [1], к которым относится применение строительных конструкций и материалов с нормированными пожарно-техническими характеристиками, сохраняющих свои несущие и ограждающие функции в течение времени, необходимого для обеспечения безопасности людей. Таким образом, конструкции, применяемые при строительстве, должны соответствовать противопожарным требованиям в части пределов огнестойкости и классов пожарной опасности, которые и определяют область применения любой строительной конструкций [2]. Предел огнестойкости конструкции – характеристика огнестойкости конструкции, определяемая временем (в часах или минутах) от начала стандартного огневого испытания до наступления нормируемых для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости [3]. К основным предельным состояниям относятся: потеря несущей способности (R), потеря целостности (E), потеря теплоизолирующей способности (I). Для определения предельных состояний применяются два подхода: расчетный метод и проведение натурных огневых испытаний. Температурные пожары в помещениях зданий и сооружений различного функционального назначения могут существенно отличаться [4], поэтому для определения пределов огнестойкости строительных конструкций в основном применяют режим «стандартного» огневого воздействия.

В Республике Беларусь действует ряд технических нормативных правовых актов, в том числе адаптированных европейских стандартов, таких как ТКП EN 1992–1–1, ТКП EN 1992–1–2 [5-7], позволяющие аналитическим методом определить огнестойкость железобетонных строительных конструкций, при этом в данных стандартах приведены общие случаи расчета наиболее распространенных конструкций.

В настоящее время при монолитном строительстве в сборных перекрытиях получили широкое распространение преднапряженные многопустотные плиты высотой 220 мм и пролетом до 9 м с уменьшенной приведенной толщиной бетона в 1,5-2 раза по сравнению с монолитными плитами сплошного сечения. При изготовлении данных конструкций наиболее эффективным является предварительное напряжение на бетон без сцепления. Стоит отметить, что методики оценки огнестойкости, приведенные в [5-7], не в полном объеме

учитывают конструктивные особенности многопустотных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном, применяемых при монолитном строительстве, тем самым завышая предел огнестойкости данных конструкций. На основании сформулированных принципов огнестойкости были запланированы и проведены натурные огневые испытания.

Натурные огневые испытания. За основу для исследований огнестойкости строительных конструкций приняты предварительно напряженные железобетонные плиты перекрытия без сцепления арматуры с бетоном, в которых в качестве арматуры использованы канаты в полимерной оболочке. Целью экспериментальных исследований является изучение поведения данных конструкций в условиях пожара, а также получение теплотехнических характеристик, необходимых для моделирования поведения конструкций при огневом воздействии. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Разработана конструкция железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном на основе типовых плит серии Б1.041.1-3.08. Геометрические размеры плиты: длина 6 000 мм, ширина 1490 мм, высота 220 мм, с круглыми пустотами диаметром 159 мм. Класс бетона $C^{25}/_{30}$ (В30). В качестве рабочей арматуры применен арматурный семипроволочный спиральный канат класса К-7 (S1400) диаметром 15,7 мм, заключенный в заводских условиях в пластиковую оболочку. Расстояние между поверхностью пластиковой оболочки канатов и ближайшей поверхностью бетона выдержано в пределах 30 ± 5 мм.

2. На заводе пустотных изделий ОАО «Минскжелезобетон» изготовлены экспериментальные образцы железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном [8].

3. Проведено огневое испытание по методикам, изложенным в [9-10], на испытательной печи для горизонтальных строительных конструкций, используемой Научно-исследовательским институтом пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций для сертификационных испытаний на огнестойкость. На 33 минуте огневое воздействие прекращено, в связи с наступлением предела огнестойкости по потере целостности и несущей способности. Для предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном экспериментально определен предел огнестойкости по потере целостности, несущей и теплоизолирующей способности, который составил REI 30. Достоверность полученных результатов подтверждается применением сертификационного оборудования, прошедшего поверку.

Результаты экспериментальных исследований. Обработка результатов измерений температуры проводилась по методике ГОСТ 8.207-76, стандартный температурный режим создан с точностью до 15 % в период до 10 минут и с точностью 10 % с 10 минуты и до завершения испытания, т. е. находился в пределах допустимых отклонений, что указывает на однородность огневой среды, воздействующей на конструкции, а также на соответствие требованиям [9-10]. Полученные результаты испытаний возможно сопоставлять с результатами других авторов, проводивших испытания с соблюдением стандартного температурного режима, а также оценивать огнестойкость экспериментальных образцов в соответствии с требованиями ТНПА Республики Беларусь и требованиями европейских стандартов.

В ходе проведения испытаний установлено, что для предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном, влажность которых составляла 0,9–1,1 %, при огневом воздействии характерно сильное хрупкое разрушение в сжатой зоне конструкции. При оценке хрупкого разрушения конструкций рассмотрены три подхода: оценка весовой влажности, критерия хрупкого разрушения, величины напряжения сжатия в бетоне. Стоит отметить, что для железобетонных предварительно напряженных конструкций оценка весовой влажности и критерий хрупкого разрушения, который в данном случае составил 5,1, носят поверхностный характер и не отражают результатов совокупности явлений, которые происходят в бетоне при огневом воздействии. Аналогичные результаты

были получены Д.А. Литвиновским, при исследовании феномена хрупкого разрушения высокопрочных бетонов. Следовательно, при оценке хрупкого разрушения в исследуемых конструкциях необходимо учитывать сжимающие напряжения, вызванные обжатием бетона арматурой и предусматривать дополнительное конструктивное армирование при наличии напряжения сжатия в бетоне $\sigma_{сж}$.

При определении расчетным методом предела огнестойкости конструкций, допускается выполнять расчет на сопротивление изгибающему моменту от внешней нагрузки только для среднего расчетного сечения, так схема разрушения экспериментальных образцов, а именно разрушение в середине пролета плиты, соответствовала стандартной схеме разрушения предварительно напряженных плит со сцеплением арматуры с бетоном, опертым по двум противоположным сторонам, при одностороннем прогреве.

Результаты натурных огневых испытаний конструкций позволили получить зависимости температуры на обогреваемой и необогреваемых поверхностях конструкций, температуру арматуры, прогиб от времени огневого воздействия, при этом скорректирована критическая температура для канатов, заключенных в заводских условиях в пластиковую оболочку, при применении расчетного метода определения огнестойкости железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном. Установлено, что для определения огнестойкости следует принимать критическую температуру 230 °С.

Численное моделирование поведения железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном. С использованием платформы ANSYS Workbench создана расчетная программа, которая позволяет моделировать поведение элементов железобетонных конструкций, находящихся под воздействием стандартного огневого воздействия. Расчетная программа построена на четырех этапах моделирования: построение геометрической модели, построение моделей физических свойств материалов, моделирование процесса, анализ результатов.

Так как продольные размеры арматуры значительно превышают поперечные, канатная арматура смоделирована линейными телами (Line Body). Бетонные элементы выполнены твердотельными трехмерными телами (Solid). В результате получена геометрическая модель железобетонной плиты, представленная на рисунке 1. В рассматриваемых моделях совпадение узлов достигается за счет применения вспомогательных направляющих линий и определением размеров конечных элементов. Разбиение на сетку конечных элементов осуществляется в модулях теплопроводности и прочности независимо друг от друга. При этом для импорта тепловых полей из тепловой задачи в прочностную, сетка конечных элементов создана единичной.

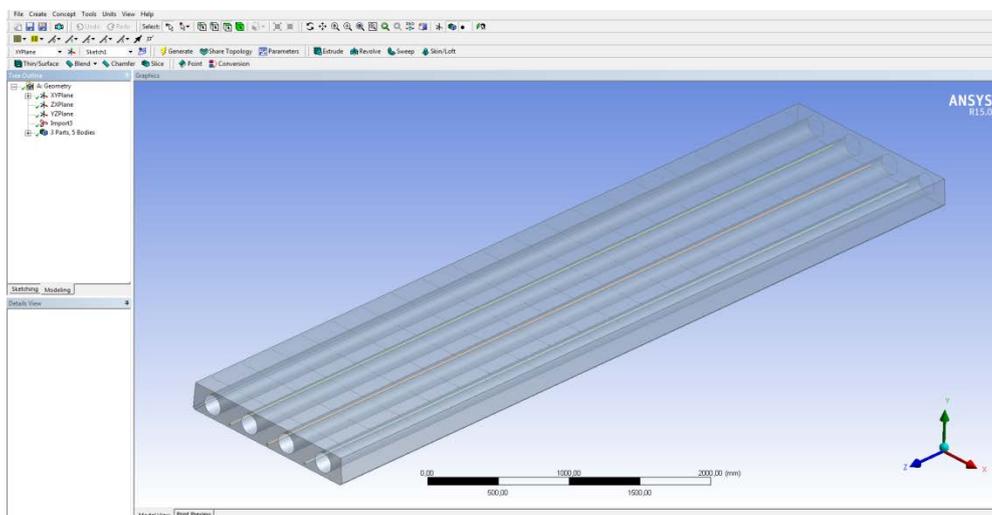


Рисунок 1. – Геометрическая модель плиты

Нагрев плит осуществлялся равномерно по всей длине со стороны нижней поверхности (со стороны армирования), как показано на рисунке 2. Температура этой поверхности соответствует температуре стандартного огневого воздействия. Теплоотдача с необогреваемой поверхности (со стороны внешней нагрузки) осуществляется по формуле:

$$q_e = q_{ке} + q_{ле}, \quad (1)$$

где $q_{ке}$ – тепловой поток за счет конвективного теплообмена, $q_{ле}$ – тепловой поток за счет излучения. Теплообмен по боковым поверхностям плиты не учитывается.

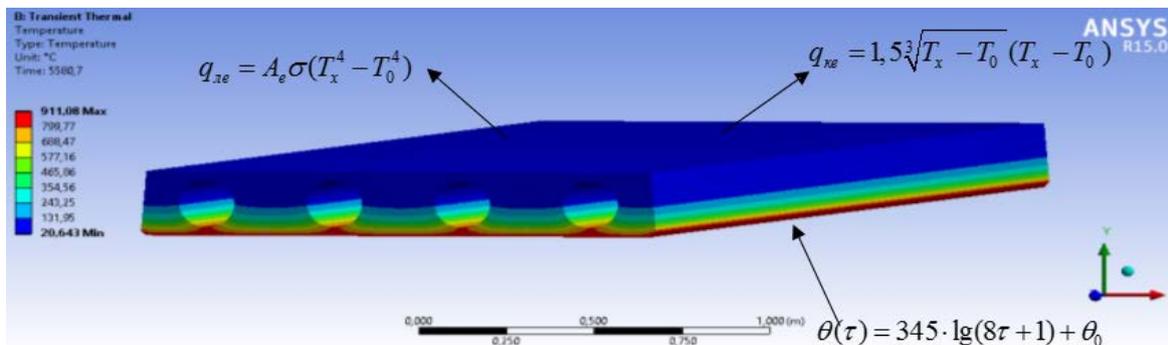
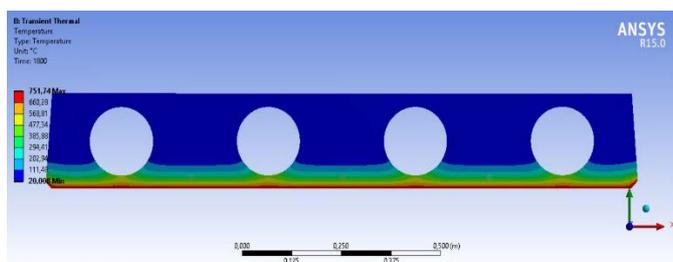


Рисунок 2. – Схема нагрева железобетонной плиты

Решение задачи нестационарной теплопроводности сводилось к определению температуры бетона и арматуры в любой точке поперечного сечения элемента в заданный момент времени. импортуются в модуль прочностных расчетов. Полученные в теплотехническом расчете температурные поля импортировались в прочностной модуль, и производился расчет напряженно-деформированного состояния за весь временной интервал нагрева элементов железобетонных конструкций. В модельной задаче плиту нагревали в течении 90 мин. При этом температура нижней поверхности плиты изменялась согласно стандартному огневому воздействию.

Результаты прогрева плиты на 30 минуте на момент разрушения конструкции представлены на рисунке 3.



а) прогрев плиты на 30 минуте



б) разрушение защитного слоя экспериментальных образцов

Рисунок 3. – Прогрев и разрушение экспериментальных образцов

В прочностном расчете для моделирования поведения бетона применен тип конечного элемента – SOLID65, который используется для 3D моделирования твердых тел с наличием или без армирующих элементов. Данный элемент позволяет учитывать растрескивание материала при растяжении и дробление при сжатии, что позволяет моделировать поведение бетонов под действием нагрузок.

Реализованная математическая модель позволяет учесть запредельное поведение бетона (при напряжениях и деформациях выше критических) с учетом его пластичности и возможных сдвиговых деформаций, что наиболее полно описывает поведение материала при нагружении изгибом с учетом арматуры.

Основные результаты, полученные при численном моделировании:

– проведен анализ компонентов вычислительной среды ANSYS, определены их возможности по учету температурных и силовых воздействий, возникающих в конструкциях при пожаре;

– осуществлен подбор и систематизация экспериментальных данных поведения железобетонных плит при огневом воздействии;

– разработаны параметрические модели железобетонных плит, построены нелинейные модели материалов бетона и арматурной стали, включающие упруго-пластические, температуразависимые диаграммы деформирования, а также трещинообразование в бетоне.

Хорошее согласование результатов моделирования с экспериментальными данными позволяет применять данную модель для оценки огнестойкости железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном.

Заключение. В ходе проведения исследований, получены следующие результаты:

1. Получены экспериментальные данные в ходе проведения огневых испытаний по определению предела огнестойкости железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном на испытательной печи для горизонтальных строительных конструкций. В результате испытаний определено, что для предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном при огневом воздействии характерно сильное хрупкое разрушение в сжатой зоне конструкции, вызванное обжатием бетона арматурой. Установлено, что для исключения хрупкого разрушения необходимо предусматривать дополнительное конструктивное армирование. Предел огнестойкости по потере целостности, несущей и теплоизолирующей способности составил REI 30.

2. Получены зависимости температуры на обогреваемой и необогреваемых поверхностях конструкций, температура арматуры, прогиб от времени огневого воздействия. Для предварительно напряженных железобетонных плит без сцепления арматуры с бетоном экспериментально и расчетным методом определена критическая температура, которая составляет 230 °С.

3. В программном комплексе ANSYS создана модель, позволяющая учесть в расчетах напряжения и деформации бетона выше критических с учетом пластичности и возможных сдвиговых деформаций, что наиболее полно описывает поведение материала при нагружении изгибом с учетом арматуры. Результаты теоретических исследований могут быть использованы при проведении расчетов огнестойкости железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном, так как полученные данные хорошо согласуются с экспериментальными.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТР 2009/013/ВУ. Технический регламент Республики Беларусь. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность. – Введ. 31.12.2009 г. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2015. – 28 с.
2. ТКП 45-2.02-142-2011 Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Система стандартов пожарной безопасности. Пассивная противопожарная защита. Термины и определения: СТБ 11.0.03-95 – Введ. 16.03.95. – Минск: Белстандарт, 1995. – 12 с.
4. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. – М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001 г. – 382 с.
5. ТКП 45-2.02-110-2008 Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости // Полнотекстовая информационно-поисковая система «СтройДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
6. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий [Текст] = Еўракод 2. Праектаванне жалезабетонных канструкцый. Частка 1-1. Агуль-

- ных правил і правил для будынкаў: ТКП EN 1992-1-1-2009. – Введ. 01-01-10. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2015. – 206 с. – (Национальный комплекс технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства).
7. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости [Текст] = Еўракод 2. Праектаванне жалезабетонных канструкцый. Частка 1-2. Агульныя правілы вызначэння вогнеўстойлівасці: ТКП EN 1992-1-2-2009. – Введ. 01-01-10. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 86 с. – (Национальный комплекс технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства).
 8. Полевода, И.И. Результаты испытания на огнестойкость железобетонных предварительно напряженных плит без сцепления арматуры с бетоном / И.И. Полевода, Н.В. Зайнудинова, Н.И. Чайчиц // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 1 (23). – С. 37-44.
 9. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции: ГОСТ 30247.1-94. – Введ. 01.10.98. – Минск: Минсктиппроект, 1998. – 7 с.
 10. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94. – Введ. 01.10.98. – Минск: Минсктиппроект, 1998. – 12 с.

MODELLING OF THE BEHAVIOR OF CONCRETE SLABS WITH UNBONDED REINFORCEMENT IN THE ANSYS PROGRAM COMPLEX

Ivan Palevoda, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Natallia Zainudzinava

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. The article is dedicated to the features of determination of fire resistance of prestressed concrete slab with unbonded reinforcement.

Methods. The fire test of concrete slabs with unbonded reinforcement of fire resistance. Computer modelling of concrete slabs with unbonded reinforcement of fire resistance.

Findings. The fire resistance limit of prestressed concrete slab with unbonded reinforcement and critical temperature for reinforcement are determined. Critical temperature for the reinforcement is defined according to the results of field tests and solving the inverse problem. The calculation of fire resistance of concrete slab with unbonded reinforcement is fulfilled in the ANSYS.

Application field of research. The obtained research data could be used in calculation and design of prestressed concrete slab with unbonded reinforcement.

Conclusions. In the article the model of reinforced concrete slabs with unbonded reinforcement is constructed. The behavior of the model under standard fire exposure is studied. The fire resistance limit of prestressed concrete slab with unbonded reinforcement and critical temperature for reinforcement are determined. The fire resistance of the model is estimated. The simulation results are compared with the experimental data.

Keywords: fire resistance, fire resistance limits, temperature regime, prestressed concrete slab with unbonded reinforcement.

(The date of submitting: October 20, 2017)

REFERENCES

1. Technical Regulations 2009/013/BY. *Buildings and structures, building materials and products. Security.* The full-text information retrieval system «StroyDOKUMENT». Electronic text data and programs (700 Mb). Minsk, RUE «Stroytechnorm», 2007. 1 electronic optical disc (CD-ROM). (rus)
2. Technical Code of Good Practice 45-2.02-142-2011 *Buildings, building designs, materials and products. Rules of fire-technical classification.* The full-text information retrieval system «StroyDOKUMENT». Electronic text data and programs (700 Mb). Minsk, RUE «Stroytechnorm», 2007. 1 electronic optical disc (CD-ROM). (rus)
3. Belarus State Standart 11.0.03-95 *Fire safety standards system. Passive fire protection. Terms and Definitions. Affirmed 16.03.1995.* Minsk: Belstandart, 1995. 12 p. (rus)
4. Roytman V.M. *Inzhenernyye resheniya po otsenke ognestoykosti proektiruemykh i rekonstruiruemykh zdaniy.* Moscow: Assotsiatsiya «Pozharnaya bezopasnost' i nauka», 2001. 382 p.
5. Technical Code of Good Practice 45-2.2.02-110-2008 *Building constructions. Calculation procedures of fire resistance limits.* The full-text information retrieval system «StroyDOKUMENT». Electronic text data and programs (700 Mb). Minsk, RUE «Stroytechnorm», 2007. 1 electronic optical disc (CD-ROM). (rus)
6. Technical Code of Good Practice EN 1992-1-1-2009 *Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for Affirmed 01.01.2010.* Minsk: The Ministry of Architecture and Building, 2015. – 206 p. (rus).
7. Technical Code of Good Practice EN 1992-1-2-2009 *Plain concrete structures.* Affirmed 01.01.2010. Minsk: The Ministry of Architecture and Building, 2010. 86 p. (rus)
8. Polevoda I.I., Zaynudinova N.V., Chaychits N.I. Rezul'taty ispytaniya na ognestoykost' zhelezobetonnnykh predvaritel'no napryazhennykh plit bez stsepleniya armatury s betonom [The results of the fire test concrete slabs with unbonded reinforcement of the fire resistance]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'.* 2016. No. 1 (23). Pp. 37-44. (rus)
9. Interstate Standard 30247.1-94 *Elements of building constructions. Fire resistance tests methods. Load-bearing and separating constructions Affirmed 01.10.1998.* Minsk: Minsktipproekt, 1998. 7 p. (rus)
10. Interstate Standard 30247.0-94 *Building constructions. Fire resistance tests methods. General requirements.* Affirmed 01.10.1998. Minsk: Minsktipproekt, 1998. 12 p. (rus)

УДК 614.841.34:624.016

КОМБИНИРОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА ПО ФАСАДУ ЗДАНИЯ

Фу Джиаджа, доктор

тел. +86-18610101591, fujj0113@163.com

Юан Хонгенг, профессор

тел. +86-18610171088, yuanhongyong@mail.tsinghua.edu.cn

Чен Джиангуо, доцент

тел. +86-13683509336, chenjianguo@mail.tsinghua.edu.cn

Отдел инженерной физики, Институт Исследований Общественной Безопасности,
Университет Цинхуа, Пекин, Китай, 100084

Жанг Джиджан, главный инженер

тел. +86-15120080019, cabrzjy@163.com

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности зданий,
Академия наук по строительству Китая. Бэй Сан Хуан Данг Лу, 30, Пекин, Китай

Предложена комбинация противопожарных козырьков и межоконных стен, позволяющая предотвратить вертикальное распространение пожара через окно по фасаду здания. Моделирование полномасштабного здания с различными сочетаниями противопожарных конструкций и пожарной нагрузки проводилось в программной оболочке «Моделирование Динамики Пожара» (FDS). Показано, что если высота простенка между вышележащим и нижележащим окном, либо длина противопожарного козырька не отвечают требованиям строительных норм в части предотвращения развития пожара, то увеличение огнестойкости остекления обеспечит требуемые параметры пожарной безопасности фасадов. Результаты исследований позволяют произвести техническую оценку мероприятий по предотвращению пожара, а также пересмотреть действующие строительные нормы в области противопожарной защиты Китая.

Ключевые слова: пожар в здании, оконное пламя, фасад здания, противопожарная конструкция, противопожарный козырек, межоконный простенок.

(Поступила в редакцию 28 сентября 2017 года)

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee, Y P, Delichatsios M A, Silcock G W H. Heat fluxes and flame heights in facades from fires in enclosures of varying geometry / Y P. Lee, M A. Delichatsios, G W H. Silcock // Proceedings of the Combustion Institute, 2007. – Vol. 31. – № 2. – P. 2521-2528.
2. Delichatsios, M.A., Mass Pyrolysis rates and Excess Pyrolysate in Fully Developed Enclosure Fires / M.A. Delichatsios, W.H. Silcock, X.Liu, M.M. Delichatsios, Y.P. Lee // Fire Safety Journal, 2004. – Vol. 39. – P. 1-24.
3. Oleszkiewicz, I. Fire exposure to exterior walls and flame spread on combustible cladding / I. Oleszkiewicz // Fire Technology, 1990. – Vol. 26. – P. 357-375.
4. Oleszkiewicz, I. Heat Transfer from a Window Fire Plume to a Building Facade / I. Oleszkiewicz // Collected papers in Heat Transfer, 1989. – HTD-Vol. 123. – Book № H00526.
5. Hu, L., A mathematical model on lateral temperature profile of buoyant window spill plume from a compartment fire. / L. Hu, F. Tang, M A. Delichatsios, K. Lu // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2013. – Vol. 56. – P. 447-453.
6. Lee, Y P. Heat fluxes and flame heights in facades from fires in enclosures of varying geometry. / Y P. Lee, M A Delichatsios, G W H. Silcock // Proceedings of the Combustion Institute, 2007. – Vol. 31. – № 2. – P. 2521-2528.
7. Himoto, K. Modeling thermal behaviors of window flame ejected from a fire compartment. / K. Himoto, T. Tsuchihashi, Y. Tanaka, T. Tanaka // Fire Safety Journal, 2009. – Vol. 44. – P. 230-240.
8. Klopovic, S. Flames venting externally during full scale flashover fires: two sample ventilation cases. / S. Klopovic, F.Turan // Fire Safety Journal, 1998. – Vol. 31. – P. 117-142.

9. Darryl Weinert, Weng Poh. Performance of horizontal projections in vertical separation of opening in external walls-comparison with BCA solutions.
10. Suzuli, T. An experimental study of ejected flames of a high-rise building. / T. Suzuli, A. Sekizawa, T. Yamada, E. Yanai, H. Satoh, H. Kurioka, Y. Kimura // Technical report. National Research Institute of Fire and Disaster, 2001. P. 363-373.
11. John H. Mammoser, Francine Battaglia. A computational study on the use of balconies to reduce flame spread in high-rise apartment fires/ John H. Mammoser, Francine Battaglia // Fire safety journal, 2004. – Vol. 39. – P. 277-296.
12. Zongcun Wang. Research on Strengthening Fire Protection Requirements of Super high-rise Building. Tianjing, China: Master's degree thesis of Architectural Engineering School of Tianjin University, 2013.
13. National standard of People's Republic of China. Code for fire protection design (GB50016). China Planning Press, 2014.
14. National standard of People's Republic of China. Code for residential design (GB 50096-2011). Beijing: China Architecture and Building Press, 2011.
15. Karlsson B, Quintiere J B. Enclosure Fire Dynamics. Florida: CRC Press LLC, 200.
16. Institute of fire protection, Ministry of public security of Shanghai City. Technical regulations for building smoke control and exhaust (DGJ, 08-88). Shanghai building materials market management station, 2006.
17. Babrauskas V. Estimating Room Flashover Potential / V. Babrauskas // Fire Technology, 1980. – Vol. 16. – № 2. – P. 94-103.
18. Qingwen Zhang. Research on Flame Characteristics Ejected from Opening of a Confined Space. Hefei, China. Ph. D. Dissertation, University of Science & Technology China, 2006.
19. Jiajia Fu. Studies on the inhibition mechanism of vertical ejecting fire spread under different building facade fire protection constructions. Beijing, China. Ph. D. Dissertation, China Academy of Building Research, 2016.

THE COMBINATION SCHEME OF FIREPROOF CONSTRUCTION TO INHIBIT THE VERTICAL SPREAD OF BUILDING FACADE OUTFLOW PLUME

Fu J.J., Yuan H.Y., Chen J.G., Zhang J.Y.

Purpose. This paper is devoted to propose the combination scheme of the fire canopy and the wall between the windows to inhibit the vertical spread of building facade outflow plume.

Methods. The full-scale building with the different size of fire protection constructions were simulated by FDS software under various fire sources.

Findings. When the window glass is made of 6mm thick toughened glass and the dimensionless overflow heat release rate $0 < Q_{ex}^* < 1,3$, the effect of the combination scheme in suppressing the vertical spread of outflow plume is the same.

Application field of research. The research results can provide technical support for the assessment of fire prevention, and revise the existing code for building fire protection design in China.

Conclusions. When the height of the wall between the upper and lower window or the length of the fire canopy does not meet the requirements of the code for fire protection design, we can set both at the same time, or improve the window glass fire rating to achieve the building facade fire design requirements.

Keywords: building fire, window outflow plume, building facade, fire protection construction, fire canopy, wall between windows.

(The date of submitting: September 28, 2017)

Introduction. For a fully developed under-ventilated compartment fire, the hot gases and smokes with flame eject from the facade broken window that caused by hot pressing and high temperature radiation. Thus, the special phenomenon of flame ejecting behavior has been formed. The hot gases and smokes with flame spread to upper floors under the effect of buoyancy, and burst the upper floors glass, leading to further spread of the fire to adjacent floors. In this case, the three-dimensional building fire spread is finally developed.

It is very necessary to inhibit the vertical fire spread and avoid the formation of three-dimensional fire, depending on the fireproof construction itself, not only improving the fire-resistant level of the building facade. Under the different combination scheme of fireproof construction, the temperature distribution of combustion chamber and building facade and heat transfer characteristics (such as heat radiation and heat convection, etc.) are different.

Extensive investigations have been addressed on such building facade outflow plume behavior under the restriction of the fire canopy and the wall between windows, on which the characteristic parameters and regulations are focused, including temperature profile [1-2], heat radiation intensity [3-4], heat flux profile [5-6] as well as flame shape and dimensions [7-8]. However, former investigation paid little attention to how to inhibit the outflow plume spreading speed and reduce the danger by using external fireproof construction. For the fireproof construction, the fire canopy located between the upper and lower windows and the wall between windows are an effective way to suppress the outflow plume vertical spread by experimental and simulation test [9-12]. Darryl Weinert [9] conducted a numerical simulation study and found that when the height of wall between windows is 1m, and the length of fire canopy is 0,3 m, 0,6 m and 1 m, the temperature of building facade is reduced 50, 60 and 85 %, respectively than without the fire canopy. An experimental study was done using a 1/7 scale model of seven stories high-rise apartment building by Suzuki [10]. He found that temperature in the fire room with horizontal projection was higher than those without horizontal projection. John H., Mammoser and Francine Battaglia [11] studied the barrier effect of the balcony on overflow plume of building facades by numerical simulation. By comparing with the results of similar experiments, it is shown that the numerical simulation of scaled model can be used to study the characteristics of window overflow plume under the con-

struction of the balcony. Zongcun Wang [12] proposed the fire protection design requirements of the fire canopy and the wall between windows through the real fire simulation experiment and numerical simulation research, but he didn't propose a correspondence between the fire canopy and the wall between windows.

The requirement of the value of the length of the fire canopy and the height of the wall between windows is limited in code for fire protection design of China [13-14], and the combination of them isn't specify allowed to meet the requirement of fire protection. For example, «Residential building codes» (GB 50368-2005) [14] section 9.4.1: the height of the wall between adjacent suite window should not be less than 0,8 m or the length of the fire canopy should not be less than 0,5 m and the fire resistance limit of that should not less than $1,00 h$ and which length should not be less than the width of the window. Therefore, the requirements of the fire canopy and the wall between widows in the codes are too rigid, which is not conducive to large number of practical projects in the promotion and application. In order to provide direct guidance for fire fighters, this paper proposes a permissible combination scheme for the fire canopy and the wall between windows under different fire loads based on the FDS (Fire Dynamics Simulator) numerical simulation.

Simulation information. The simulation model (see Figure 1) was full size residential building with 4 layers and having dimensions 4 m (W) \times 4 m (L) \times 3 m (H) for each room. The wall thickness is 0,2 m. The French windows at the front face were centered of door configuration and have the width size of 2 m, and the height of window varies with the height of the wall between the window. $H + H_m = 4 m$, where H is the height of the window, and H_m is the height of the wall between the windows. The fire canopy extended upper each window. According to the research of John H. Mammoser and Francine Battaglia on the geometrical shape of the balcony [11], the best effect to restrain the vertical spread of window outflow plume is the balcony without brick retraining walls and with open on both sides. For accurate calculation, the mesh size of the fire chamber and its superstructure is $0,1 m \times 0,1 m \times 0,1 m$, and the other regional grid cell sizes are $0,2 m \times 0,2 m \times 0,2 m$.

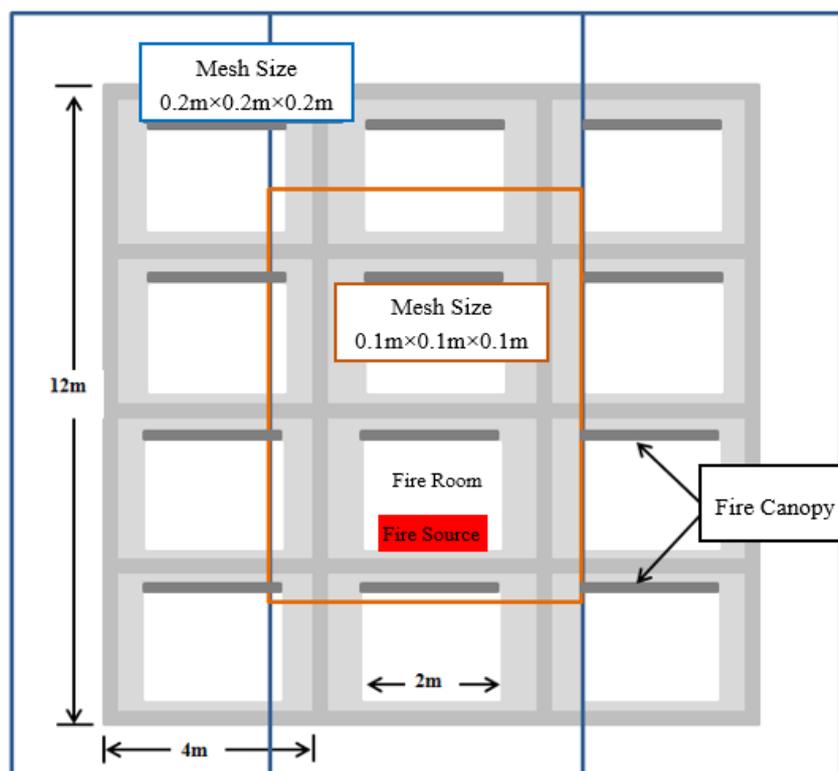


Figure 1. – Outline of model configuration

The fire load of the residential building is proportional to the decoration standard of the building. As the living standard of the residents increases, the fire load of the residential building is increasing. The type of fire growth is described by the unsteady t^2 model [15] commonly used in this model. The heat release of the fully development phase is stable and can be represent by the idealized parabolic equation $Q_c = \alpha t^2$. α : growth factor of fire heat release rate (kW/s^2), which can be divided into four types (slow growth, medium growth, rapid growth and ultra-fast growth). t : burning time after ignition. Q_c : the total heat release rate. In this paper, the growth factor is set 0,04689 ($\alpha = 0,04689$) [15], and the total heat release rate Q_c is set to 6 MW (normal), 10 MW (high fire load) and 20 MW (for the warehouse) according to the standard DGJ 08-88-2006 [16] combined with the actual engineering and research results in China.

In this paper, we use $1500A\sqrt{H}$ to divide the single chamber combustion into fuel control or ventilation control fire [1, 5, 6, 17], where the A represents the area of the window, H is the height of the window. When the total heat release rate of the fire Q_c is less than $1500A\sqrt{H}$ kW, the chamber combustion is fuel-controlled fire. When the total heat release rate Q_c is exceeds $1500A\sqrt{H}$ kW, the replenished air is insufficient to support indoor combustion, and the fire develops to the ventilation control stage, and the overflow heat release rate of the outdoor flame can be expressed as:

$$Q_{ex} = Q_c - Q_{incide} = Q_c - 1500A\sqrt{H}. \quad (1)$$

Fire risk criterion for building facade outflow plume. For non-combustible walls, when a fire occurs in the lower room and a lot of fire and smoke ejecting form the window, the upper building window glass is broken is the key to whether the building fire is further spread. In this paper, the temperature criterion of glass breakage will be used as the criterion for the risk of building facade outflow plume.

The experimental study [18] on the crushing behavior of 4 mm and 6mm float glass and 6mm and 10mm toughened glass under the single room real fire test based on ISO9705 full size experimental platform. It was found that the mean temperature of 4 mm thick float glass was 128,4 °C, and the mean temperature of 6mm thick float glass was about 142,4 °C for the first time breaking. The temperature of the first rupture of 6mm thick toughened glass was about 259 ~ 320 °C and 10 mm thick toughened glass was about 332 ~ 430 °C. Considering a certain safety factor, 120 °C is the critical point of rupture of the float glass, and 250 °C is the critical point of rupture of 6mm thick toughened glass, and 300 °C is the critical point of rupture of 10 mm thick toughened glass respectively.

Results and Discussion. In figure 2 is given the different kinds of isothermal surface of building facade at 250 °C. From the figure, it can be seen that with the increase of heat release rate, the danger area of building higher than 250 °C is increased. When the length of fire canopy is 0,5 m and total heat release rate is 6 MW, the window overflow plume can be effectively suppressed vertical spread. When total heat release rate increases to 10 MW, the window overflow plume partly across the fire canopy, but the temperature of the building facade above the fire canopy is lower than 250 °C. When total heat release rate increases to 20 MW, most of window overflow plume move across the fire canopy and the building facade above the fire canopy is all in the danger zone which can easily ignite the exterior wall and the upper room, that is, this fireproof construction cannot reduce the fire risk of building facade.

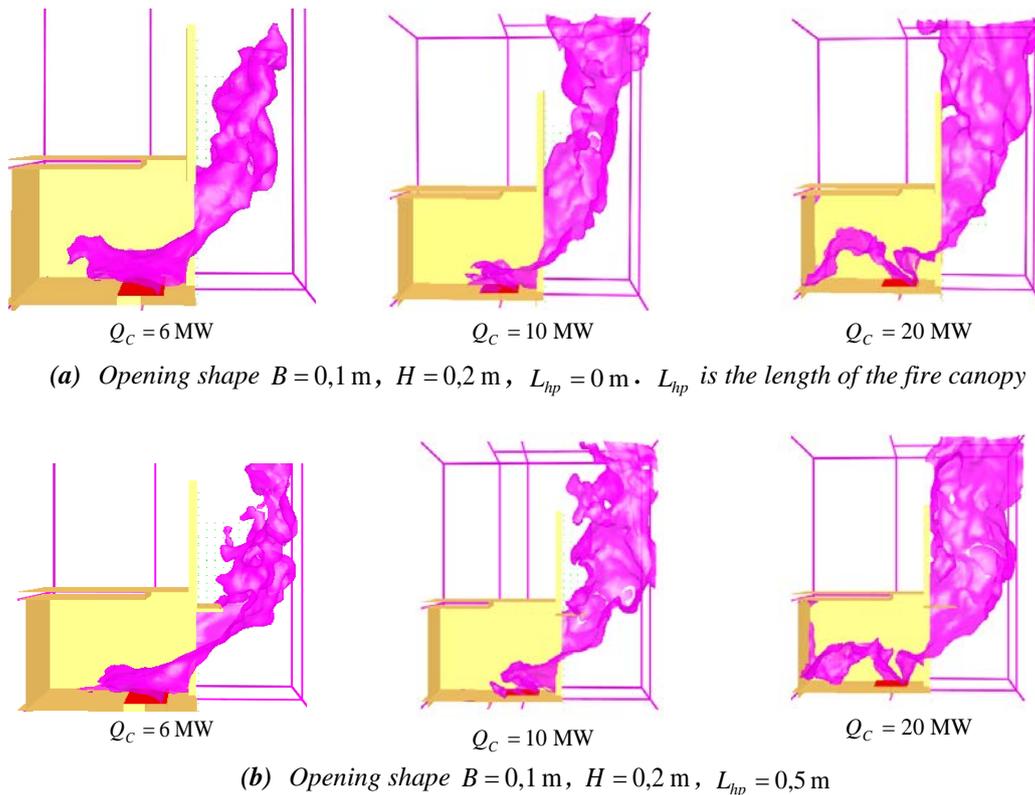


Figure 2. – Isothermal surface at 250 °C

Figure 3 shows the variation of the building facades temperature over time with different height of the wall between windows. It can be seen from the figure, the temperature distribution and the pulse amplitude increase with the increase of the total heat release rate in the room, and the effect of the wall between the windows on restraining the overflow plume vertical spread weaker and weaker. When the heat release rate is 6 MW and the height of the wall between the window greater than 0,6 m, the average temperature of the building facade is less than 100 °C, and the average heat flux is less than 5 kW/m². Under this fire protection construction, if the upper window is set up more than 6mm thickness of toughened glass and the height of the wall between windows is larger than 0,2 m, the toughened glass will not burn out and overflow plume will not ignite the upper room, and if the upper window is set up ordinary float glass and the height of the wall between windows is larger than 0,6 m, the float glass will not burn out. When the heat release at 10 MW, the distance from the combustion chamber window is greater than 1m, the average temperature of the building facade is less than 250 °C. If the upper window is set up more than 6mm thickness of toughened glass, the toughened glass will not burn out. When the heat release at 20 MW, the average temperature of the building facade all more than 350 °C, which exceeded the fire endurance of the 6mm thick toughened glass.

When the height of the wall between windows is fixed at 0,4 m, the fire hazard of the building facade is effectively reduced by the existing fire canopy from the figure 4. When the heat release rate is 6 MW and the length of the fire canopy increases form 0,2 m to 0,6 m, the average temperature of building facade at upper room window is below 100 °C. Under this condition, no matter what the material of the window glass will be taken, this fire protection construction can effectively inhibit the vertical spread of window overflow plume. When the heat release rate is 10MW and the length of the fire canopy is larger than 0,7 m, the average temperature of building facade is below 250 °C. In this case, the 6mm thick toughened glass can be used to protect the upper room. When the heat release rate is 20 MW and the length of the fire canopy is larger than 1 m, the average temperature of building facade at the upper room window is below 300 °C. In his case, the 10 mm thick toughened glass can be used to protect the upper room.

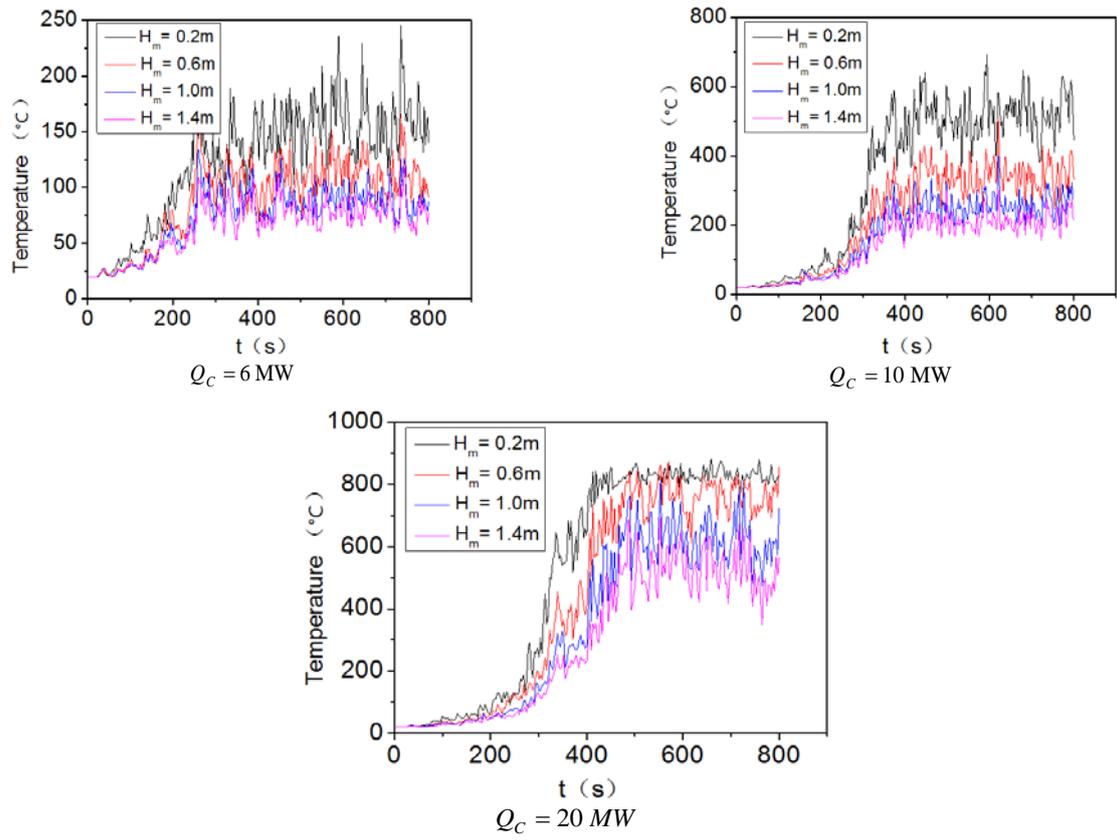


Figure 3. – Temperature curve along the centerline above the upper room window ($L_{hp} = 0 \text{ m}$)

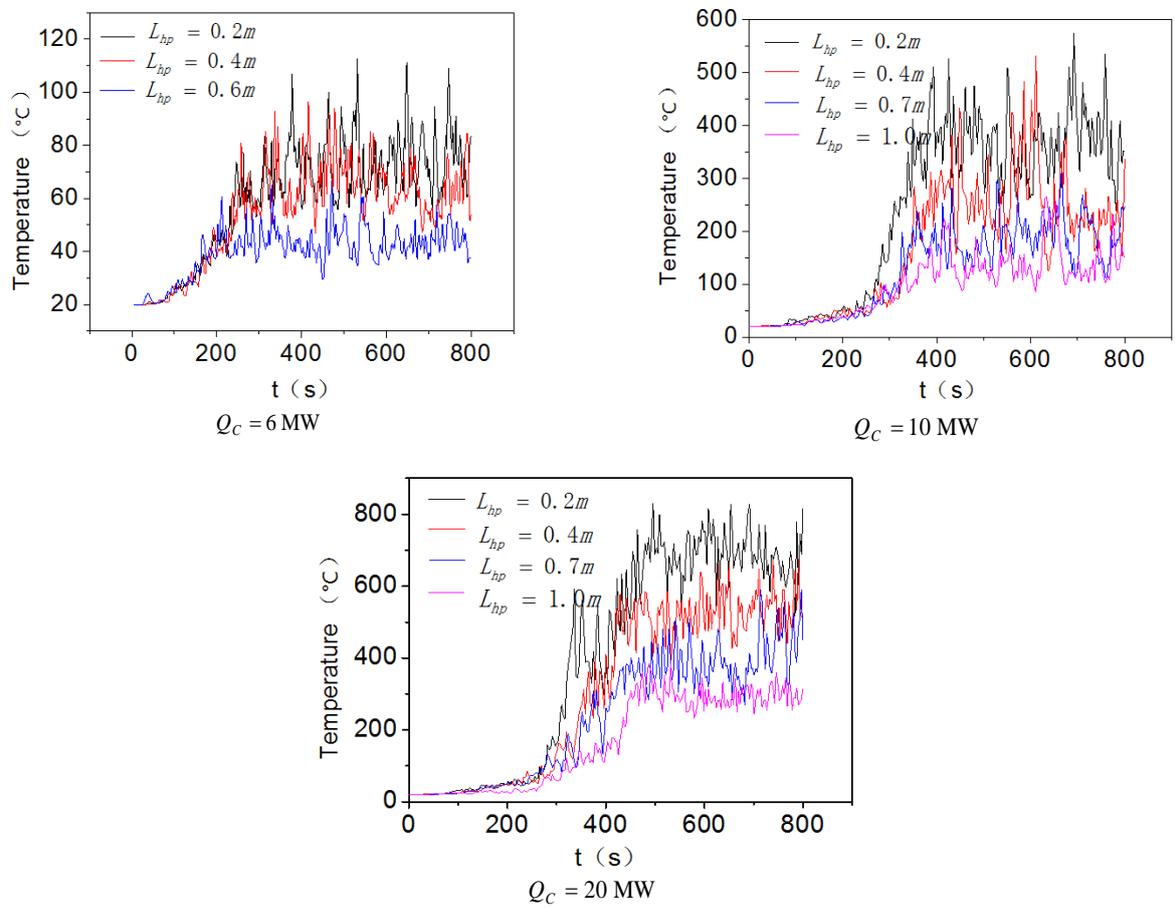


Figure 4. – Temperature curve along the centerline above the upper room window ($H_m = 0,4 \text{ m}$)

In order to provide technical guidance for building designers and fire safety assessment organization, it is necessary to propose the combination plan of the fire canopy and the wall between windows to inhibit the vertical spread of window outflow plume. When the heat release rate of outside the chamber $Q_{ex} < 0$, the fire risk of the building facade is low because the indoor combustion is controlled by fuel and no obvious flame overflows from the window. Therefore, the single chamber combustion is considered only when the heat release rate of outside the chamber $Q_{ex} > 0$ to study the combination plan. At the same time, the fire resistance of building facade is different for various kinds of glass materials, which makes the method of predicting the temperature distribution of the building facade is different.

Lee Yee-Ping [1, 6] presents a dimensionless temperature distribution equation (2) based on the feature length l_1 . This equation can represent the distribution of building facade temperature under free boundary conditions.

$$\Theta = \frac{\Delta T_Z / T_\infty}{(Q_{ex}^*)^{2/3}} \left(\frac{T_Z}{T_\infty} \right)^{-2/3} = function \left(\frac{Z - Z_n}{l_1} \right) \quad (2)$$

$$Q_{ex}^* = \frac{Q_{ex}}{C_p \rho_\infty T_\infty \sqrt{g} l_1^{5/2}} \quad (3)$$

Where: Z is the vertical height, Z_n is the height of the neutral surface, the position of the neutral surface is approximately $0,4 H$ [2]. $\Delta T_z = T_z - T_\infty$, T_z is the temperature value for the height Z . T_∞ is the ambient temperature. Q_{ex}^* is the dimensionless overflow heat release rate. C_p is the constant pressure specific heat capacity, ρ_∞ is the environmental density.

Jiajia Fu et al [19]. proposed the equation of temperature distribution outside the building facade under the restriction of fire canopy. The applicable condition of this equation is that the length of the fire canopy is greater than 0,1 m and the dimensionless overflow heat release rate is greater than 1,3.

$$\frac{T_{L=0} - T}{T_{L=0} - T_\infty} = 0.85 \left(\frac{L_{hp}}{Z - Z_n} \right)^{0,20} \quad (4)$$

Where $T_{L=0}$ is the value of the temperature of building facade without the fire canopy restriction. L_{hp} is the length of the fire canopy.

Therefore, using the formula (1) and (3), we can get the dimensionally heat release rates the dimensionless overflow heat release rate Q_{ex}^* is $-0,39$, $0,27$ and $1,93$, respectively, when the total heat release rate Q_c is 6 MW, 10 MW and 20 MW. That is, when the total heat release rate is 6 MW, the chamber combustion is fuel-controlled fire. When the total heat release rate is 10 MW, the dimensionless overflow heat release rate is less than 1,3 ($Q_{ex}^* < 1,3$), and the formula (4) can't be used to calculate the temperature. When the total heat release rate is 20 MW, the dimensionless overflow heat release rate is larger than 1,3 ($Q_{ex}^* = 1,93 > 1,3$), and the formula (4) can be used to calculate the temperature distribution of building facade.

In figure 5, The red line represents the temperature threshold 250 °C of 6 mm toughened glass broken. Above the red line is a dangerous combination of fire protection scheme, and below the red line is a relatively safe combination of fire prevention scheme.

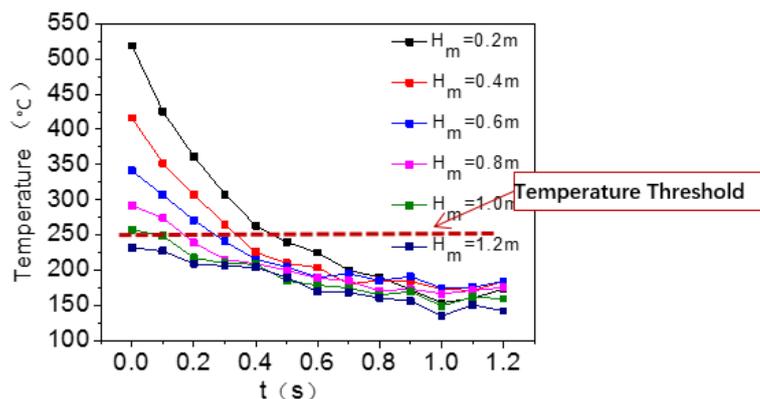


Figure 5. – Temperature distribution of building facade for different fire canopy width and wall height between windows at $0 < Q_{ex}^* < 1,3$

For the combination of 0,2 m wall height between windows and 0,5 m fire canopy width and the combination of 0,4 m window wall height and 0,4 m fire canopy width, the average temperature of upper room window is lower than 250 °C. Therefore, it can obtain the different combination schemes for wall height between windows and fire canopy width, as shown in table 1.

Table 1 The combination of the fire canopy width and the wall height between windows ($0 < Q_{ex}^* < 1,3$)

Fire Canopy Width (m)	Wall Height between Windows (m)
0.0	1.2
0.2	0.8
0.4	0.4
0.6	0.2

Conclusion. When the height of the wall between the upper and lower window or the length of the fire canopy does not meet the requirements of the code for fire protection design, we can set both at the same time, or improve the window glass fire rating to achieve the building facade fire design requirements.

When the window glass is made of 6mm thick toughened glass and the dimensionless overflow heat release rate $0 < Q_{ex}^* < 1,3$, the combination scheme (see in Table 1) of the fire canopy and the wall between the windows can be used to meet the building fire requirements.

REFERENCES

1. Lee Y P, Delichatsios M A, Silcock G W H. Heat fluxes and flame heights in facades from fires in enclosures of varying geometry. *Proceedings of the Combustion Institute*, 2007. Vol. 31. No. 2. Pp. 2521-2528.
2. Delichatsios, M.A., Silcock, W.H., Liu, X., Delichatsios, M.M, and Lee, Y.P. Mass Pyrolysis rates and Excess Pyrolysis in Fully Developed Enclosure Fires. *Fire Safety Journal*, 2004. Vol. 39. Pp. 1-24.
3. Oleszkiewicz I. Fire exposure to exterior walls and flame spread on combustible cladding. *Fire Technology*, 1990. Vol. 26. Pp. 357-375.
4. Oleszkiewicz I. Heat transfer from a window fire plume to a building facade *Collected papers in Heat Transfer*, 1989. HTD. Vol. 123. Book No. H00526.
5. Hu L, Tang F, Delichatsios M A, Lu K. A mathematical model on lateral temperature profile of buoyant window spill plume from a compartment fire. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2013. Vol. 56. Pp. 447-453.
6. Lee Y P, Delichatsios M A, Silcock G W H. Heat fluxes and flame heights in facades from fires in enclosures of varying geometry. *Proceedings of the Combustion Institute*, 2007. Vol. 31. No. 2. Pp. 2521-2528.
7. Himoto K, Tsuchihashi T, Tanaka Y, Tanaka T. Modeling thermal behaviors of window flame ejected from a fire compartment. *Fire Safety Journal*, 2009. Vol. 44. Pp. 230-240.
8. Klopovic S, Turan F. Flames venting externally during full scale flashover fires: two sample ventilation cases. *Fire Safety Journal*, 1998. Vol. 31. Pp. 117-142.

9. Darryl Weinert, Weng Poh. Performance of horizontal projections in vertical separation of opening in external walls-comparison with BCA solutions.
10. Suzuli, T., Sekizawa, A., Yamada, T., Yanai, E., Satoh, H., Kurioka, H., Kimura, Y. *An experimental study of ejected flames of a high-rise building*. Technical report. National Research Institute of Fire and Disaster, 2001. Pp. 363-373.
11. John H. Mammoser, Francine Battaglia. A computational study on the use of balconies to reduce flame spread in high-rise apartment fires. *Fire safety journal*, 2004. Vol. 39. Pp. 277-296.
12. Zongcun Wang. *Research on Strengthening Fire Protection Requirements of Super high-rise Building*. Tianjing, China: Master's degree thesis of Architectural Engineering School of Tianjin University, 2013.
13. National standard of People's Republic of China. *Code for fire protection design (GB50016)*. China Planning Press, 2014.
14. National standard of People's Republic of China. *Code for residential design (GB 50096-2011)*. Beijing: China Architecture and Building Press, 2011.
15. Karlsson B, Quintiere J B. Enclosure Fire Dynamics. Florida: *CRC Press LLC*, 200.
16. Institute of fire protection, Ministry of public security of Shanghai City. *Technical regulations for building smoke control and exhaust (DGJ, 08-88)*. Shanghai building materials market management station, 2006.
17. Babrauskas V. Estimating Room Flashover Potential. *Fire Technology*, 1980. Vol. 16. No. 2. Pp. 94-103.
18. Qingwen Zhang. *Research on flame characteristics ejected from opening of a confined space*. Hefei, China. Ph. D. Dissertation, University of Science & Technology China, 2006.
19. Jiajia Fu. *Studies on the inhibition mechanism of vertical ejecting fire spread under different building facade fire protection constructions*. Beijing, China. Ph. D. Dissertation, China Academy of Building Research, 2016.

УДК 614.841.125:69.036.1:692.49

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ НАЛИЧИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРОЕМОВ В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

Иваницкий А.Г., Барсукова А.В.

Проведен анализ литературных источников по вопросу влияния горизонтальных проемов в горящем помещении на параметры пожара. Показаны ограничения по использованию ранее полученных результатов исследований при моделировании пожаров. Для предварительной оценки влияния горизонтальных проемов на температурный режим пожара в помещении проведено моделирование горения древесины в административном помещении для случая наличия только вертикального дверного проема и для присутствия дополнительных горизонтальных световых проемов. По результатам моделирования установлено существенное влияние горизонтальных проемов на температурный режим пожара в помещении и отсутствие методик, позволяющих в достаточной мере оценить влияние проемов в горизонтальных ограждающих конструкциях на интегральные теплотехнические параметры объемного свободно развивающегося пожара в помещении. Предложена доработка алгоритма расчета, использованного при разработке методики СТБ 11.05.03.

Ключевые слова: расчет, температурный режим пожара, интегральная модель, горизонтальный проем, алгоритм.

(Поступила в редакцию 6 сентября 2017 г.)

Все здания и помещения должны отвечать существенным (базовым) требованиям безопасности, которые являются обязательными для применения при проектировании и строительстве зданий и сооружений: обеспечение устойчивости зданий и сооружений; пожарной безопасности; безопасности при эксплуатации [1]. В современном мире в условиях совершенствования технологий строительства зданий и сооружений, повышения требований к организации их внутреннего пространства все большее внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности.

В помещениях (торговые, логистические комплексы, здания с атриумами, производственные, складские и другие помещения) в случаях, предусмотренных нормативными документами, в горизонтальных или наклонных ограждающих конструкциях часто устраивается верхнее естественное освещение, а также проемы, используемые для целей дымоудаления в начальной стадии развития пожара (рисунок 1).

При принудительном открывании, или разрушении заполнения указанных проемов вследствие воздействия высокой температуры для определения параметров газовой среды внутри помещения необходимо учитывать теплообмен с окружающей средой и через эти проемы. Особенно заметно влияние проемов в горизонтальных ограждающих конструкциях на параметры пожара будет проявляться в помещениях при отсутствии вертикальных оконных проемов.

Переход к гибкому противопожарному нормированию, когда проектные решения обосновываются и применяются во взаимосвязи друг с другом, в том числе с использованием расчетных методов, обусловил необходимость разработки инструментов оценки технической эффективности принятых решений в области пожарной безопасности. Для этого используют критерии выполнения системами пожарной безопасности задач по обеспечению безопасности людей и материальных ценностей. При этом чаще всего решаются вопросы обеспечения огнестойкости строительных конструкций при пожаре и обеспечения безопасной эвакуации людей, в которых основными опасными факторами пожара являются параметры газовой среды в помещении (температура, концентрация продуктов горения и т. п.).



а) футбольный манеж



б) производственное помещение деревообрабатывающего предприятия [2]



в) жилой дом с мансардными окнами

Рисунок 1. – Примеры зданий с проемами в горизонтальных (наклонных) ограждающих конструкциях

Необходимое время эвакуации людей и фактическая огнестойкость строительных конструкций определяются динамикой нарастания во времени и пространстве упомянутых опасных факторов пожара. В инженерных расчетах чаще всего используется подход с использованием интегральной модели пожара, когда условно принимается равномерное распределение усредненных по объему параметров газовой среды в помещении. При определении интегральных характеристик состояния газовой среды в помещении основными параметрами, определяющими динамику изменения одного из основных опасных факторов пожара - температуры, являются характеристики пожарной нагрузки и ее размещения в помещении, геометрия (площадь и высота) помещения, размеры проемов в вертикальных ограждающих конструкциях, характеристик ограждающих конструкций. В основу методики расчета [3] вошли положения [4–6], разработанные в результате решения системы уравнений, описывающих закон сохранения энергии и массы газов.

В [7] приведена методика расчета параметрического температурного режима для помещений без проемов в покрытии с площадью пола до 500 м² и максимальной высотой до 4 м, при этом основными параметрами, влияющими на температуру обозначены: расчетная удельная пожарная нагрузка, теплотехнические характеристики и размеры ограждающих конструкций, площадь и геометрия проемов.

Анализ методик расчета показал, что в рекомендациях и нормативных документах отсутствуют сведения о том, как учитываются при расчете имеющиеся проемы в горизон-

тальных ограждающих конструкциях, кроме этого в поясняющих методики примерах и научных публикациях приводятся результаты расчета для моделей помещений без горизонтальных проемов [8–10].

Отсутствие информации в нормативных документах и разное толкование их требований привели к тому, что в настоящее время при расчете температурного режима пожара в помещениях зданий на территории Республики Беларусь не требуется учитывать наличие проемов в горизонтальных ограждающих конструкциях, что не отражает реальных условий теплообмена на внутреннем пожаре [9].

С учетом изложенного, оценка влияния проемов в горизонтальных ограждающих конструкциях на интегральные теплотехнические параметры объемного свободно развивающегося пожара в помещении с последующей разработкой соответствующей инженерной методики расчета является актуальной научной и технической задачей.

Анализ литературных источников показал, что исследование влияния проемов в горизонтальных ограждающих конструкциях на температуру пожара проводилось для сочетания «прямоугольный дверной проем – проем в покрытии круглой формы» для разных размеров проемов, но при их стационарном относительном расположении и варианта локального пожара реализованного в виде поддона с жидким топливом, что не соответствует используемым подходам, при которых пожарная нагрузка приводится к наиболее распространенной – древесине.

В случае, когда в помещении присутствуют вертикальный и горизонтальный проемы, математическая модель движения потока через вертикальный проем расширена для учета дополнительного горизонтального проема. Предложено уравнение для определения расхода истекающих газов через горизонтальный проем [11]:

$$\dot{m}_{out,roof} = C_{d,roof} \cdot \rho_g \cdot A_{v,roof} \cdot \sqrt{2g \left(\frac{\rho_0}{\rho_g} - 1 \right)} \cdot (H_c - Z_n)^{0,5}, \quad (1)$$

где $\dot{m}_{out,roof}$ – массовый расход газа через горизонтальный проем;

$C_{d,roof}$ – коэффициент расхода газа через горизонтальный проем;

ρ_g – плотность продуктов горения;

$A_{v,roof}$ – площадь горизонтального проема;

ρ_0 – плотность воздуха окружающей среды

H_c – высота помещения;

Z_n – высота нейтральной зоны;

По результатам экспериментов [11] установлено, что увеличение площади горизонтального проема увеличивает расход исходящего потока через него; и как следствие увеличивается расход потока, поступающего в помещение воздуха. Это приводит к увеличению высоты ПРД и снижает количество нагретых газов выбрасываемых через вертикальный проем. Такие явления хорошо описываются моделью движения потоков через горизонтальный и вертикальный проем, хорошо согласующейся с результатами эксперимента. Получены упрощенные уравнения расчета расхода через горизонтальный и вертикальный проем. Экспериментально исследован механизм возникновения периодических пульсаций пламени, через горизонтальный и вертикальный проем. Разработана компьютерная программа расчета CFIRE. Однако в программе не учитывается возможность двунаправленного движения потока через горизонтальный проем [11].

Также проводились исследования по влиянию размеров очага пожара и проема квадратной формы в горизонтальной ограждающей конструкции на температуру пожара в помещении [12]. Однако в этих исследованиях отсутствовали проемы в вертикальных ограждающих конструкциях и положение проема не изменялось.

Результаты проведенных ранее экспериментов [13] показали, что для случая размещения локального очага пожара в дальней части помещения торгового центра, когда продукты горения распространялись через зону расположения торговых точек в объем пассажа и далее наружу через открытый проем в вертикальной ограждающей конструкции или через вертикальную шахту дымоудаления, в начальной стадии пожара наблюдалось снижение температуры газовой среды на 15-80 °С при горении 31 л керосина и на 25-30 °С при горении 22 кг древесины.

В [14] указано, что, в отличие от истечения жидкостей через отверстия или проемы в вертикальных конструкциях, проведено очень мало исследований течения через проемы в горизонтальных или наклонных поверхностях. Предложено уравнение для определения скорости восходящего потока газа:

$$v_H = \left[\frac{2}{\rho_H} (g \cdot h \cdot \Delta\rho + \Delta p) \right]^{0.5}, \quad (2)$$

где $\Delta\rho = \rho_C - \rho_H$ – разность плотности газовой среды на верхней и нижней сторонах проема;

$\Delta p_C = p_H - p_C$ – разность давления газовой среды на нижней и верхней сторонах проема;

h – расстояние по вертикали от нижней плоскости проема до места наибольшего сжатия истекающей струи (примерно равно диаметру отверстия D).

При однонаправленном течении вниз скорость равна [14]:

$$v_H = - \left[\frac{2}{\rho_C} (g \cdot h \cdot \Delta\rho - \Delta p) \right]^{0.5}. \quad (3)$$

Для отношения плотности пожарной нагрузки 4 к 1 и горизонтального отверстия диаметром $D = 1$ м величина подъемной силы составляет 8,6 Па, скорость истечения 4 м/с, около 16 % скорости индуцируется разностью плотностей газов в горящем помещении, остальная часть – вытеснением.

При скорости потока близкой к нулю поверхность равных давлений раздела между горячим (снизу) и холодным (сверху) газом становится плоской и неустойчивой. Однонаправленное движение потока превращается в одновременное движение в двух направлениях, изменяющееся во времени и пространстве. В настоящее время отсутствуют методики достоверного определения величины h [14].

Известно только несколько количественных исследований истечения продуктов горения через горизонтальные проемы, в которых адекватно измерены давление и характеристики потока [15, 16]. Указанные исследования проведены для небольших (диаметр не более 5 см) отверстий, к которым присоединялись короткие трубопроводы. Отверстия в горизонтальных конструкциях обычно неправильной формы с отношением длина/диаметр приведенного отверстия не более 0,13.

Также проведены исследования [17-19] для помещений с отверстием в покрытии и расположением очага пожара под отверстием и у стены. В результате были получены данные о пожаре, которые неприменимы для использования в других случаях по причине отсутствия измерений давления и скорости потока.

Epstein (Эпштейн) и Kenton (Кентон) измеряли переход среды из нижней в верхнюю камеру с использованием жидкости в нижней камере и рассола (отношение плотностей не более 1,1) – в верхней. Было установлено, что в диапазоне $-0,045 \leq \Delta p / (\Delta\rho \cdot g \cdot D) \leq 0,045$ происходит движение потока в двух направлениях. В указанном диапазоне принята линейная зависимость. Результирующее значение расход q_m составит [15]:

при $\Delta p > 0,045 \cdot \Delta\rho \cdot g \cdot D$:

$$q_m = c \cdot D \cdot [2 \cdot \rho_H \cdot (\Delta\rho \cdot g \cdot D + \Delta p)]^{0.5}; \quad (4)$$

при $-0,045 \leq \Delta p / (\Delta\rho \cdot g \cdot D) \leq 0,045$ (двунаправленное движение потока):

$$q_{mU} = c \cdot D \cdot \sqrt{23,22 \cdot \rho_H \cdot (0,045 \cdot \Delta\rho \cdot g \cdot D + \Delta p)}; \quad (5)$$

$$q_{mD} = -c \cdot D \cdot \sqrt{23,22 \cdot \rho_C \cdot (0,045 \cdot \Delta\rho \cdot g \cdot D - \Delta p)}; \quad (6)$$

при $\Delta p < -0,045 \cdot \Delta\rho \cdot g \cdot D$:

$$q_m = -c \cdot D \cdot [2 \cdot \rho_C \cdot (\Delta\rho \cdot g \cdot D - \Delta p)]^{0,5}. \quad (7)$$

Уравнения описывают положительный восходящий поток через горизонтальный проем для всего диапазона давлений истечения.

В [20] указано, что в условиях наличия одного проема возрастает нестабильность направления движения потоков через проем, зависящее от отношения h/D высоты (толщины) проема и его диаметра.

При очень малой толщине проема давление на обеих сторонах проема практически одинаковое и устанавливается колебательный режим разнонаправленного движения потоков. На основе результатов исследований Эпштейн установил следующую эмпирическую зависимость для определения расхода воздуха через проем во всем диапазоне h/D для температуры внутри помещения T_i и снаружи T_u :

$$q = 0,055 \cdot \sqrt{D^5 \cdot g \left(\frac{T_i - T_u}{T_i} \right)} \frac{\left(1 + 400 \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^3 \right)^{1/6}}{\left(1 + 0,00527 \cdot \left(1 + 400 \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^3 \right)^{1/2} \cdot \left[\left(\frac{h}{D} \right)^6 + 117 \cdot \left(\frac{h}{D} \right)^2 \right]^{3/4} \right)^{1/3}}. \quad (8)$$

Указанная зависимость была подтверждена на масштабных моделях Conover (Коновером) в 1995 году, а также Sandberg (Сандбергом) и Blomqvist (Блумквистом) в 2002 году, которые установили значения коэффициента от 0,035 до 0,047. Однако, в ряде полномасштабных экспериментов с воздухом, проведенных Влай (Блэй) и др. в 1998 году и Kohal (Кохалом) в 1994 году измеренные значения расхода воздуха для значений $h/A^{0,5}$ в диапазоне 0,4 и 1,4 были в 2-3 раза больше, чем рассчитанные по уравнению.

Ли (Ли) и другие исследователи в 2004, 2005 годах изучали параметры естественной вентиляции через горизонтальные проемы, расположенные с одной стороны, в полноразмерной лабораторной модели. Измерения проводились для отношения h/D от 0,115 до 4,455. Измеренные безразмерные расходы воздуха сравнивались с расчетными по уравнениям. В результате были получены уточненные зависимости, отличие которых от полученной Эпштейном представлено на рисунке 2.



Рисунок 2. – Измеренный безразмерный расход воздуха как функция h/D [20]

Также была предложена формула для определения разности давлений у горизонтального проема [20]:

$$\Delta P_T = \rho_u g \frac{T_i - T_u}{T_i} (H_T - H_0), \quad (9)$$

где ρ_u – плотность газа выше горизонтального проема;
 H_T – высота расположения горизонтального проема;
 H_0 – высота нейтральной зоны;

Однако результаты расчета по полученным экспериментальным низкотемпературным данным дали значения разности давлений порядка тысячных паскаля, что создает трудности по измерению указанных величин и вызывает сомнение в применимости указанной формулы для описания разности давлений при пожаре [20].

Теория Соорер (Купера) [21] не рассматривает влияние эффекта подъемной силы на вертикальный поток и была разработана до того, как Эпштейн получил данные исследования.

Для отверстий в горизонтальных конструкциях точность расчета неизвестна. Приведенные уравнения воспроизводят водно-рассольные эксперименты для малых отверстий, при этом погрешность эксперимента составляла около 10 %. Однако для реальных пожаров, ошибки, возможно, будут гораздо больше, вследствие неправильной и полностью неизвестной геометрии отверстия при, например, прогаре. Кроме этого, при расположении очага непосредственно под отверстием вертикальная скорость продуктов горения будет значительна.

Для более точного описания необходимы результаты полномасштабных экспериментов, определяющие влияние кругового перемещения газов при пожаре, большой разброс плотностей и большие значения чисел Рейнольдса [14].

В работе [22] представлены результаты экспериментального и численного исследования газообмена при наличии одного горизонтального и одного вертикального проема.

Визуализация процесса движения дыма при экспериментальных исследованиях [22] показала, что поток поступающего в помещение воздуха случаен, нестабилен и сложен. Скорость воздуха изменяется со временем по разным частям горизонтального проема. В этом случае, нестабильность и случайность двунаправленного движения происходит при большой площади горизонтального проема, и наблюдается относительно стабильно однонаправленное движение в небольшом вертикальном проеме.

При близкой площади горизонтального и вертикального проема происходит однонаправленное движение, как в вертикальном, так и в горизонтальном проеме. Было предложено три варианта сочетания движения потоков через горизонтальный и вертикальный проем, однако среди предложенных моделей не рассмотрен вариант двунаправленного движения потоков, как в горизонтальном, так и в вертикальном проеме.

Для исследованной модели установлено, что критические точки перехода между режимами движения расположены в областях отношения площади горизонтального проема к площади вертикального $0,25 < A_T/A_B < 0,33$ и $4,94 < A_T/A_B < 5,76$. Указано что в проведенных исследованиях преобладающим механизмом вентиляции является вытеснение. Однако в условиях пожара возникает интенсивное перемешивание слоев газа вследствие наличия турбулентности из-за присутствия нестабильного источника тепла – пламени, что также налагает ограничения по использованию полученных результатов при моделировании пожаров.

В [20] предложена формула для определения высоты нейтральной зоны:

$$H_0 = \frac{A_T^2 \cdot H_T + A_B^2 \cdot H_B}{A_T^2 + A_B^2}, \quad (10)$$

где H_0 – высота нейтральной зоны;
 H_T – высота расположения горизонтального проема;
 H_B – высота вертикального проема.

По результатам измерения расхода воздуха при температурно инициированном газообмене через два проема в диапазоне A_T/A_B от 0,11 до 25 получена уточненная эмпирическая формула для расчета расхода, установлена хорошая сходимость по результатам моделирования.

Следует отметить, что экспериментальные исследования [22] проводились при разнице температур 6,7; 8,9; 11,7 °С, а при пожарах разность температур между газовой средой внутри помещения и окружающей средой будет составлять сотни градусов, следовательно, прямое использование полученных результатов [22] для описания температурного режима пожара без проведения дополнительных исследований невозможно.

Для предварительной оценки влияния наличия горизонтальных проемов на температурный режим пожара в помещении рассмотрим результаты моделирования с использованием FDS для административного помещения размером 8,5×9,3 м высотой 4,3 м. В помещении имеется один вертикальный дверной проем размером 1,0×2,1 м и два горизонтальных световых проема размером 1,5×1,5 м каждый. Помещение не оборудовано техническими средствами противопожарной защиты. Моделирование производилось для равномерно распределенной пожарной нагрузки, представленной сосновой древесиной (828 МДж/м²). Скорость распространения пламени по поверхности пожарной нагрузки принята равной 0,02 м/с, удельная массовая скорость выгорания – 0,0185 кг·м⁻²·с⁻¹ [23]. Возгорание моделировалось в геометрическом центре пола помещения.

Анализ результатов (рисунок 3, 4) показывает практически идентичный начальный участок роста интенсивности тепловыделения, а соответственно и среднеобъемной температуры.

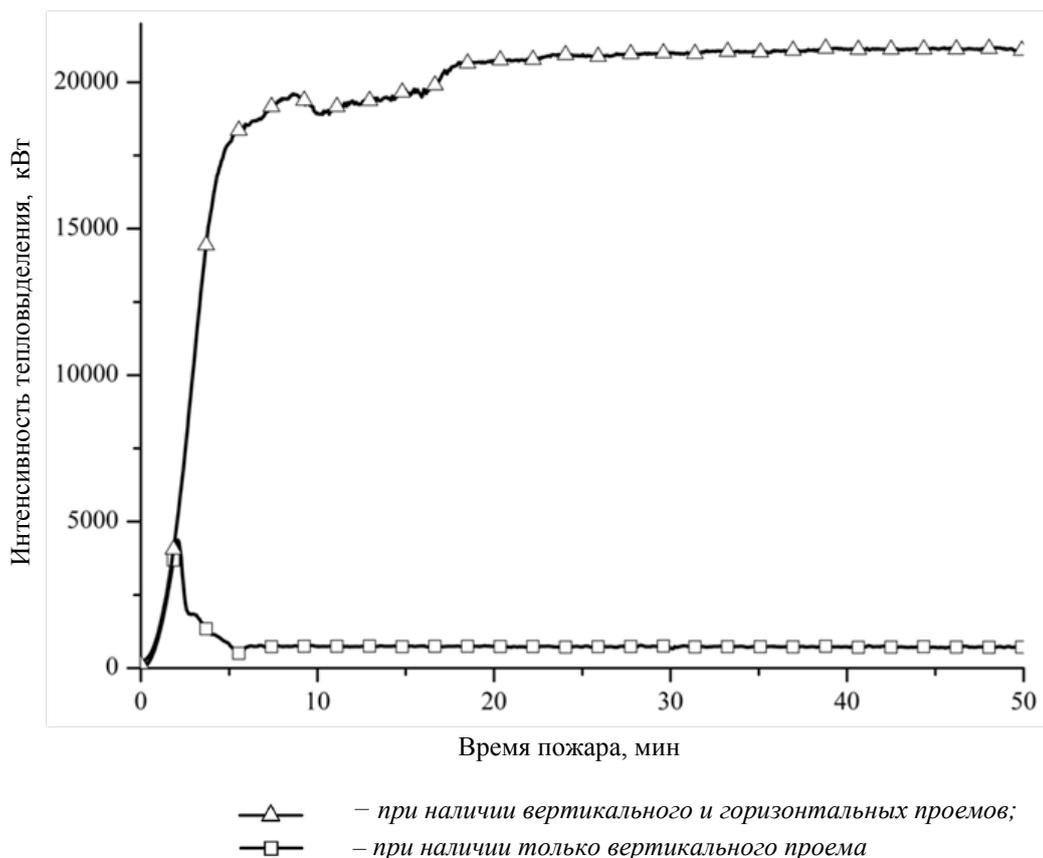
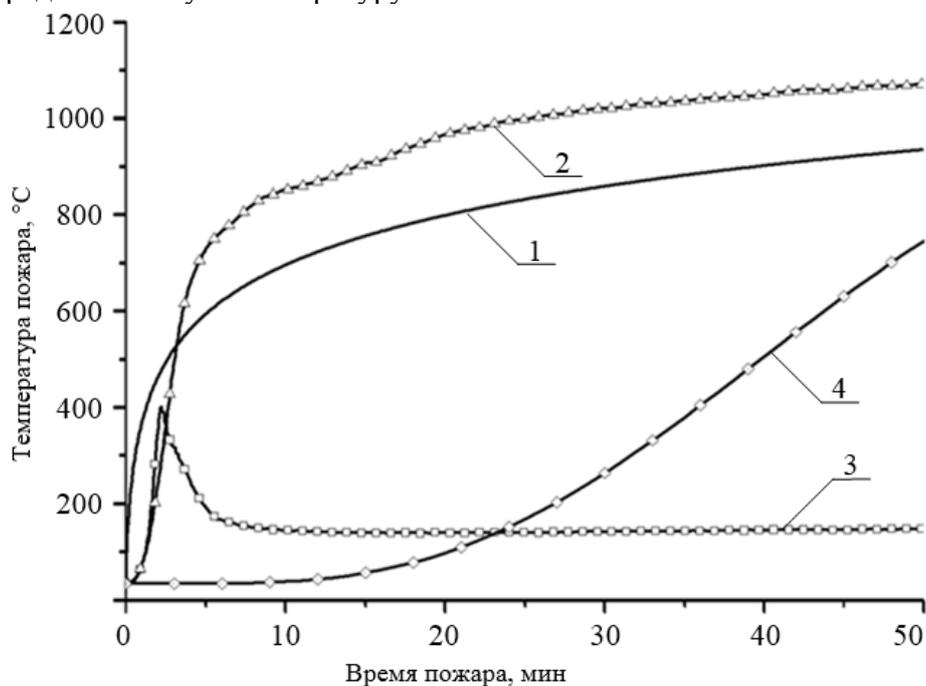


Рисунок 3. – Изменение интенсивности тепловыделения моделируемого с использованием FDS пожара в административном помещении для разного сочетания проемов

Этот начальный участок соответствует распространению горения по площади пожарной нагрузки, которое происходит при избытке кислорода воздуха без существенного газообмена со средой за пределами помещения. Далее начинает устанавливаться газообмен

с окружающей средой за пределами горящего помещения. При этом при наличии только вертикального проема горение переходит в стадию, характеризующуюся недостатком кислорода воздуха по причине двунаправленного движения в проеме и интенсивность тепловыделения (среднеобъемная температура) начинает снижаться. В случае наличия горизонтальных проемов вертикальный проем работает преимущественно на приток, а горизонтальные – на удаление продуктов горения, обеспечивая достаточный приток воздуха в зону горения и, как следствие, практически максимальную интенсивность выгорания пожарной нагрузки и среднеобъемную температуру.



1 – «стандартный» пожар; 2 – результаты моделирования с использованием FDS при наличии вертикального и горизонтальных проемов; 3 – результаты моделирования с использованием FDS при наличии только вертикального проема; 4 – результаты расчета по [3] при наличии только вертикального проема

Рисунок 4. – Изменение температуры моделируемого пожара в административном помещении для разного сочетания проемов

При этом, сравнивая результаты расчета по средним значениям с использованием формулы (2), установлено, что средняя скорость по результатам моделирования в горизонтальном проеме равна 10,99 м/с, что составило 125 % от расчетной по формуле (2). Расчетная высота нейтральной зоны по формуле (10) составила 3,9 м, по результатам моделирования (рисунок 5) – около 2-2,5 м (на уровне верхнего края вертикального проема), что свидетельствует о необходимости дополнительного изучения условий применения формулы (10) при инженерной оценке параметров пожара.

Анализ результатов моделирования с использованием FDS (рисунок 4), показывает существенное влияние горизонтальных проемов на температурный режим пожара в помещении, что связано с условиями воздухообмена в помещении. При этом использование результатов ранее проведенных исследований (формулы (1)-(9)) напрямую для определения среднеобъемной температуры при пожаре проблематично по причине того, что в них входят величины, зависящие от температуры. Ручной пошаговый расчет нестационарных процессов тепло- и массообмена с учетом наличия горизонтальных проемов при проектировании и оценке огнестойкости строительных конструкций при пожаре характеризуется огромной трудоемкостью. Результат использования программных средств полевого моделирования пожаров также сильно зависит от квалификации пользователя, вычислительных мощностей, принятой точности сетки, допущений и упрощений модели.

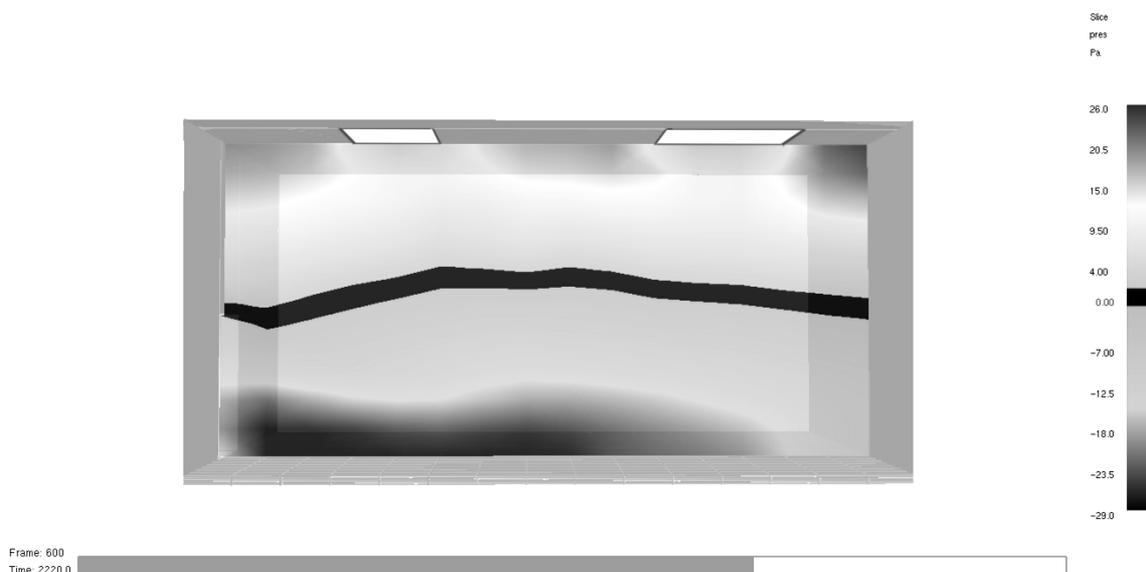


Рисунок 5. – Положение плоскости равных давлений моделируемого пожара в административном помещении с наличием горизонтальных проемов на 37 минуте горения

С учетом изложенного, можно сделать вывод, что на сегодняшний день отсутствуют инженерные методики, базирующиеся на результатах исследований и позволяющие в достаточной мере оценить влияние проемов в горизонтальных ограждающих конструкциях на интегральные теплотехнические параметры объемного свободно развивающегося пожара в помещении.

С целью учета горизонтальных проемов предлагается при решении классических уравнений тепло- и массообмена дополнительно учитывать уменьшение площади тепло-воспринимающих поверхностей, конвективные теплопотери и потери излучением через горизонтальные проемы, а также возможное влияние горизонтальных проемов на величину критической пожарной нагрузки, критическую продолжительность пожара и скорость выгорания. Для этого планируется доработка алгоритма, приведенного в [6], его программная реализация и проверка работоспособности путем сопоставления результатов расчета с использованием усовершенствованного алгоритма с результатами экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность: ТР 2009/013/ВУ* // Полнотекстовая информационно-поисковая система «Строй-ДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Светопрозрачные конструкции. Организация мебельного и лесопильного производства // ООО «М8 Сити» [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://m8city.by/projects/188/>. – Дата доступа: 01.07.2017.
3. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования: СТБ 11.05.03-2010. – Введ. 28.04.10. // Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tnpa.by/ViewFileText.php?UrlRid=106043&UrlOnd=%D1%D2%C1%2011.05.03-2010>. Дата доступа: 01.07.2017.
4. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля: ГОСТ Р 12.3.047. – Введ. 01.01.14. – М.: ФГБУ «ВНИИПО» МЧС России, 2014. – 66 с.
5. Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения. Рекомендации – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1988 – 56 с.

6. Руководство по расчету температурного режима пожара в помещениях жилых зданий / И.С. Молчадский [и др.]. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1983. – 49 с.
7. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для определения огнестойкости: ТКП EN 1991-1-2-2009 // Полнотекстовая информационно-поисковая система «Строй-ДОКУМЕНТ» [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (700 Мб). – Минск, НПП РУП «Стройтехнорм», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
8. Шебеко, Ю.Н. Расчетная оценка эквивалентной продолжительности пожара для строительных конструкций на основе моделирования пожара в помещении / Ю.Н. Шебеко, А.Ю. Шебеко, Д.М. Гордиенко // Пожарная безопасность. – 2015. – № 1. – С. 31-39.
9. Кураченко, И.Ю. Анализ подходов к определению приведенной высоты проемов при расчете температурного режима пожара / И.Ю. Кураченко, С.М. Жамойдик, А.Г. Немурова // Чрезвычайн. ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2015. – № 1 (37). – С. 79-86.
10. Supplementary reports of work for the C.I.B. international co-operative research program on fully-developed fires: Fire Research Note № 923 / A.J.M. Heselden [et al.] // Fire research station [Electronic resource]. – BRE Trust: Borehamwood, Hertfordshire, 1972. – 254 p., available at: http://www.iafss.org/publications/frn/923/-1/view/frn_923.pdf. (accessed: July 01, 2017).
11. Yii, E.H. Modelling the effects of fuel types and ventilation openings on post-flashover compartment fires: PhD in fire eng. thesis / E.H. Yii. – New Zealand: Univ. of Canterbury Christchurch, 2002. – 328 p.
12. Lia, Q. Influence of roof opening on gas temperature rise in an enclosure / Q. Lia, J. Zhanga, S. Lua // ScienceDirect [electronic resource] : The 9th Asia-Oceania Symp. on Fire Science and Technology, China, Hefei, 17–20 oct. 2012; ed.: Naian Liu. – Hefei, 2013. – Vol. 62. – P. 194–201., available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581301237X>. (accessed: July 01, 2017)
13. Heselden, A.J.M. Fire problems of pedestrian precincts. Part 2. Large-scale experiments with a shaft vent: Fire Research Note № 954 / A.J.M. Heselden, H.G.H. Wraight, P.R. Watts // Department of the environment and fire offices' committee Joint fire research organization [Electronic resource]. – BRE Trust, 1972. – 54 p., available at: http://www.iafss.org/publications/frn/954/-1/view/frn_954.pdf. (accessed: July 01, 2017)
14. Handbook of fire protection engineering / Philip J. DiNenno [et al.]. – 3rd ed. – Quincy, MA: NFPA, SFPE, 2002. – 1604 p.
15. Epstein, M. Combined natural convection and forced flow through small openings in a horizontal partition, with special reference to flows in multicompartment enclosures / M. Epstein, M.A. Kenton // Journal of Heat Transfer – 1989. – Vol. 111. No. 4. – Pp. 980-987.
16. Flow through horizontal vents as related to compartment fire environments: Report / National inst. of standards and technology; Q. Tan, Y. Jaluria. – Gaithersburg, MD, 1992. – 104 p. – № NIST-GCR-92-607.
17. Than, C.F. Modeling fire behavior in an enclosure with a ceiling vent / C.F. Than, B.J. Savelonis // Fire safety journal – 1993. – № 20(2). – Pp. 151-174.
18. Use of a zone model for validation of a horizontal ceiling/floor vent algorithm: Report / Naval research lab; J.L. Bailey, F.W. Williams, P.A. Tatem. – Washington, DC, 1991. – 42 p. – № 6811.
19. Fire in a roof-ventilated room: Report / Nat. Defense Research Inst.; R. Jansson, B. Onnermark, K. Halvarsson. – Stockholm, 1986. – 145 p. – № C 20606-D6.
20. Heiselberg, P. Modelling of natural and hybrid ventilation: DCE Lecture Notes №4 / P. Heiselberg // Aalborg Univ.: Department of civil eng. [Electronic resource]. – Aalborg, 2006, available at: [http://vbn.aau.dk/en/publications/modelling-of-natural-and-hybrid-ventilation\(e8c6f086-f42c-46b0-a67b-9fec1fc29541\).html](http://vbn.aau.dk/en/publications/modelling-of-natural-and-hybrid-ventilation(e8c6f086-f42c-46b0-a67b-9fec1fc29541).html). (accessed: July 01, 2017)
21. Cooper, L.Y. Calculation of the flow through a horizontal ceiling floor vent / L.Y. Cooper. – Gaithersburg, MD: National inst. of standards and technology, 1989. – 25 p.
22. Li, Z. Characteristics of buoyancy driven natural ventilation through horizontal openings: PhD in fire eng. thesis / Z. Li. – Aalborg, 2007. – 118 p.
23. Иванников, В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.

CURRENT STATE OF THE PROBLEM OF EVALUATING THE INFLUENCE OF THE HORIZONTAL OPENINGS IN THE SEPARATING STRUCTURES ON THE FIRE TEMPERATURE IN THE COMPARTMENT

Aliaksandr Ivanitski, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Aliona Barsukova

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. The paper is devoted to analysis of experimental study and evaluation of the influence of the horizontal opening on the temperature of the fire in the compartment. The limitations of the previous scientific results in modeling fires are shown.

Methods. Compartment having both vertical and horizontal openings. To analyze the difference in fire temperature in the compartment Fire Dynamic Simulator has been used.

Findings. An analysis of literature sources and modeling of wood burning in an administrative compartment for evaluating the influence of the horizontal opening on the temperature of the fire in the compartment. A significant effect of ventilation through horizontal openings on the fire temperature is detected. Modification of the algorithm used in the development of the calculation methodology is suggested.

Application field of research. The results can be applied in calculating the compartment fire temperature taking into account the horizontal openings.

Conclusions. Horizontal openings have a significant influence on the fire temperature and should not be ignored during the calculation. It is necessary to revise the calculation algorithm used in the STB 11.05.03 methodology.

Keywords: calculation, fire temperature, integral model, horizontal opening, algorithm.

(The date of submitting: September 6, 2017)

REFERENCES

1. Technical Regulation TR 2009/013/BY* *Zdaniya i sooruzheniya, stroitel'nye materialy i izdeliya. Bezopasnost'* [Buildings and structures, constructional materials and units. Safety]. The full-text information retrieval system «StroyDOKUMENT» [Electronic resource]. Electronic text data and programs (700 Mb). Minsk, RUE «Stroytechnorm», 2007. 1 electronic optical disc (CD-ROM). (rus)
2. *Svetoprozrachnyye konstruksii. Organizatsiya mebel'nogo i lesopil'nogo proizvodstva* [Translucent constructions. Organizing of sawmill and cabinet making]. LLC «M8 City». 2017, available at: <http://m8city.by/projects/188/>. (accessed: July 01, 2017) (rus)
3. Standard STB 11.05.03-2010 *Sistema standartov pozharnoy bezopasnosti. Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov. Metody otsenki i analiza pozharnoy opasnosti. Obshchie trebovaniya* [System of fire safety standards. Fire safety in industrial processes. Methods of evaluation and analysis of fire hazard. General requirements]. Affirmed 28.04.2010. State Council for standardization of the Republic of Belarus, available at: <http://tnpa.by/ViewFileText.php?UrlRid=106043&UrlOnd=%D1%D2%C1%2011.05.03-2010> (accessed: July 01, 2017) (rus)
4. Standard GOST R 12.3.047 *Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov. Obshchie trebovaniya. Metody kontrolya* [System of labor safety standards. Fire safety in industrial processes. Methods of evaluation and analysis of fire hazard. General requirements. Control methods]. Affirmed 01.01.2014. Moscow: FSBA «VNIPO» MES of Russia, 2014. 66 p. (rus)
5. *Metody rascheta temperaturnogo rezhima pozhara v pomeshcheniyakh zdaniy razlichnogo naznacheniya. Rekomendatsii* [Calculation methods of fire temperature in enclosures of functional buildings. Recommendations]. Moscow: VNIPO MIA USSR, 1988. 56 p. (rus)
6. Molchadskiy I. *Rukovodstvo po raschetu temperaturnogo rezhima pozhara v pomeshcheniyakh zhilykh zdaniy* [Guide for calculation of fire temperature in rooms of residential buildings]. Moscow: VNIPO MIA USSR, 1983. 49 p. (rus)
7. Evrokod 1. *Vozdeystviya na konstruksii. Chast' 1-2. Obshchie vozdeystviya. Vozdeystviya dlya opredeleniya ognestoykosti* [TKP EN 1991-1-2-2009. Eurocode 1: Actions on structures. Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire]. The full-text information retrieval system «Stroy-

- DOKUMENT» [Electronic resource]. Electronic text data and programs (700 Mb). Minsk, RUE «Stroytechnorm», 2007. 1 electronic optical disc (CD-ROM). (rus)
8. Shebeko Yu., Shebeko A., Gordienko D. Raschetnaya otsenka ekvivalentnoy prodolzhitel'nosti pozhara dlya stroitel'nykh konstruktsey na osnove modelirovaniya pozhara v pomeshchenii [Effective estimation of equivalent fire duration for building structure on the basis of fire modeling in enclosure]. *Fire safety*. 2015. No. 1. Pp. 31-39. (rus)
 9. Kurachenko I., Zhamoydik S., Nemurova A. Analiz podkhodov k opredeleniyu privedennoy vysoty proemov pri raschete temperaturnogo rezhima pozhara [Analysis of approaches to determining the weighted average of openings heights in calculating of the fire temperature]. *Chrezvychaynst situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya* [Emergency situations: prevention and elimination]. 2015. No. 1 (37). Pp. 79-86. (rus)
 10. Heselden A.J.M. et al. *Supplementary reports of work for the C.I.B. international co-operative research program on fully-developed fires*: Fire Research Note No. 923 Fire research station. – BRE Trust: Borehamwood, Hertfordshire, 1972. 254 p., available at: http://www.iafss.org/publications/frn/923/-1/view/frn_923.pdf, (accessed: July 01, 2017) (rus)
 11. Yii, E.H. *Modelling the effects of fuel types and ventilation openings on post-flashover compartment fires*: PhD in fire eng. thesis E.H. Yii. – New Zealand: Univ. of Canterbury Christchurch, 2002. 328 p.
 12. Lia Q., Zhanga J., Lua S. Influence of roof opening on gas temperature rise in an enclosure ScienceDirect. *The 9th Asia-Oceania Symp. on Fire Science and Technology*, China, Hefei, 17–20 oct. 2012; ed.: Naian Liu. Hefei, 2013. Vol. 62. Pp. 194–201, available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581301237X>. (accessed: July 01, 2017)
 13. Heselden A.J.M., Wraight H.G.H., Watts P.R. Fire problems of pedestrian precincts. Part 2. Large-scale experiments with a shaft vent: Fire Research Note №954. *Department of the environment and fire offices' committee Joint fire research organization*. BRE Trust, 1972. 54 p. available at: http://www.iafss.org/publications/frn/954/-1/view/frn_954.pdf, (accessed: July 01, 2017)
 14. Philip J., DiNenno et al. *Handbook of fire protection engineering*. 3rd ed. – Quincy, MA: NFPA, SFPE, 2002. 1604 p.
 15. Epstein M., Kenton M.A. Combined natural convection and forced flow through small openings in a horizontal partition, with special reference to flows in multicompartment enclosures. *Journal of Heat Transfer*, 1989. Vol. 111. No.4. Pp. 980-987.
 16. Tan Q., Jaluria Y. *Flow through horizontal vents as related to compartment fire environments*: Report National inst. of standards and technology. Gaithersburg, MD, 1992. 104 p. No. NIST-GCR-92-607.
 17. Than C.F., Savelonis B.J. Modeling fire behavior in an enclosure with a ceiling vent. *Fire safety journal*, 1993. Vol. 20. No. 2. Pp. 151-174.
 18. Bailey J.L., Williams F.W., Tatem P.A. *Use of a zone model for validation of a horizontal ceiling/floor vent algorithm*: Report Naval research lab. Washington, DC, 1991. 42 p. No. 6811.
 19. Jansson R., Onnermark B., Halvarsson K. *Fire in a roof-ventilated room*: Report at. Defense Research Inst. Stockholm, 1986. 145 p. No. C 20606-D6.
 20. Heiselberg P. Modelling of natural and hybrid ventilation: DCE Lecture Notes No 4. *Aalborg Univ.: Department of civil eng.* Aalborg, 2006, available at: [http://vbn.aau.dk/en/publications/modelling-of-natural-and-hybrid-ventilation\(e8c6f086-f42c-46b0-a67b-9fec1fc29541\).html](http://vbn.aau.dk/en/publications/modelling-of-natural-and-hybrid-ventilation(e8c6f086-f42c-46b0-a67b-9fec1fc29541).html). (accessed: July 01, 2017)
 21. Cooper L.Y. *Calculation of the flow through a horizontal ceiling floor vent*. Gaithersburg, MD: National inst. of standards and technology, 1989. 25 p.
 22. Li Z. *Characteristics of buoyancy driven natural ventilation through horizontal openings*: PhD in fire eng. thesis. Aalborg, 2007. – 118 p.
 23. Ivannikov V., Klyus P. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara*. Moscow: Stroyizdat, 1987. 288 p. (rus)

УДК 536.46:614.841.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГОРЕНИЯ n-ГЕПТАНА В БАССЕЙНАХ РАЗЛИЧНОГО РАЗМЕРА ПРИ НИЗКОМ ДАВЛЕНИИ

Джан Ван, магистр

тел. +86-015701208435, wangj15@mails.tsinghua.edu.cn

Вэй Ванг, доктор

Руй Янг, доцент

Научно-исследовательский институт общественной безопасности,
Университет Цинхуа, Пекин, Китай, 100084

Проведен анализ температуры пламени, скорости горения, теплового потока на разных стадиях горения резервуаров с нефтью на высокогорном плато и на равнине. Скорость выделения тепла, скорость горения, распределение температурного поля и излучения были зафиксированы и проанализированы. Было определено соотношение размеров нефтяного бассейна и массовой скорости горения. Оказалось, что массовая скорость горения варьирует линейно в зависимости от размеров нефтяного бассейна. Было обнаружено, что классическая теория не подходит для корректного предопределения скачка температуры вследствие низкого давления и низкой концентрации кислорода. Анализ также показал, что чем больше площадь бассейна, тем больше тепловой поток. Отношение размеров нефтяного бассейна к тепловому потоку было представлено графически.

Ключевые слова: высокогорное плато; пожар в нефтяном бассейне; скорость горения; температура пламени; тепловое излучение.

(Поступила в редакцию 28 сентября 2017 года)

ЛИТЕРАТУРА

1. The civil aviation administration of China flight standards department. Air carrier plateau airport operation management rules, 2007.
2. Wieser, D. The influence of high altitude on fire detector test/ D. Wieser, P. Jauch, U. Wiui, et al. // Fire Safety Journal, 1997. – Vol. 29. – № 2. P. 195-204.
3. Fang J. The influence of low atmospheric pressure on carbon monoxide of n-heptane pool fire / J. Fang, Y. Chun, Tu Ran, et al. // Journal of Hazardous Materials, 2008, – Vol. 154. – № 1. – P. 476-483.
4. Fang J. Influence of low air pressure on combustion characteristics and flame pulsation frequency of pool fires / J. Fang, Tu Ran, Guan Jinfu, et al. // Fuel, – 2011. – Vol. 90. – № 8. – P. 2760-2766.
5. Li Zhenhua. Combustion characteristics of n-heptane and wood crib fires at different altitudes / Zhenhua Li, Yaping He, Hui Zhang, et al // Proceedings of the Combustion Institute, 2009. – Vol. 32. – № 2. – P. 2481-2488.
6. Hu Xiaokang, He Yaping, Li Zhenhua, et al. Combustion characteristics of n-heptane at high altitudes / Hu Xiaokang, He Yaping, Li Zhenhua, et al. / Proceedings of the Combustion Institute, 2011. – Vol. 33. – № 2. – P. 2607-2615.
7. Hu Xiaokang. Experimental Research on the combustion and smoke characteristics of Circle-Pan fire at high altitude / Xiaokang Hu // Hefei: University of science and technology of China, 2012.
8. Zhou Z. Experimental analysis of low air pressure influences on fire plumes / Z. Zhou, Yao Wei, Haihang Li, et al. // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2014. – Vol. 70. – № 2. – P. 578-585.
9. Zhou Zhihui. Effects of low ambient pressure on pool fire behavior and plume characteristics. / Z. Zhou Hefei: University of science and technology of China, 2014.
10. Babrauskas V. Estimating large pool fire burning rates. Fire Technology, 1983. – Vol. 19. – № 4. – P. 251-261.
11. Tu R. Small scale pool fire burning rate under reduced atmospheric pressure using pressure modeling / R. Tu, J. Lei, Y. Wang, et al. // Journal of Combustion Science and Technology, – 2011. – Vol. 16. – № 5. – P. 467-471.
12. McCaffrey B. Purely buoyant diffusion flames: some experimental results. Washington DC: National Bureau of Standards, 1979. – 37 p.
13. Hao Jianbin. Combustion and explosion. Beijing: China Petrochemical press, 2012. – P. 116-117.

EXPERIMENTAL STUDY OF DIFFERENT SIZE n-HEPTANE POOL FIRE BEHAVIOR UNDER LOW PRESSURE

Jian W., Wei W., Rui Y.

To analyze the high plateau affected by the difference of air pressure, such as flame temperature, mass burning rate and radiation flux have a great difference in every burning stage compared to the oil pool fires in plain region. The experiments were conducted in High plateau air laboratory with different oil pool diameters. Heat release rate, burning rate and flame temperature field distribution and flame radiation heat flux were recorded and analyzed in these experiments. The relationship between oil pool size and mass burning rate was deduced, and which was found that the mass burning varies linearly with oil pool size. Was found that implementing the classical theory assessment the flame temperature cannot correctly predict temperature rise for the influence of low pressure and low oxygen concentration. Analysis also shows that the bigger oil pool area, the greater the radiation fluxes. By the curve fitting method, the relationship between the oil pool size and the heat radiation flux was also obtained.

Keywords: high plateau; oil pool fire; burning rate; plume temperature; thermal radiation.

(The date of submitting: September 28, 2017)

Introduction. With the One Belt, One Road summit held in China, which will accelerate the infrastructure construction and economic development in western region. As is known to all, the height of elevation directly affect atmospheric pressure, air density and oxygen partial pressure, which have a direct impact on the fire behavior of material. The scholars at home and abroad have done a lot of researches in this field, at different altitudes. Wieser et al. [2] conducted small size multi-material experimental study and found exponential relationship between the burning rate and pressure. Fang et al. [3-4] made a n-heptane pool fire contrast study in Lhasa and Hefei and found that the burning time in Lhasa increased by 45 %, the burning rate was significantly lower, than in Hefei. Li et al. [5] contrasted the crib fires and n-heptane pool fire behavior in Lhasa and Hefei and summarized fire behavior in high-altitude area, i.e. low burning rate, low radiation coefficient, uniform flame temperature distribution and small flame width. Hu et al. [6-7] conducted the study at a higher altitude, Dangxiong, which verified the experimental conclusion of Li et al. and suggested that the radiant heat of the flame decreases with the increasing altitude. Zhou et al. [8-9] conducted aviation fuel and n-heptane experiments in low-pressure tanks with small-sized rectangular flasks and found the flame temperature was related to the radiation fraction parameters, the flame temperature will increase, while the pressure decrease.

Former scientists conducted contrast study of oil pool fire behavior in Lhasa, Hefei and other places and summarized some combustion rules under low pressure, but ignored the study on different size n-heptane pool fire behavior under low pressure. Thus, the author carried out the study on oil pool fire in Safety Laboratory in Kangding High Plateau to measure fire characteristic parameters under specific environment, such as burning rate, heat release rate, plume temperature distribution and thermal radiation flux. The fire behaviour in high plateau are obtained and can be used to provide theoretical support for fire prevention and fighting.

1 Experimental design. In the common fire accident, the liquid fire accident occupies a certain proportion, its burning form is extremely complex, its macroscopic characteristics include fuel evaporation, burning rate, flame temperature, thermal radiation intensity and others, while micro-characteristics include flow field disturbance, flame vortex structure, smoke particle structure and so on, has always been the focus of fire accident research.

The experiment was carried out on the standard 9705 experimental platform in Aviation Safety Laboratory of Kangding high Plateau. The n-heptane was used as the combustible medium with stable purity of more than 99%. The oil pool was round and made of stainless steel with dimensions of 10 cm, 20 cm, 30 cm. The fuel thickness was guaranteed to 2 cm every time and the liquid surface was closed to the pool. Electronic scales (Ohaus EX35001ZH) was used to measure

the loss of fuel quality and the scale accuracy is 0,01 g. The temperature difference between the centerline temperature of the oil pool and the temperature distribution of surrounding temperature is measured by a 1 mm K-type (nickel-chromium-nickel-silicon) thermocouple. The thermocouples spacing 5 cm, a total of 18 arranged. The TS-10C series of water-cooled thermal flux sensor was used to measure the thermal of the oil pool, from the edge of the oil pool at 1m arranged at the three heat flow meter, the first R1 from the ground 0,4 m, upward spacing 20 cm, R2, R3 were arranged. The highest elevation full-scale low-pressure heat release rate tester (ISO-9705) was used to measure real-time determination of the heat release rate. The concentrations of CO, CO₂ and O₂ were analyzed by collecting flue gas samples in the built-in sensors. According to the size of the oil pool, it can be divided into four groups of experiments, each group repeat three times, the experimental arrangement shown in Figure 1.

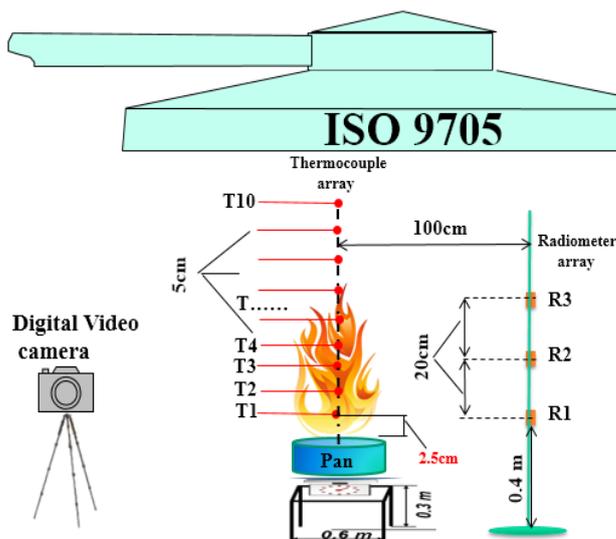


Figure 1. – The experimental arrangement

In order to reduce the effect of experimental error and the accidental factors, the experiment of each group of n-heptane oil pool was repeated for three times. The experimental results of the three experiments were basically the same, and the average of the three experiments was compared and analyzed.

Table 1. – Design of the experiment conditions

Pan size, cm	Atmospheric pressure, kPa	Air density, kg·m ⁻³	Environment temperature, °C	Burning quality, g	Burning time, s
10	60,10	0,756	15	32	702
20			16	202	758
30			20	600	700

2 Results analysis and discussion.

2.1 Burning rate change rule. The burning rate of the oil pool refers to the loss rate of mass per unit area, which is the main parameter of reflecting the burning behaviour of the flames. The change of fire power can be seen by the change of burning rate. According to the experimental results, the quality change curve of different size oil pool with time can be obtained, as shown in Figure 2.

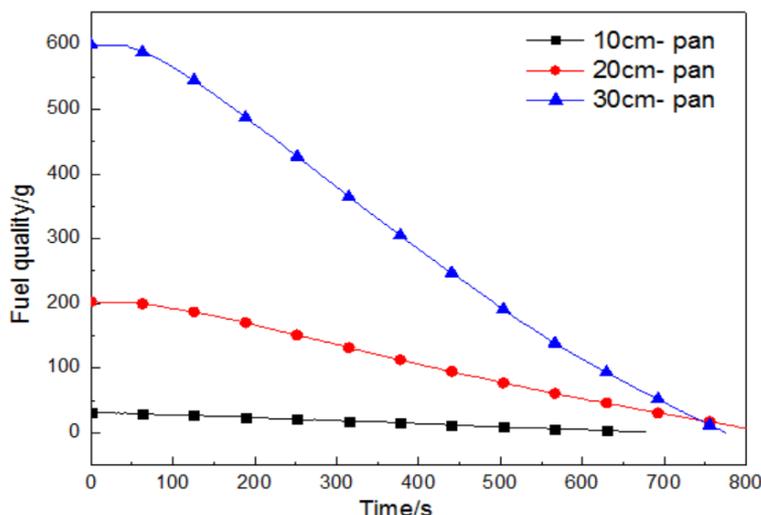


Figure 2. – Relationship between quality and time

It can be seen from Figure 2 that the quality reduction process is constantly changing, and the initial quality stage is not obvious. With the burning continues, the mass loss gradually increases and tends to stabilize, and finally decreases to zero. Different sizes of oil tank quality loss is different, the greater the size of the oil tank changes in the quality of the more intense, in the middle stage of the quality of change is relatively stable. The data curve fitting in stable stage can be conducted to obtain the relationship between quality of different size oil pool and time changes, as shown in Figure 3.

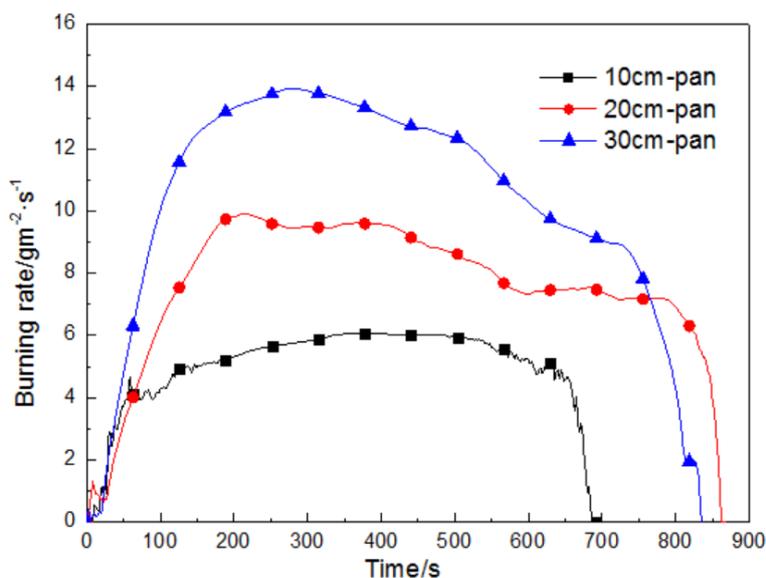


Figure 3. – Relationship between burning rate and time

It can be seen from the figure that the process of quality loss can be divided into three stages, the initial burning, stable burning and recession burning. In the initial stage, the n-heptane vapor and the air are mixed before ignition, and the premixed burning is formed after the ignition. The burning speed is gradually accelerated. The burning flame acts on the oil sump through heat radiation to keep the n-heptane vapor, N-heptane vapor and oxygen in the air gradually stabilize the state of combustion, with the combustion reaction, n-heptane continue to reduce consumption, the flame gradually extinguished, the combustion rate gradually reduced. Different size of the oil pool per unit area burning rate is different, the larger the area of the oil pool, the greater the burning rate per unit area. In the experiment, it was found that the burning rate per unit area reached the maximum when the combustion was stable, the burning rate was $5,52 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ in the 10 cm oil pool, $9,67 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$, in 30 cm oil pool is $13,35 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$.

According to Babrauskas et al. [10] the burning rate empirical formula per unit area at atmospheric pressure was summarized:

$$\dot{m} = \dot{m}_\infty [1 - \exp(-\kappa\beta D)], \quad (1)$$

where \dot{m} is the burning rate per unit area, $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, \dot{m}_∞ is the burning rate of the oil pool with infinity diameter $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, κ is the radiation emission coefficient, β is the average correction coefficient, D is oil pool diameter, m. Based on experimental and theoretical analysis Babrauska et al. [10] summarized some of the fuel data for n-heptane:

$$\dot{m}_\infty = 0,101 (\pm 0,009), \quad \kappa\beta = 1,1 (\pm 0,3).$$

According to Wieser et al. [1], at different altitudes of the experimental results and the same experimental conditions, the burning rate \dot{m} in proportion to atmospheric pressure p_∞ :

$$\dot{m} \propto p_\infty^\alpha, \quad (2)$$

Where α is a constant, through the table [1] shows that heptane: $\alpha \approx 1,3$, according to Tu's [11] burning rate contrast in Lhasa and Hefei, there is a proportional relationship between burning rate and air pressure. The atmospheric pressure of the Kangding high plateau is 60,1 kPa. It can be seen that according to (2), the burning rate of n-heptane in Kangding high plateau is about 0.507 times of normal pressure. Through (1) and (2), it can be known that Kangding plateau n-heptane theoretical burning rate:

$$\dot{m} = 0,507 \dot{m}_\infty [1 - \exp(-\kappa\beta D)]. \quad (3)$$

The burning rate of different size oil pool: 10 cm oil pool is 5,33 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 20 cm oil pool is 1,11 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 30 cm oil pool is 14,39 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, the theoretical contrast curve between predictive value and experimental value was made as shown in Figure 4.

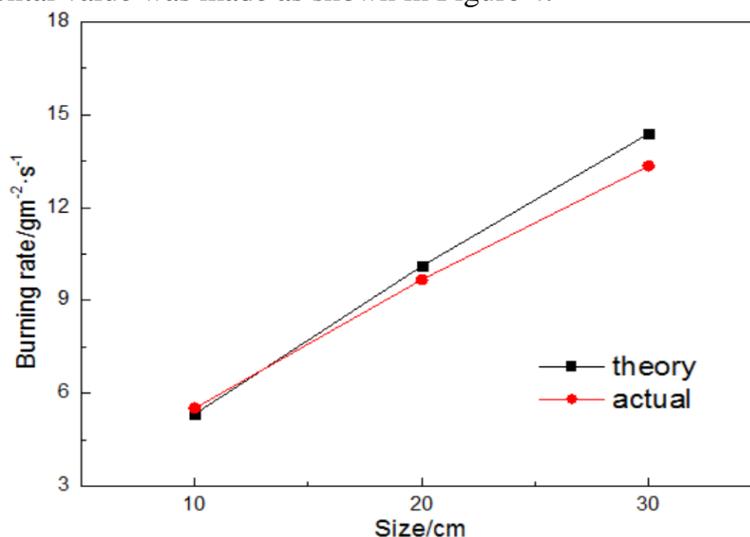


Figure 4.– Compared with the actual theory of burning rate

Shown as in Figure 4, with the increasing of oil pool size, the gap between measured value and the theoretical value gradually increased. The burning of the oil pool fire is actually the burning of the mixture of n-heptane steam and oxygen in the air. With the thermal feedback of the upper side flame from the upper side fuel in oil pool, the constant formation of n-heptane steam, and then swept around the ambient air, keep uninterrupted combustion process. Kangding plateau low pressure environment, the air density of the standard atmospheric pressure of 0,756, the oxygen content is relatively small, n-heptane combustion is not sufficient, the flame temperature is relatively low, resulting in more smoke particles, relative to normal pressure situation n-heptane. The volatile steam is smaller, prolongs the burning time and reduces the burning rate. According to Tu et al. [11], it can be seen that with the increasing of burning area, the influence of heat radiation will be bigger, and probably, the burning rate will be larger than the theoretical value, further experimental verification is needed.

2.2 Flame temperature distribution. Fire plume temperature is an important parameter to study the flame and its flue gas, which directly affects the formation of smoke particles. The temperature fluctuation of the plume in different sizes is measured. The temperature is fluctuating up and down due to the flame intermittent at the measuring point, but the whole is relatively stable. Fig. 5 shows the temperature change curve of the oil pool with different sizes at 7,5 cm.

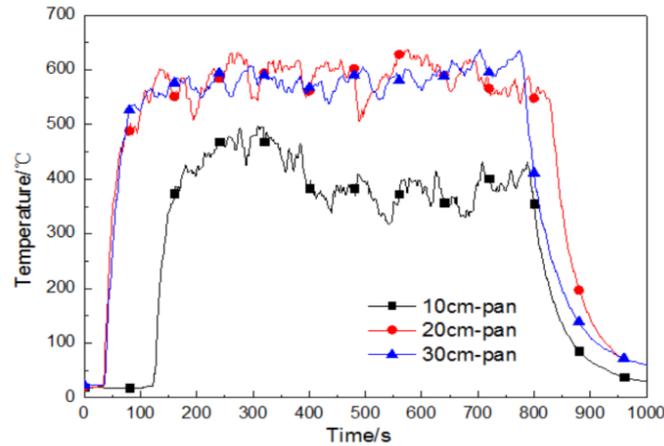


Figure 5. – Thermocouple temperature vs time

Shown as in Fig. 5, it is found that the temperature rises rapidly after the ignition of the oil pool, 150 s later, reaching the stable state. Compared with the mass burning rate of Fig. 2, the stable time approached. After burning for 600 s, the fuel of different size oil pool exhausted, the temperature gradually reduced. The temperature of the stable burning stage of each size oil pool is taken as the average temperature of the fire plume axis, and the curve of the temperature of the fire plume is changed with height.

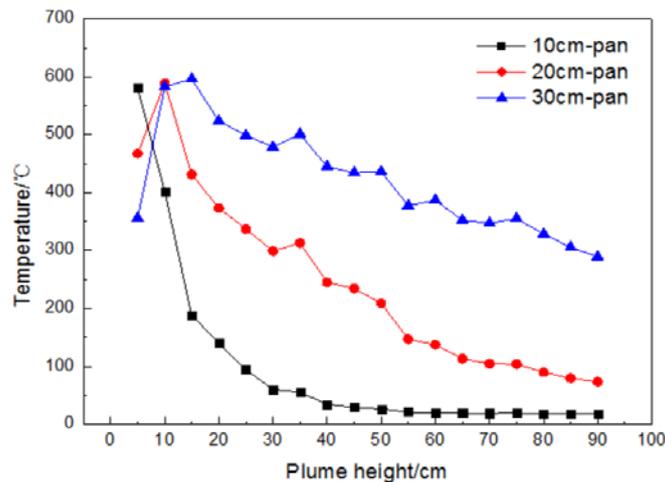


Figure 6. – Different sizes of oil pool steady state temperature vs height

From the analysis of Figure 6 found that different sizes of oil pool axial temperature is different, the larger is the maximum height of the oil pool, through observing the temperature change rule found that oil pool of more than 10 cm, the temperature of 0 to 20 cm gradually increased, about 20 cm. Temperature, with the increase in height, the temperature continues to decline, the larger the trend of decreasing the trend. 10 cm oil tank at 5 cm measured the highest temperature, with the height increases, the temperature quickly reduced. The plume temperature rise and fall rate of each size of the oil pool is different, but the whole is in accordance with certain rule.

In the classic fire plume model, McCaffrey et al. [12] conducted many experiments on methane combustion in a 30 cm square burner and obtained a low power diffuse fire model

$$\frac{2g\Delta T}{T_\infty} = \left(\frac{\kappa}{C}\right)^2 \left(\frac{z}{Q^{2/5}}\right)^{2\eta-1} \quad (4)$$

where ΔT is central plume temperature, K; T_∞ is environment temperature, K; \dot{Q} is total heat release rate, kW; C is specific heat at constant pressure, kJ/(kg·K); κ and η are the constants, different values in the three regions (Luminous flame area $\kappa = 6,8 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$, $\eta = 1/2$; intermittent flame $\kappa = 1,9 \text{ m}/(\text{kW}^{1/5} \cdot \text{s})$, $\eta = 0$; intermittent-plume $\kappa = 1,1 \text{ m}^{4/3}/(\text{kW}^{1/3} \cdot \text{s})$, $\eta = -1/3$). In equation (4), it is found that the plume axis temperature is related to the 2/5 th power ratio of the heat source heat release rate. Then, according to the burning situation, the plume center is divided into three areas: burning flame area, oscillation flame area and unburned plume zone.

$$\Delta T = \begin{cases} 2,91T_\infty & \text{if } \frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} < 0,08, \\ 0,227T_\infty \left(\frac{z}{\dot{Q}^{2/5}}\right)^{-1} & \text{if } 0,08 < \frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} < 0,2, \\ 0,0761T_\infty \left(\frac{z}{\dot{Q}^{2/5}}\right)^{-5/3} & \text{if } \frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} > 0,2. \end{cases} \quad (5)$$

The real heat release rate and total heat release can be measured by the 9705 laboratory equipment. The experimental data are brought into the McCaffrey model to obtain the theoretical value of the temperature rise of the fire center in Kangding high plateau. The theoretical value is compared with the temperature measured by the actual thermocouple. The results of the oil pools are similar. The comparison chart of 20 cm and 30 cm oil pool theoretical value and experimental value, as shown in Figure 7.

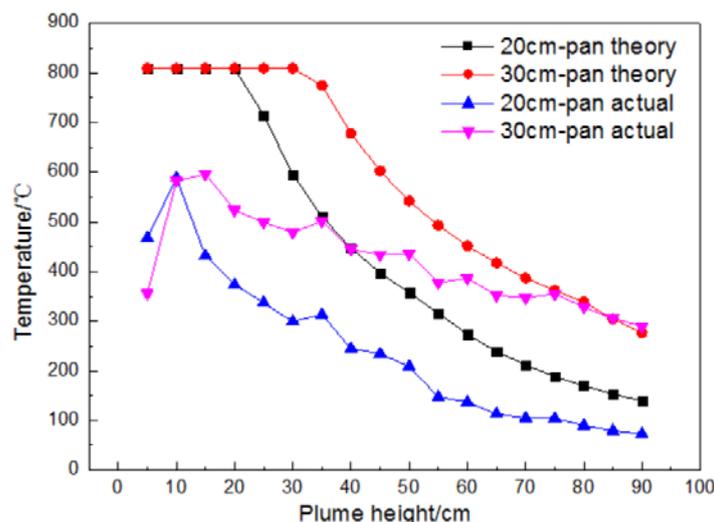


Figure 7. – The flame stability phase axis of the plume temperature contrast

It can be seen from the figure that in the experiment the temperature of visible flame is slightly smaller than that of the McCaffrey formula, but the temperature in the intermittent flame is different from that of the McCaffrey formula, and the variation is not the same, and the temperature of the unburned plume McCaffrey formula gradually close, 30 cm oil pool at 75 cm position and the theoretical calculation of the same value. Compared with the ideal plume, the experimental value is less than the calculated value, but the variation range is consistent. With the increase of the burning area, the difference between the experimental value and the calculated value is bigger. McCaffrey's plume temperature model can not be applied to calculate the plume temperature in Kangding high plateau due to the pressure condition and the air density.

It was found that in the experiment the temperature measured by the thermocouple at less than 20 cm is the temperature of the combustible vapor, which is lower than the temperature of the visible flame and the maximum value of the temperature measured in the visible flame. In intermittent flame, unburned plume area, plume centerline temperature gradually reduced. The greater the burning area, the higher the flame height and the heat release rate, the greater the

measured temperature maximum, the temperature rise is not the same, further study was needed on Kangding high plateau plume temperature rise.

2.3 Thermal radiant heat flux. Thermal radiation is one of the main indicators to evaluate the thermal damage of the oil pool. In the contrast of the thermal flux densities, the author have found that the same rules. The thermal radiation flux of different size measured by R2 thermal flowmeter was analyzed (Fig. 8).

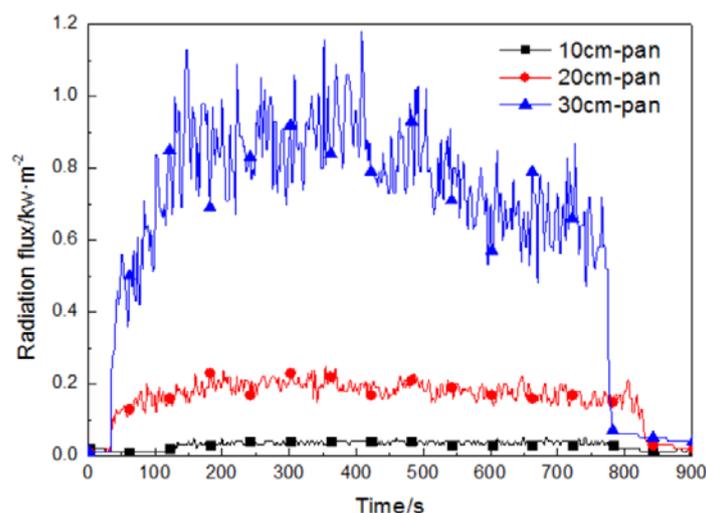


Figure 8. – R2 heat flux density meter measured thermal radiation flux vs time

It can be seen from the figure, that the thermal radiation flux is similar to the burning rate and can be divided into three stages, i.e., the initial stage, the stabilization stage and the attenuation stage. The thermal radiation flux increases rapidly after the ignition of the oil pool. 200 seconds later, the stabilization stage is reached and the radiation flux is no longer increased. After the stable burning, the flame is reduced to zero due to the reduction of the flame. Comparison of the thermal radiation density of the oil sump stage, 10 cm average 0,0269 kW/m², 20 cm average 0,1524 kW/m², 30 cm average 0,47537 kW/m². The same height of the heat radiation flux increases with the size of the oil pool, and the change is very obvious. Compared with R1 and R3 measured the two radiation radiation flux, have the same changes in the law, but the height of the measured heat radiation flux of the maximum and the average slightly different, take the measured thermal radiation. In the depth of 10 cm and 20 cm oil pool, for R1, the average thermal radiation flux measured the oil bath of the No. 1 heat flow densities, which is slightly larger than that of R2 and R3, but the values are close to each other. For R2, in the depth of 30 cm oil pool, the thermal flux density measured the average thermal radiation flux was significantly greater than the value of R1 and R3 (Fig. 9).

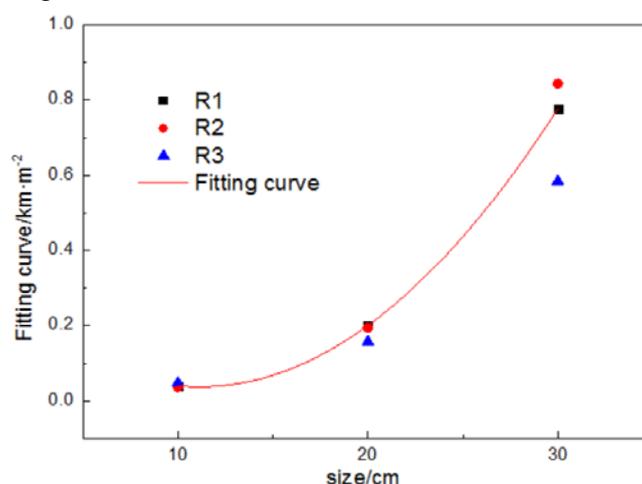


Figure 9. – The thermal radiation flux of different sizes of oil pool and the fitting curve

Assuming that the flame is a cylindrical gray body [13] with a certain temperature, then the model $r = \phi \varepsilon T^4$, where r is the radiation intensity at a distance away from the flame, ε is the emissivity, ϕ is the angle coefficient of emissivity, and T is the absolute temperature. It can be seen that the difference in heat flux is mainly related to the flame temperature and the flame height. The larger the size of the oil sump, the higher the temperature, the height of the flame, the greater the intensity of the radiation. The heat radiation flux is affected by the flame temperature, which is relatively small by the height of the flame. Regardless of the height of the flames, the relationship between the size of the oil pool and the thermal flux is considered in the position of 1 m away from the oil pool. It is found that there is a certain linear relationship. The thermal radiation flux of the three sizes of the oil can be obtained:

$$E = 4,846D^2 + 1,429D - 0,1833, \quad (6)$$

where E is stands for thermal radiation flux, D is stands for oil pool diameter. The thermal radiation flux of the 10 cm to 30 cm oil pool (1 m away from fire) can be predicted by fitting formula. Assuming that the thermal radiation flux of larger size oil pool conforms to this rule, the radiant thermal flux of mild burning is 4 kW/(m²·s), calculated by 80 cm oil pool can be found at the location of 1 m can cause burns.

3 Conclusions. With regard to the relationship between the combustion area and the combustion behaviour in low pressure environment, through the oil pool combustion experiments of different sizes, the following conclusions are obtained:

1. The burning rate is linear with the combustion area when the oil pool area is small and the burning rate is proportional to the atmospheric pressure under the experimental conditions in Kangding high plateau. It can be predicted that the burning rate of different size oil pool will be different under the condition of different atmospheric pressure through Wieser's formula.

2. The bigger is the burning area, the higher is the flame temperature, which is accord with the Kangding high plateau axis of the plume temperature rule, that is to rise at first, then to drop slowly and the difference between the lowest point of the axis and the highest one is smaller.

3. The atmospheric pressure in Kangding high plateau is low, and the temperature in visible flame and intermittent flame area is less than that of the atmospheric pressure. The classic plume temperature McCaffrey model does not consider the effect of atmospheric pressure on the flame temperature and can not be used to predict the plume temperature in Kangding high plateau.

4. The heat radiation flux is related to flame temperature. The larger is the burning area, the higher is the flame temperature and the greater is the heat flux. The heat radiation flux rule of different size oil pool while at distance of 1 m away from fire can be obtained through curve fitting e.g. Formula (6).

REFERENCE

1. The civil aviation administration of China flight standards department. *Air carrier plateau airport operation management rules*. 2007-03-02.
2. Wieser D., Jauch P., Wiui U., et al. The influence of high altitude on fire detector test. *Fire Safety Journal*, 1997, 29(2). Pp. 195-204.
3. Fang Jun, Chun Yuyu, Tu Ran, et al. The influence of low atmospheric pressure on carbon monoxide of n-heptane pool fire. *Journal of Hazardous Materials*, 2008. 154(1). Pp. 476-483.
4. Fang Jun, Tu Ran, Guan Jinfu, et al. Influence of low air pressure on combustion characteristics and flame pulsation frequency of pool fires. *Fuel*, 2011. Vol. 90. No.8. Pp. 2760-2766.
5. Li Zhenhua, He Yaping, Zhang Hui, et al. Combustion characteristics of n-heptane and wood crib fires at different altitudes. *Proceedings of the Combustion Institute*, 2009. 32(2). Pp. 2481-2488.
6. Hu Xiaokang, He Yaping, Li Zhenhua, et al. Combustion characteristics of n-heptane at high altitudes. *Proceedings of the Combustion Institute*, 2011. Vol. 33. No. 2. Pp. 2607-2615.
7. Hu Xiaokang. *Experimental Research on the combustion and smoke characteristics of Circle-Pan fire at high altitude* [D]. Hefei: University of science and technology of China, 2012.
8. Zhou Zhihui, Wei Yao, Li Haihang, et al. Experimental analysis of low air pressure influences on fire plumes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2014. Vol. 70. No. 2. Pp. 578-585.

9. Zhou Zhihui. *Effects of low ambient pressure on pool fire behavior and plume characteristics*. Hefei: University of science and technology of China, 2014.
10. Babrauskas V. Estimating large pool fire burning rates. *Fire Technology*, 1983. Vol. 19. No. 4. Pp. 251-261.
11. Tu Ran, Lei Jiao, Wang Yan, et al. Small scale pool fire burning rate under reduced atmospheric pressure using pressure modeling. *Journal of Combustion Science and Technology*, 2011. Vol. 16. No. 5. Pp. 467-471.
12. Mccaffrey B. *Purely buoyant diffusion flames: some experimental results*. Washington DC: National Bureau of Standards, 1979. 37 p.
13. Hao Jianbin. *Combustion and explosion*. Beijing: China Petrochemical press, 2012. Pp. 116-117.

УДК 539.122.04:614.8.086.52

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ДЕНТАЛЬНЫХ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Макаревич К.О., Миненко В.Ф., Кутень С.А., Веренич К.А.

Работа посвящена моделированию рентгенологических исследований зубочелюстной системы с целью оценки эффективных доз облучения пациентов. Разработана модель дентального рентгеновского аппарата. Спектры излучения рентгеновской трубки получены с помощью модели «TASMIP». Референтные воксельные фантомы МКРЗ адаптированы для моделирования процедур дентальной рентгенодиагностики. Транспорт рентгеновского излучения в фантомах МКРЗ выполнен с помощью метода Монте-Карло. Получены распределения поглощенной дозы в органах и тканях антропоморфных фантомов. Рассчитаны значения эквивалентных и эффективных доз для различных параметров диагностических процедур. Определены значения конверсионных коэффициентов связи эффективной дозы с параметрами рентгеновского аппарата и видами исследования зубов. Показана возможность применения результатов исследования. Приведены значения конверсионных коэффициентов для использования на практике.

Ключевые слова: рентгеновское излучение, метод Монте-Карло, воксельные фантомы, дозовые нагрузки, дентальная рентгенодиагностика, TASMIP.

(Поступила в редакцию 9 июня 2017 г.)

Введение. На сегодняшний день рентгенологические исследования являются широко используемым методом диагностирования заболеваний зубочелюстной системы. Согласно отчету Научного комитета ООН по действию атомной радиации ежегодно в мире проводится более 360 миллионов дентальных рентгенологических исследований [1]. При этом дозовая нагрузка за счет дентальных рентгенологических исследований растет наиболее интенсивно по сравнению с другими видами рентгенологических исследований. Рациональное использование таких исследований с минимизацией дозы облучения пациента без снижения качества рентгенологической информации является значимым шагом в направлении мер радиационной защиты пациента.

В этой связи сравнение и анализ дозовых нагрузок, полученных пациентами в различных дентальных исследованиях, позволит разработать определенный стандарт проведения данных исследований, что в дальнейшем можно использовать для оптимизации процедуры облучения.

Поскольку прямо измерить дозу облучения органов и тканей человека сложно, а в большинстве случаев невозможно, то единственно приемлемым способом оценки доз остается моделирование процедуры облучения. В результате моделирования можно получить распределение поглощенной и эквивалентной дозы в теле человека, оценить величину эффективной дозы для конкретного вида исследования и аппарата облучения или определить желаемую комбинацию параметров рентгеновского аппарата.

В данной работе используется метод Монте-Карло для моделирования транспорта рентгеновского излучения и расчета поглощенной энергии в органах и тканях пациента. Оценка эффективной дозы облучения выполнена в соответствии с рекомендациями МКРЗ [2].

Модель дентального рентгеновского аппарата. Рентгеновское излучение возникает в результате торможения в материале анода электронов, испущенных катодом и ускоренных под действием напряжения в рентгеновской трубке. Так как в процессе замедления электронов большая часть их энергии преобразуется в тепловые потери, то поверхность анода обычно изготавливают из тугоплавкого материала (вольфрама или молибдена). Поверхность анода, обращенная к катоду, делается скошенной под углом 15-20° для того, чтобы рентгеновские кванты покидали трубку в определенном направлении [3]. Гамма-

излучение, покидающее рентгеновскую трубку, имеет определенный энергетический спектр, зависящий от технических параметров трубки.

Именно получение этого спектра рентгеновского излучения рассматриваемого аппарата является важнейшим элементом моделирования работы рентгеновского аппарата.

В данной работе спектр излучения рентгеновской трубки был получен с помощью модели «TASMIP», которая считается наиболее подходящей моделью для моделирования спектров рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом, работающей в диапазоне напряжений от 30 кВ до 140 кВ [4].

В модели «TASMIP» число фотонов, испускаемых источником в определенном энергетическом интервале ($E, E + dE$) за 1 с на расстоянии $R_0 = 100$ см от фокуса трубки, приходящихся на 1 мм^2 площади поверхности облучаемой среды и на 1 мА анодного тока при заданном напряжении V и его пульсации ζ , задается табулированной функцией потока фотонов $\Phi(E, V, d, \zeta)$ для определенного фильтра с эквивалентной толщиной d мм алюминия [4].

Модель рентгеновской трубки, включающая «TASMIP», представляет собой точечный источник с заданным потоком гамма-квантов, зависящим от напряжения на аноде, общей фильтрации и пульсации анодного напряжения.

Учет пульсации анодного напряжения в модели «TASMIP» позволяет реалистичнее моделировать формирование пучка рентгеновского излучения. Наличие пульсации напряжения в рентгеновском аппарате, типичные значения которого составляют $\zeta \sim (5-10) \%$ [5] ведет к уменьшению радиационного выхода по сравнению с аналогичным аппаратом без пульсации или с меньшей пульсацией напряжения.

Моделирование работы рентгеновского аппарата требует учета системы формирования выходного пучка, создающей поле облучения необходимой конфигурации.

В дентальных рентгеновских аппаратах устройство, формирующее поле облучения, включает в себя свинцовую диафрагму, расположенную вблизи анода, и тубус круглой или прямоугольной формы. Тубус играет роль дистансерного устройства и, одновременно, поглотителя рассеянного излучения. В современных дентальных рентгеновских аппаратах обычно применяются тубусы длиной 20 или 30 см, формирующие на плоской поверхности круглое поле облучения диаметром 6 см или прямоугольное поле размерами $(3-3,5) \text{ см} \times (4-4,5) \text{ см}$ [6].

Таким образом, разработанная модель дентального рентгенодиагностического аппарата включает в себя точечный источник с заданным энергетическим спектром излучения и систему формирования пучка. Точечный источник излучает в конус с основанием, описанным вокруг рентгеновской пленки, а формирующая система «обрезает» ненужные участки поля облучения. На рисунке 1 показана модель рентгеновской трубки с круглым тубусом диаметром 6 см.

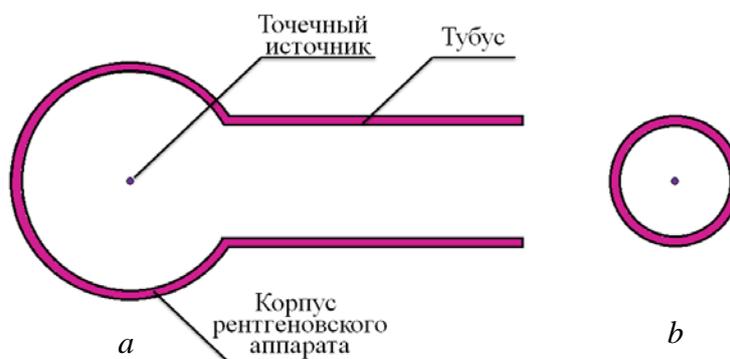


Рисунок 1. – Модель рентгеновской трубки с круглым тубусом, где a – вид сбоку, b – вид с торца

Модель тела пациента. Для имитации тела человека в расчетах распределения поглощенной дозы в теле пациента при облучении применяются вычислительные модели (фантомы) тела человека с описанием внутренней структуры, положения органов, плотности и состава тканей.

В качестве модели тела пациента нами были использованы референтные воксельные фантомы мужчины и женщины, рекомендованные МКРЗ для дозиметрических расчетов [7]. Фантомы МКРЗ соответствуют анатомическим данным стандартного человека, представленного в Публикации 89 МКРЗ [8].

Референтные фантомы МКРЗ, содержащие в себе миллионы вокселей, оказались избыточно подробными для моделирования рентгенографических исследований зубочелюстной системы человека. Поэтому была проведена адаптация данных фантомов по объему информации. Для моделирования была использована только та часть каждого фантома, которая непосредственно соприкасается с тубусом, плюс область на расстоянии 20 см от края поля, чтобы учесть распространение рентгеновского излучения в различных направлениях и рассеяние рентгеновского излучения от слоев, не попадающих в поле облучения. Таким образом, для Монте-Карло моделирования была использована только часть фантома, включающая воксели головы, шеи и плечевого пояса.

В воксельных фантомах МКРЗ не выделены отдельно нижняя и верхняя челюсти и отдельные зубы. Поэтому была выполнена идентификация на фантомах верхней и нижней челюстей с выделением зубов каждой челюсти. Для этого были построены изображения поперечного сечения головы женского и мужского фантомов, проходящие через плоскость прикуса. Далее был получен и оцифрован массив точек на лицевой поверхности, лежащих на кривой, огибающей челюсть [6]. Эти точки обрабатывались специально разработанной программой в пакете Mathematica, которая позволила идентифицировать координаты всех зубов (резцы, клыки, премоляры, моляры) обеих челюстей [9].

Геометрия облучения. Для получения снимков исследуемого зуба рентгенолог придерживается определенных правил по размещению рентгеновской пленки, центрации и ограничению размеров рабочего пучка рентгеновского излучения.

На основании правил проведения внутриротовой съемки зубов была разработана модель облучения пациента при проведении интраоральных исследований зубов [9]. В построенной модели направление распространения излучения от рентгеновского источника задается таким образом, чтобы центральный луч пучка составлял необходимый угол (см. таблицу 1) с Камперовской плоскостью или плоскостью нижней челюсти и при этом был направлен по перпендикуляру к касательной, проведенной к дуге в месте расположения исследуемого зуба.

Таблица 1. – Углы наклона трубки при контактной рентгенографии [6]

Зубы	Угол наклона трубки	
	верхняя челюсть	нижняя челюсть
Резцы	+55°...+65°	-20°
Клыки	+45°	-15°
Премоляры	+35°	-10°
Моляры	+25°...+30°	-5°...0°

Методика определения дозовых нагрузок. Для нахождения поглощенной дозы на орган или ткань дозы, рассчитанные в вокселях, принадлежащих конкретному органу или ткани, суммировались и усреднялись по количеству вокселей одного типа ткани:

$$\bar{D}_T = \frac{\sum_{i=1}^{N_T} D_{i,T}}{N_T}, \quad (1)$$

где \bar{D}_T – средняя поглощенная доза в органе/ткани типа T ; $D_{i,T}$ – поглощенная доза в i -том вокселе органа/ткани типа T ; N_T – количество вокселей в органе/ткани типа T .

Эквивалентная доза H_T в органе или ткани типа T численно равна средней поглощенной дозе, поскольку взвешивающий коэффициент для рентгеновского излучения $w_R = 1$.

Эффективная доза в соответствии с рекомендациями МКРЗ [2] рассчитывалась по средним от сумм эквивалентных доз для органов или тканей условных мужчины и женщины:

$$E = \sum_T w_T \cdot \left[\frac{H_T^M + H_T^F}{2} \right], \quad (2)$$

где E – эффективная доза, w_T – взвешивающий коэффициент ткани T ; H_T^M – эквивалентная доза, оцененная для органа или ткани типа T условного мужчины; H_T^F – эквивалентная доза, оцененная для органа или ткани типа T условной женщины.

Поскольку все результаты Монте-Карло моделирования приводятся в расчете на одну испущенную в источнике частицу, то для получения реальных значений доз полученный результат умножался на число гамма-квантов, испускаемых источником.

В итоге средняя дозовая нагрузка на орган определялась из выражения

$$D_T = 2\pi \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \right) \cdot R^2 \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2 \cdot N_\gamma \cdot \bar{D}_T, \quad (3)$$

где D_T – среднее значение поглощенной дозы в ткани/органе типа T , полученное после усреднения результатов Монте-Карло моделирования; $2\pi \cdot (1 - \cos(0,5 \cdot \theta)) \cdot R^2$ – площадь поверхности сферического сегмента на расстоянии R от его вершины конуса; θ – угол раствора конуса с вершиной в фокусе, описанного вокруг поля облучения на расстоянии R ; $R_0 = 1000$ мм – расстояние, для которого приведены «TASMIP»-спектры рентгеновского излучения; N_γ – плотность потока гамма-квантов, создаваемых «TASMIP»-источником рентгеновского излучения на расстоянии R_0 от него при заданных напряжении и фильтрации на единицу тока трубки.

Величину N_γ можно найти из соотношения

$$N_\gamma = \int \Phi(E, d, V, \zeta) \cdot dE, \quad (4)$$

где $\Phi(E, d, V, \zeta)$ – энергетическая функция «TASMIP»-источника на расстоянии R_0 от него при заданных напряжении и фильтрации на единицу заряда трубки (1 мАс).

Следует отметить, что в выражении (3) указана площадь поверхности шарового сегмента, ограниченного конусом для заданной апертуры, а не площадь круга в основании конуса. В связи с тем, что для оценки дозы облучения пациента рассматривается плоское поле облучения, то для дальнейших вычислений целесообразно в выражении (3) перейти к площади круга в основании конуса вместо площади поверхности шарового сегмента:

$$D_T = \frac{2}{1 + \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)} \cdot S_{\text{кр}} \cdot \left(\frac{R_0}{R}\right)^2 \cdot N_\gamma \cdot \bar{D}_T, \quad (5)$$

где $S_{\text{кр}}$ – площадь круга в основании конуса.

Для прямоугольных полей в выражение (5) следует ввести поправочный коэффициент вида:

$$\eta = \frac{4ab}{\pi(a^2 + b^2)}, \quad (6)$$

где a и b – длины сторон прямоугольного поля.

Для расчета эффективной дозы на практике используется следующее выражение [10]:

$$E = O \cdot I \cdot t \cdot K_e, \quad (7)$$

где O – радиационный выход рентгеновского излучателя; I – ток рентгеновской трубки; t – время проведения исследования; K_e – коэффициент перехода от значения радиационного выхода рентгеновского аппарата к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке.

Конверсионный коэффициент определяется как частное от деления эффективной дозы на величину радиационного выхода, поэтому необходимо определить радиационный выход построенной модели дентального рентгеновского аппарата.

Радиационный выход рентгеновского аппарата определяется через поглощенную дозу (или воздушную керму) в воздухе на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданном значении анодного напряжения на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки, умноженной на квадрат этого расстояния и отнесенной к 1 мА·с [10].

Радиационный выход для модельного спектра, полученного в программе «TASMIP», может быть рассчитан по формуле:

$$O(d, V, \zeta) = \int \Phi(E, d, V, \zeta) \cdot F(E) \cdot dE, \quad (8)$$

где $F(E)$ – конверсионная функция «поток-керма» для фотонов в воздухе, взятая из [11].

Результаты и обсуждение. Проведено моделирование процедур контактной рентгенографии. Так как в различных дентальных исследованиях рентгеновская трубка располагается под разными углами по отношению к лицевой части головы пациента, то в зону облучения попадают не только исследуемые зубы, но и прилегающие органы и ткани головы и плечевого пояса.

В таблице 2 представлены результаты расчета конверсионных коэффициентов K_e для трех значений высокого напряжения рентгеновского аппарата: 60, 65 и 70 кВ. Можно отметить, что в зависимости от типа исследуемых зубов меняются значения конверсионных коэффициентов, отражая зависимость эффективной дозы от угла наклона трубки. Величина конверсионного коэффициента заметно зависит от размеров поля облучения, так как объем облучаемых тканей зависит от размеров поля облучения. В гораздо меньшей степени эффективная доза зависит от анодного напряжения. Отмеченные зависимости величины конверсионного коэффициента от угла наклона и напряжения трубки, от размеров поля облучения следует учитывать при подготовке для рентгенологов методических документов [10] с табулированными значениями конверсионных коэффициентов K_e .

Таблица 2. – Значения конверсионного коэффициента K_e , мкЗв/(мГр·м²), для различных исследований зубов верхней челюсти

Параметры			Исследование			
V, кВ	d, мм Al	поле облучения	резцы	клыки	премоляры	моляры
60	3	3 см × 4 см	48,3	44,6	24,0	23,4
65	3	3 см × 4 см	50,5	46,6	26,0	25,3
70	3	3 см × 4 см	52,7	48,4	28,1	27,1
60	3	Ø6 см	68,1	65,0	48,9	40,1

Заключение. Представлены этапы моделирования процедур дентальных рентгенологических исследований с целью оценки эффективных доз облучения зубов. Разработана модель стоматологического рентгенодиагностического аппарата с использованием «TASMIP» модели для воспроизведения спектров рентгеновского излучения. Оценка доз облучения выполнена на основе метода Монте-Карло с применением условных воксельных фантомов мужчины и женщины, адаптированных для моделирования процедур разных ви-

дов рентгенологических исследований зубов для различных параметров рентгеновского аппарата (высокое напряжение, общая фильтрация, размер поля). Показана простая возможность практического применения результатов исследования для оценки эффективных доз облучения пациентов при дентальной рентгенографии с помощью рассчитанных конверсионных коэффициентов.

Полученные результаты необходимы для подготовки дозиметрических характеристик дентальных рентгенологических исследований, а также для разработки оптимальных процедур облучения пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. – United Nations Publication, 2010. – Vol.1. – 220 p.
2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4). – Pergamon Press, 2007. – 332 p.
3. Кишковский А.Н., Тютин Л.А., Есиновская Г.Н. Атлас укладок при рентгенологических исследованиях / А.Н. Кишковский, Л.А. Тютин, Г.Н. Есиновская. – Л.: Медицина, 1987. – 520 с.
4. Boone J.M., Seibert J.A. An accurate method for computer-generating tungsten anode X-ray spectra from 30 to 140 keV / J.M. Boone, J.A. Seibert // Med.Phys. – 1997. – Vol. 24, No. 1. – Pp. 1661-1670.
5. Ay M.R. Monte Carlo simulation of X-ray spectra in diagnostic radiology and mammography using MCNP4C. / M.R. Ay, M. Shahriari, S. Sakrar, M. Adib, H. Zaidi // Phys.Med.Biol. – 2004. – No.49. – Pp. 4897-4917.
6. Васильев, А.Ю., Лучевая диагностика в стоматологии: монография / А.Ю. Васильев, Ю.И. Воробьев, В.П. Трутень – М.:Медика, 2007. – 496 с.
7. Adult Reference Computational Phantoms. ICRP Publication 110. Ann. ICRP. / International Commission on Radiological Protection. – 2009. – 165 p.
8. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. ICRP Publication 89. Ann. ICRP / International Commission on Radiological Protection. – Pergamon Press, 2002. – 265 p.
9. Makarevich K.O., Minenko V.F., Verenich K.A., Kuten S.A. Using the Monte Carlo method for assessing the tissue and organ doses to patients in dental radiography. / K.O. Makarevich, V.F. Minenko, K.A. Verenich, S.A. Kuten // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2016. – Vol. 13. No. 3. – Pp. 406-415.
10. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований: Методические указания. МУ 2.6.1.2944-11. Утв. гл. гос. сан. врач РФ Г.Г. Онищенко 19 июля 2011 года.
11. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection. International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 60. – 2001.

ESTIMATION OF EFFECTIVE DOSES TO PATIENTS DURING DENTAL X-RAY EXAMINATIONS

Kristina Makarevich

Victor Minenko, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

Semen Kuten, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

Kirill Verenich

Institute for Nuclear Problems, Belarusian State University, Minsk, Belarus

Purpose. The paper is devoted to estimating radiation doses to patients from dental X-ray examinations.

Methods. The Monte Carlo method was used to simulate the radiation transport within the ICRP reference human phantoms and estimate the energy deposition in organs and tissues.

Findings. The model of dental X-ray unit was developed. The ICRP voxel phantoms were adapted for modeling dental X-ray examinations taking into account the rules of exposure (the tangent rule and the bisector rule). The absorbed dose distributions within organs and tissues were obtained with the help of the Monte Carlo method. Radiation doses to organs and tissues were calculated. The conversion coefficients K_e were derived from these data.

Application field of research. The results obtained can be used for preparing the guidelines for medical establishments or as a basement for developing the software for estimating radiation doses to patients during different X-ray examinations.

Conclusions. The values of the conversion coefficients which link the effective dose values with the X-ray tube parameters and the type of the examination were determined. The possibility of their practical application was shown.

Key words: X-ray radiation, Monte Carlo method, voxel phantoms, radiation doses, dental X-ray examinations, TASMIP.

(The date of submitting: June 9, 2017)

REFERENCES

1. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008. *Report to the General Assembly with Scientific Annexes*. United Nations Publication, 2010. Vol.1. 220 p.
2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *ICRP Publication 103*. Ann. ICRP 37 (2-4). Pergamon Press, 2007. 332 p.
3. Kishkovskij A.N., Tjutin L.A., Esinovskaja G.N. *Atlas of sets for X-ray studies*. Leningrad: Medicina, 1987. 520 p. (rus)
4. Boone J.M., Seibert J.A. An accurate method for computer-generating tungsten anode X-ray spectra from 30 to 140 keV. *Med.Phys.* 1997. Vol. 24, No. 1. Pp. 1661-1670.
5. Ay M.R., Shahriari M., Sakrar S., Adib M., Zaidi H. Monte Carlo simulation of X-ray spectra in diagnostic radiology and mammography using MCNP4C. *Phys.Med.Biol.* 2004. No.49. Pp. 4897-4917.
6. Vasil'ev A.Ju., Vorob'ev Ju.I., Truten' V.P. *Radiodiagnosis in dentistry: monograph*. Moscow: Medika, 2007. 496 p. (rus)
7. Adult Reference Computational Phantoms. *ICRP Publication 110*. Ann. ICRP. International Commission on Radiological Protection. 2009. 165 p.
8. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. *ICRP Publication 89*. Ann. ICRP. International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, 2002. 265 p.
9. Makarevich K.O., Minenko V.F., Verenich K.A., Kuten S.A. Using the Monte Carlo method for assessing the tissue and organ doses to patients in dental radiography. *Physics of Particles and Nuclei Letters*. 2016. Vol. 13. No. 3. Pp. 406-415.
10. Control of effective radiation doses to patients during medical X-ray examinations: *Methodological guidelines*. MU 2.6.1.2944-11. *Approved Chap. State San.* Doctor of the Russian Federation G.G. Onishhenko on July 19, 2011. (rus)
11. Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection. *International Commission on Radiation Units and Measurements*. ICRU Repost 60. 2001.

УДК 539.171.4

**О СПЕКТРЕ ОТРАЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ БЫСТРЫХ НЕЙТРОНОВ,
ПАДАЮЩИХ НА БЕТОННУЮ СТЕНКУ****Загороднюк А.А., Гацкевич Г.В., Миненко В.Ф., Кутень С.А.**

Проведено компьютерное моделирование спектра отраженного излучения моноэнергетического пучка нейтронов, падающего на бетонную стену. Рассмотрены два встречающиеся на практике варианта падения нейтронов, которые могут быть использованы для оценки защиты от отраженных нейтронов в помещениях: перпендикулярно слою и под углом 45° к нему. Спектр отраженного излучения содержит пики, обусловленные упругим рассеянием нейтронов на ядрах элементов, входящих в состав бетона. Пики идентифицированы с элементным составом бетона. По амплитуде преобладают пики, соответствующие элементам с наибольшим содержанием в бетоне. Показано, что вследствие рассеяния пиковые значения в наибольшей степени смещаются в низкоэнергетическую область при нормальном падении пучка нейтронов.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, бетон, нейтроны, отражение, спектр.

(Поступила в редакцию 7 июня 2017 г.)

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь в практике лучевой терапии все большее распространение получают линейные ускорители электронов. Основными достоинствами линейных ускорителей являются: уменьшенные дозовые нагрузки на здоровые ткани организма при формировании высокой дозы в области опухоли, возможность равномерного облучения опухоли, возможность варьировать характеристики поля облучения [1].

Современные медицинские линейные ускорители электронов способны генерировать пучки фотонов с энергией до 18-20 МэВ. Для их безопасной эксплуатации используются специально спроектированные помещения. Наиболее распространенным материалом защиты от воздействия ионизирующего излучения является бетон, применяющийся в качестве основного строительного материала помещения линейного ускорителя (бункера), и представляющий собой смесь элементов с малым и средним атомным весом [2], [3].

При проектировании помещений линейных ускорителей, в настоящее время основное внимание уделяется защите от тормозного излучения, считая при этом, что защита от другого сопутствующего излучения осуществляется автоматически. Следует, однако, понимать, что успешное использование высокоэнергетического тормозного излучения линейных ускорителей сопровождается целым рядом проблем, связанных с появлением нежелательного нейтронного излучения в поле облучения. При формировании пучка фотонов с энергией выше пороговой энергии фотоядерных реакций (около 10 МэВ) на элементах выходного устройства ускорителя рождаются быстрые нейтроны [1, 2, 5]. В этих условиях расчет оптимальной и экономически обоснованной толщины и состава защиты требует знания спектрального состава нейтронного излучения [6].

Знание спектрального состава необходимо даже при качественной оценке защиты. Простейшие оценки, основанные на геометрическом приближении для распространения нейтронов, показывают, что в некоторых конфигурациях бункера нейтроны, отраженные от бетонной стенки под углом 45° , могут попасть в лабиринт бункера, предназначенный для защиты от прямого и рассеянного излучения. Далее, после серии аналогичных отражений, нейтроны могут попасть на стену и входную дверь бункера, за которой находится персонал и пациенты. Опасность возникающего нейтронного излучения состоит в том, что тяжесть биологического воздействия нейтронов с энергией 1 МэВ в 20 раз выше по сравнению с фотонным излучением. При этом биологическое действие нейтронов сильно зависит от энергии излучения. Так, в диапазоне энергий 0,01 – 1 МэВ радиобиологическая эффективность нейтронного излучения изменяется от 2,5 до 20 [7].

Целью данной работы является моделирование спектра отраженного нейтронного излучения при падении первичного моноэнергетического нейтронного пучка (с энергией 1 МэВ) на бетонную поверхность.

Ниже исследованы спектры отраженного излучения в двух практически важных случаях: нормальное падение пучка на поверхность и падение под углом 45° к поверхности.

Моделирование спектра отраженного нейтронного излучения при падении монохроматического нейтронного пучка перпендикулярно поверхности бетона. Направленный моноэнергетический источник с энергией 1 МэВ расположен на расстоянии 1 метр от бетонной стенки. Пучок нейтронов падает на поверхность стенки перпендикулярно. Спектр отраженного нейтронного излучения фиксируется на расстоянии 30 см от поверхности бетона. Область исследования пучка представляет собой кольцо конечной толщины, образованное двумя конусами с углами раствора 45° и 46° (с вершиной в точке падения пучка), и секущей их плоскостью, параллельной поверхности бетона. Схема моделирования представлена на рисунке 1. Типичный элементный состав бетона, используемый в задачах по расчету пассивной защиты, представлен в таблице 1 [3,4].

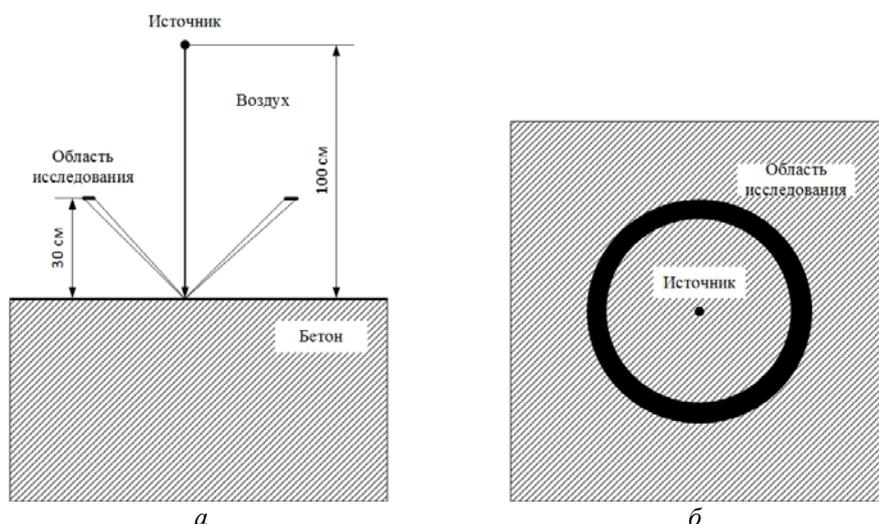


Рисунок 1 – Схема моделирования для нормального падения нейтронного пучка на поверхность бетона: а – вид сбоку; б – вид сверху

Таблица 1. – Состав моделируемого бетона (плотность $2,35 \text{ г/см}^3$)

Элемент	Массовая доля
H	0,008485
C	0,050064
O	0,473483
Mg	0,024183
Al	0,036063
Si	0,145100
S	0,002970
K	0,001697
Ca	0,246924
Fe	0,011031

Монте-Карло моделирование процесса переноса нейтронов от источника до «детектора» (область исследования) проводилось с помощью кода MCNP[8]. В рассчитанном спектре отраженного под углом 45° излучения от падающего моноэнергетического пучка нейтронов с энергией 1 МэВ выявляется шесть выраженных пиков. Основным механизмом формирования пиков в спектре отраженных нейтронов является упругое рассеяние на ядрах элементов, входящих в состав бетона. Пики спектра были сопоставлены со средней

энергией нейтронов, упруго рассеявшихся на выделенном элементе бетона, согласно формуле [5]:

$$E = \frac{1+a}{2} E_0, \quad a = \frac{(A-1)^2}{(A+1)^2}, \quad (1)$$

где E_0 – первоначальная энергия нейтрона, МэВ; A – массовое число элемента, на котором происходит рассеяние, а.е.м.

Для каждого элемента было рассчитано пиковое значение энергии упруго рассеянного нейтрона, претерпевшего одно или несколько рассеяний. Энергия рассеянного нейтрона, энергия пиков в спектре, относительное отклонение пиков смоделированного спектра от расчетных энергий упруго рассеянного нейтрона, а также количество рассеяний представлены в таблице 2.

Сравнение результатов моделирования с аналитическими расчетами (1) показывает, что основным механизмом взаимодействия нейтронов 1 МэВ с бетоном является упругое рассеяние. При заданной геометрии нейтрон в среднем дважды упруго рассеивается, прежде чем покидает бетон. Высота пиков в спектре пропорциональна массовой доле элемента, входящего в состав бетона. Спектральный состав отраженного излучения при нормальном падении пучка на бетон представлен на рисунке 2.

Таблица 2. – Результаты идентификации максимумов в спектре отраженного излучения при нормальном падении пучка на бетон

Максимум в модельном спектре E_{\max} , МэВ	Рассеивающий элемент	Средняя энергия упруго рассеявшихся на элементе нейтронов E , МэВ (формула (1))	Относительная разность, $(E-E_{\max})/E$, %	Количество рассеяний
0,750	C	0,736	1,89	2
0,806	O	0,790	1,92	2
0,868	Mg	0,866	0,13	2
0,884	Si	0,871	1,46	2
0,918	Ca	0,907	1,20	2
0,938	Fe	0,929	0,87	2

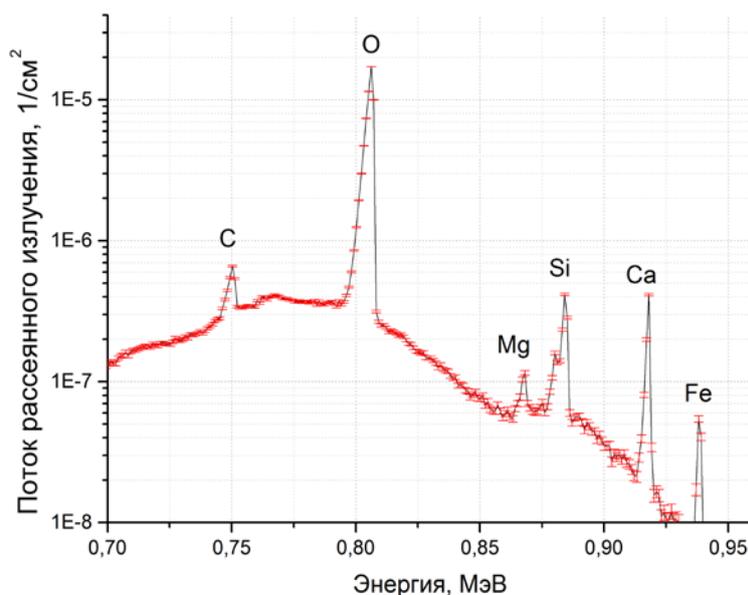


Рисунок 2. – Спектральный состав рассеянного излучения, отраженного под углом 45° при падении пучка с энергией 1Мэв перпендикулярно бетонной стенке, с указанием происхождения пиков

Моделирование спектра отраженного нейтронного излучения при падении монохроматического нейтронного пучка с энергией 1 МэВ под углом 45° к поверхности бетона. Направленный моноэнергетический источник расположен на расстоянии 1 метр от

бетонной стенки. Пучок нейтронов падает на поверхность бетона под углом 45° . Спектр отраженного излучения фиксируется на расстоянии 20 см от поверхности бетона в области, представляющей собой прямоугольник, образованный двумя плоскостями, выходящими из центра под углами 45° и 46° . Данные плоскости пересекает плоскость, расположенная под углом 45° к поверхности бетона. Схема моделирования представлена на рисунке 3.

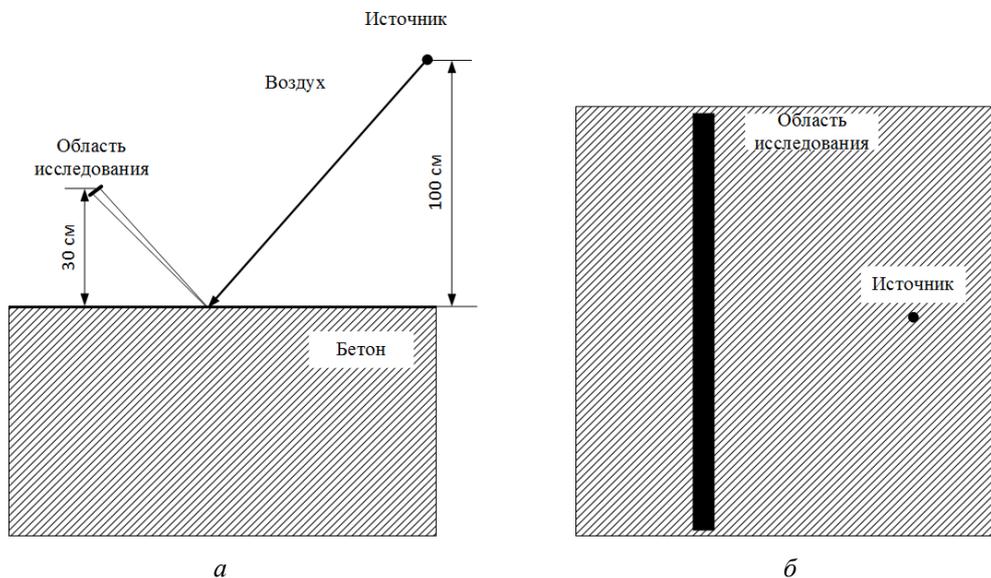


Рисунок 3. – Схема моделирования для падения нейтронного пучка под углом 45° на поверхность бетона: а – вид сбоку; б – вид сверху

В этом случае в спектре выделяется пять пиков. Энергии выделенных пиков, в предположении упругого рассеяния, были соотнесены с рассчитанными по формуле (1) энергиями рассеянных нейтронов. Результаты идентификации максимумов в спектре отраженного излучения представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Результаты идентификации максимумов в спектре отраженного излучения при падении пучка на бетон под углом 45°

Максимум в модельном спектре E_{\max} , МэВ	Рассеивающий элемент	Средняя энергия упруго рассеявшихся на элементе нейтронов E , МэВ, (формула (1))	Относительная разность, $(E - E_{\max})/E$, %	Количество рассеяний
0,845	C	0,857	1,50	1
0,882	O	0,889	0,80	1
0,931	Si	0,933	0,25	1
0,951	Ca	0,952	0,14	1
0,964	Fe	0,964	0,02	1

Сравнение результатов моделирования с аналитическим расчетом показывает, что при падении на бетонную плоскость под углом 45° , нейтрон рассеивается в среднем один раз, прежде чем покинет бетон. Отсутствие пика магния связано с тем, что он из-за своей малой амплитуды неразличим на фоне пика кремния. Окончательный результат моделирования спектра отраженного излучения представлен на рисунке 4.

Заключение. Результаты моделирования подтверждают, что основной механизм взаимодействия нейтронов с бетоном – упругое рассеяние на элементах, входящих в состав бетона. Процессы рассеяния нейтронов в бетоне, приводящие к формированию отраженного излучения, смещают энергию нейтрона в низкоэнергетическую область. Наибольшее энергетическое смещение пики спектра нейтронов испытывают при перпендикулярном падении на бетонную стенку. Наблюдаемое уменьшение смещения пиков при отклонении от нормального падения связано со средним количеством упругих рассеяний нейтронов на элементах бетона. Высота пика при смещении зависит от массовой доли элемента, входя-

щего в бетон, и от среднего количества рассеяний. Основной по величине пик упругого рассеяния обусловлен присутствием в бетоне кислорода, массовая доля которого в исследуемом бетоне порядка 47 %.

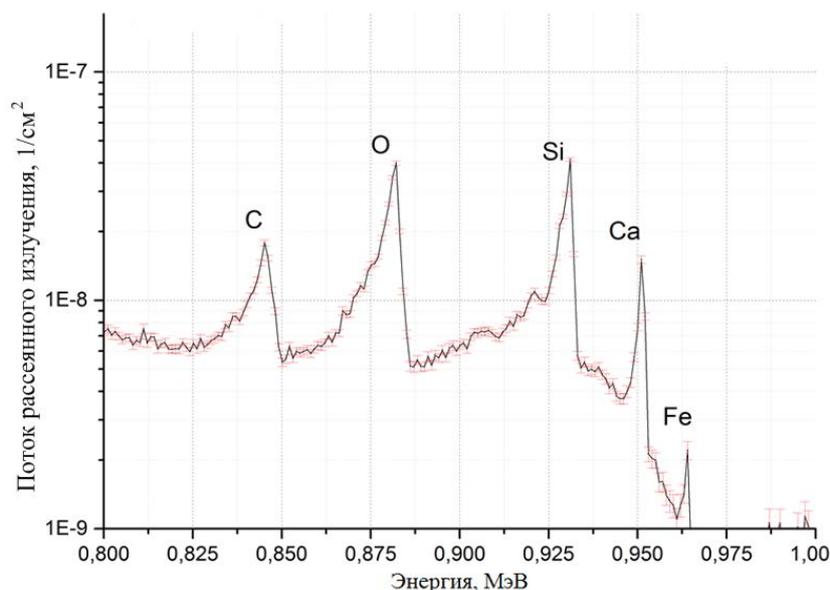


Рисунок 4. – Спектральный состав рассеянного излучения, отраженного под углом 45° при падении пучка с энергией 1 МэВ под углом 45° к бетонной стенке, с указанием происхождения пиков

В реальных помещениях при многократном отражении нейтронного пучка от стен, будет действовать тот же механизм взаимодействия быстрых нейтронов (порядка 1 МэВ) с компонентами бетона и смещения пиков спектра.

Полученные результаты могут быть использованы для качественного определения компонент спектра отраженного излучения исходя из состава бетона и среднего количества упругих отражений, испытываемых нейтронами при распространении в помещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hashemi S.M. Raisali G. Shokrani P. A study of the photoneutron dose equivalent resulting from a Saturne 20 medical linac using Monte Carlo method. / S.M. Hashemi, G. Raisali, P. Shokrani // *Nukleonika* – 2007. – Vol. 1 – P. 39-43.
2. Kazuaki K. Koji O. Takashi N. Yoshiaki K. Optimum shielding structure for the wall of medical LINAC facility. / K. Kazuaki, O. Koji, N. Takashi, K. Yoshiaki // *Progress in Nuclear Science and Technology* – 2014. – Vol. 4 – P. 276-279.
3. Бродер Д.Л. Зайцев Л.Н. Бетон в защите ядерных установок / Д.Л. Бродер, Л.Н. Зайцев – М.: Атомиздат, 1966. – 240 с.
4. Машкович В.П. Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 498 с.
5. Рубчя В.А. Нейтронная физика и ядерная энергетика / В.А. Рубчя – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2013 – 155 с.
6. Гусев Н.Г. Машкович В.П. Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений. Том 1: Физические основы защиты от излучений. / Н.Г. Гусев, В.П. Машкович, А.П. Суворов – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
7. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. – ICRP Publication 60 // *Ann. ICRP* 21 (1-3), 1991.
8. Briesmeister J.F. MCNP-A general monte Carlo N-particle Transport Code (Version 4B) / J.F. Briesmeister – Los Alamos National Laboratory, 1997. – 736 p.

ABOUT THE SPECTRUM OF THE MONOENERGETIC QUICK NEUTRONS BEAM REFLECTED FROM CONCRETE

Aliaksei Zaharadniuk

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Georgy Gatskevich

National Cancer Centre of Belarus, Lesnoy, Belarus

Victor Minenko, PhD in Biological Sciences

Siamion Kutsen, PhD in Physical and Mathematical Sciences

Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University, Minsk, Belarus

Purpose. The aim of this paper is to simulate the spectrum of reflected neutron radiation when a primary monoenergetic neutron beam (1 MeV) falls on a concrete surface.

Methods. Computer modeling using Monte Carlo method.

Findings. The spectra of the reflected radiation are calculated when the neutron beam hits the surface of the concrete. The maxima in the spectra are identified with the elemental composition of concrete

Application field of research. The obtained results can be used for energy spectrum estimations of the reflected neutrons in the bunker of the medical electron accelerator.

Conclusions. The processes of neutron scattering in concrete, leading to the formation of reflected radiation, shift the neutron energy into the low-energy region. The largest energy shift of the peak of the neutron spectrum is observed for the perpendicular incidence of the neutron beam on a concrete wall.

Keywords: computer modeling, concrete, neutrons, reflection, energy spectrum.

(The day of submitting: June 7, 2017)

REFERENCES

1. Hashemi S.M. Raisali G. Shokrani P. A Study of the photoneutron dose equivalent resulting from a Saturne 20 medical linac using Monte Carlo method. *Nukleonika*, 2007. Vol. 1. Pp. 39-43.
2. Kazuaki K. Koji O. Takashi N. Yoshiaki K. Optimum shielding structure for the wall of medical LINAC facility. *Progress in Nuclear Science and Technology*, 2014. Vol. 4. Pp. 276-279.
3. Broder L.D. Zaytsev L.N. *Beton v zashchite yadernykh ustanovok* [Concrete for protection of nuclear devices] Moscow: Atomizdat, 1966. (rus)
4. Mashkovich V.P. Kudryavtseva A.V. *Zashchita ot ioniziruyushchikh izlucheniye* [Ionizing radiation protection] Moscow: Energoatomizdat, 1995. (rus)
5. Rubchenya V.A. *Neytronnaya fizika i yadernaya energetika* [Neutron physics and Nuclear Energetics] Saint-Petersburg: University Press, 2013. (rus)
6. Gusev V.P. Mashkovich V.P. Suvorov A.P. *Zashchita ot ioniziruyushchikh izlucheniye* [Ionizing radiation protection] Vol. 1: Fizicheskie osnovy zashchity ot izlucheniye. Moscow: Energoatomizdat, 1989. (rus)
7. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3), 1991.
8. Briesmeister J.F. *MCNP-A general monte Carlo N-particle Transport Code (Version 4B)*. Los Alamos National Laboratory, 1997. – 736 p.

УДК 614.891.3

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ НОРМАТИВНЫХ ПРАВОВЫХ АКТОВ, УСТАНОВЛИВАЮЩИХ ТРЕБОВАНИЯ К ПОДШЛЕМНИКАМ ПОЖАРНОГО

Шеремет Т.В., Навроцкий О.Д., Дмитракович Н.М.

Проведен аналитический обзор зарубежных технических нормативных правовых актов, устанавливающих требования к подшлемникам пожарного и методам их испытаний. Результаты анализа будут использованы при разработке методики проведения испытаний, а также при разработке отечественного образца подшлемника пожарного и установлении к нему конструктивных и защитных требований.

Ключевые слова: специальная защитная одежда, средства индивидуальной защиты, подшлемник пожарного.

(Поступила в редакцию 6 сентября 2017 г.)

Введение. Основопологающим принципом для решения задач по локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций является безопасное, современное оборудование и снаряжение пожарных-спасателей, отвечающее требованиям ТНПА в области пожарной безопасности.

По сведениям, полученным на основании анализа данных из АРМ (автоматизированное рабочее место) «Учет пожаров» отдела статистики и анализа Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Беларуси, более 95 % из всех чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), происходящих в Республике Беларусь, приходится на пожары. Одним из опасных факторов пожара является высокая температура. Воздействие высокой температуры может привести к внутренним и поверхностным ожогам. Несмотря на значительные успехи в медицине в лечении ожогов, у человека, получившего ожоги второй степени на 30 % поверхности тела, вероятность летального исхода составляет 10 %. Наиболее опасны для человека – ожоги лица, ведь в коже головы и шеи находятся больше всего терморцепторов (объединения нервных окончаний, реагирующих на тепло и холод) [1].

По статистике с 2011 по 2017 г.г. по республике 13 работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям (далее – ОПЧС) получили ожоги лица при ликвидации пожаров. По данным инспекции по охране труда и пожарной безопасности МЧС Республики Беларусь, все несчастные случаи произошли в результате взрывов баллонов. Как показывает практика, аналогичные ситуации происходят и с пожарными-спасателями зарубежных стран. Так при ликвидации пожара в Новой Москве (Российская Федерация), при взрыве двух баллонов с кислородом и ацетиленом пострадали двое спасателей [2].

Кроме того, известны случаи получения сильных ожогов головы при ликвидации чрезвычайных ситуаций с обрушением горящих строительных конструкций [3].

На основании вышеизложенного, разработка средств, обеспечивающих дополнительную защиту головы пожарного-спасателя от поражающих факторов пожара, является актуальной научной проблемой.

Основным эффективным средством индивидуальной защиты (далее – СИЗ) головы пожарного-спасателя является шлем пожарного. Но, стоит отметить, что шлем пожарного не полностью защищает лицо, 10-15 % лица остается открытым (в зависимости от модели шлема). Незащищенные части лица уязвимы при воздействии высокой температуры, а также механических воздействий.

В настоящее время нормы обеспечения ОПЧС, утвержденные Указом Президента Республики Беларусь [4]. В качестве СИЗ для защиты головы предусмотрена шапочка-подшлемник полушерстяная черного цвета. Какие-либо другие требования, кроме цвета и состава, к шапочкам-подшлемникам не установлены.

В целях дополнительной защиты головы пожарных-спасателей от опасных и вредных факторов при проведении работ по ликвидации пожаров актуальным направлением является разработка удобного и надежного СИЗ «Подшлемник пожарного». Подшлемником пожарного предлагается заменить стоящую на обеспечении в ОПЧС шапочку-подшлемник и дополнить им комплект специальной защитной одежды (далее – СЗО).

Основная часть. На сегодняшний день такой элемент защиты головы, как подшлемник, является важной частью экипировки не только у зарубежных спасателей, но и у представителей других профессий, где существует риск получения травмы (ожогов) тела и лица (топливно-энергетическая промышленность и др.).

Так, например, обзор литературы показал, что большое значение СИЗ тела и головы представляют для работников энергетической сферы, металлургии, тяжелого машиностроения и нефтегазового комплекса [5-8].

С целью последующего определения конструктивного исполнения и уровня защитных свойств подшлемника проведен анализ ТНПА, регламентирующих требования к СИЗ «Подшлемник пожарного» [9-16].

Анализ показал, что нормативные документы, регламентирующие требования по конструктивному исполнению и защитным свойствам подшлемника пожарного в Республике Беларусь в настоящее время отсутствуют.

В Российской Федерации в комплекте СЗО пожарного для дополнительной защиты головы и тела от тепловых и климатических воздействий предусмотрен подшлемник пожарного, на который распространяются требования ТНПА [9]. Данный стандарт устанавливает общие технические требования к СЗО и СИЗ пожарного и материалам, используемых для их изготовления, а также методы испытаний данных изделий. «Подшлемник пожарного» – подшлемник из трикотажного полотна с применением термостойких волокон, используемый в комплекте с СЗО и предназначенный для дополнительной защиты головы пожарного от тепловых и климатических воздействий [9].

В соответствии с ГОСТ [9] подшлемник пожарного должен изготавливаться не менее трех условных размеров в зависимости от обхвата головы в диапазоне от 54 до 62 см. Масса подшлемника пожарного – не более 0,35 кг. Также в данном нормативном документе определены физико-механические и теплофизические требования, предъявляемые к материалу, из которого должен быть изготовлен подшлемник [9].

В документе [9] прописаны порядок проведения данных испытаний, испытательное оборудование и оценка результатов испытаний по определению устойчивости к воздействию температуры окружающей среды, устойчивости к воздействию открытого пламени, устойчивости к воздействию теплового потока.

Европейский стандарт [10] устанавливает следующее определение «подшлемника» – СИЗ головы и шеи из гибкого материала. Данный нормативный документ не распространяется на СЗО, предназначенную для пожарных-спасателей, но регламентированные в нем требования в дальнейшем необходимы для проведения испытаний по установлению требований к подшлемнику пожарного.

В соответствии со стандартом [10] к подшлемнику предъявляются следующие требования:

– если, согласно инструкции производителя, не определено количество циклов чистки перед проведением испытаний, то проводят пять циклов чистки;

– если материал однослойного изделия или подкладка многослойного изделия при ношении контактирует с кожей человека, то материал испытывают при температуре $(260 \pm 5)^\circ\text{C}$. Материал не должен воспламеняться или плавиться, а также иметь усадку более 10 %;

– предъявляются требования к защитным свойствам материала СЗО, а также к исполнению швов и краев (швы и края должны сшиваться и обрабатываться огнестойчивой нитью);

– дополнительное испытание комплекта СЗО для прогнозирования ожогов, проводят согласно ГОСТ ISO [11];

– оценка материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения, проводится в соответствии со стандартом [12].

Кроме того, стандарт описывает проведение эксплуатационных испытаний защитных свойств СЗО, которые заключаются в обеспечении дополнительной защиты от тепла и пламени и проводятся с использованием полного комплекта одежды.

Европейский стандарт [13] регламентирует требования к подшлемнику пожарного. Данный стандарт указывает на взаимосвязанные документы [14-16], в которых прописаны методы испытаний и вспомогательное оборудование. Устойчивость к воздействию открытого пламени определяется согласно методу, указанному в ГОСТ ISO [14]. Стандарты [15-16] устанавливают методы по определению устойчивости к воздействию температуры окружающей среды и воздействию теплового потока.

Таким образом, на основании анализа зарубежных ТНПА, можно выделить основные теплофизические показатели, которые необходимо предъявлять к материалам подшлемника пожарного:

- устойчивость к воздействию открытого пламени;
- устойчивость к воздействию температуры окружающей среды;
- устойчивость к воздействию теплового потока.

В таблице 1 сведены требования по теплофизическим показателям, предъявляемые к СИЗ головы – подшлемнику из перечисленных выше ТНПА.

Таблица 1. – Сравнительная таблица теплофизических показателей, предъявляемых к материалу подшлемника

Наименование показателя	ГОСТ Р 53264	ГОСТ ISO 11612	EN 13911
Устойчивость к воздействию открытого пламени	не менее 15 с	не менее 10 с	не менее 10 с
Устойчивость к воздействию температуры окружающей среды	300 °С, не менее 300 с	260±5 °С, не менее 300 с	260±5 °С, не менее 300 с
Устойчивость к воздействию теплового потока	5,0 кВт/м ² , не менее 240 с	80 кВт/м ² , до нарушения свойств материала	от 5,0 кВт/м ² до 10 кВт/м ² , не менее 180 с

Совместно с Научно-практическим центром Витебского областного управления МЧС (далее – НПЦ Витебского УМЧС) и на основании анализа зарубежных ТНПА, разработана методика проведения испытаний по оценке защитных свойств подшлемника пожарного. Методика разработана с учетом стандарта [9], так как в нем содержится наибольшее количество контролируемых показателей. Однако стоит отметить, что в настоящем стандарте нечетко (нет точно определенных критериев) описан анализ результатов по каждому методу испытаний материала подшлемника пожарного.

Поэтому, в ходе разработки методики, производился отбор образцов различных термостойких трикотажных полотен, которые подвергались лабораторным испытаниям с целью соответствия их на теплофизические показатели и достоверного определения анализа результатов по каждому показателю. Стоит отметить, что «оптимальные» показатели защитных свойств подшлемника пожарного будут определены методом математического планирования в ходе масштабных исследований технологии производства и лабораторных испытаний.

Причиной разрушения материала, следовательно, изменение его защитных свойств, может стать не только воздействие высокой, но и низкой температуры. Зимой минимальная температура воздуха в Беларуси может достигать минус 40 °С, данные климатические условия могут стать причиной разрушения изделия (поверхностный износ, изменение структуры материала и др.).

В связи с тем, что пожарные-спасатели выполняют свою работу при различных климатических условиях (проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее – АСиДНР)), необходимо учитывать при определении защитных свойств СИЗ «Подшлемник пожарного» показатель на морозостойкость (морозостойкость – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без видимых признаков разрушения и без значительного понижения прочности).

На основании изложенного разработана методика проведения испытаний по оценке защитных свойств СИЗ «Подшлемник пожарного».

Методика проведения испытаний по оценке защитных свойств СИЗ «Подшлемник пожарного». Сущность методики проведения испытаний заключается всестороннем изучении защитных свойств СИЗ «Подшлемник пожарного» (определение физико-механических, теплофизических показателей, показателя на морозостойкость, а также нормативных значений показателей и методы их определения).

Масса подшлемника пожарного должна составлять не более 0,35 кг и определяется путем взвешивания на весах среднего класса точности по ГОСТ [17].

Размерный ряд подшлемника пожарного определяется (в зависимости от размера головы в диапазоне от 54 до 62 см) по стандарту [18].

Поверхностную плотность материала определяют по стандарту [19].

Разрывная нагрузка материала подшлемника пожарного определяется по стандарту [20].

Изменение линейных размеров после мокрых обработок или химической чистки материала подшлемника пожарного определяют по ТНПА [21-22].

В СТБ [23] хорошо рассмотрен метод определения устойчивости материала к воздействию открытого пламени. Устойчивость материала к воздействию открытого пламени можно определять двумя способами: при поверхностном и кромочном зажигании. При испытании термостойкого трикотажного полотна подшлемника пожарного необходимо использовать поверхностное зажигание при 5 и 15 с. Это связано с тем, что существующие текстильные материалы (ткани, трикотаж), которые в настоящее время используются при разработке СЗО имеют специфические свойства, а именно не горят при 15 с, но в тоже время при 5 с время их остаточного горения или тления может составлять более 2 с.

Материал считают выдержавшим испытания, если время остаточного горения или тления составляет не более 2 с.

Те же результаты испытания должны получиться и после пяти стирок материала по ГОСТ [22].

Определение устойчивости материала к воздействию температуры окружающей среды до 300 °С и изменения линейных размеров после нагревания определяется согласно СТБ [23]. Лабораторные испытания позволяют установить, что материал выдержал испытания, если на всех пробах не произошло:

- разрушения материала (оплавления, обугливания, прогара);
- воспламенения;
- усадки образцов материала по основе (длине) и утку (ширине) более 5 %;
- снижения разрывной нагрузки ниже 250 Н (по длине) и 200 Н (по ширине).

Метод и оборудование по определению устойчивости материалов воздействию теплового потока плотностью 5,0 кВт/м² проводится по стандарту [23]. Лабораторные испытания позволяют определить, что материал выдержал испытания, если на всех пробах не произошло:

- разрушения материала (оплавления, обугливания, прогара);
- воспламенения;
- снижения разрывной нагрузки ниже 400 Н (по длине) и 320 Н (по ширине).

Метод проведения морозостойкости материала и вспомогательное оборудование определен в СТБ [23]. Лабораторные испытания позволяют определить, что материал выдержал испытания, если на всех пробах не произошло:

- разрушения (изменение структуры материала, потеря целостности);
- снижения разрывной нагрузки ниже 400 Н (по длине) и 320 Н (по ширине).

По результатам предварительных лабораторных испытаний, проведенных на испытательной базе Научно-практического центра Витебского областного УМЧС, установлены показатели, определяющие защитные свойства подшлемника пожарного и оценка результатов испытаний (таблица 2).

Таблица 2. – Показатели, определяющие защитные свойства подшлемника пожарного и оценка результатов испытаний

Наименование показателя	Оценка результатов
Устойчивость к воздействию открытого пламени; с, не менее	Не допускается: - времени остаточного горения и времени остаточного тления не более 2 с.
Устойчивость к воздействию температуры окружающей среды до 300 °С	Не допускается: - разрушения материала (оплавления, обугливания, прогара); - воспламенения; - усадки образцов материала по основе (длине) и утку (ширине) более 5 %; - снижения разрывной нагрузки ниже 250 Н (по длине) и 200 Н (по ширине).
Устойчивость к воздействию теплового потока 5,0 кВт/м ²	Не допускается: - разрушения материала (оплавления, обугливания, прогара); - воспламенения; - снижения разрывной нагрузки ниже 400 Н (по длине) и 320 Н (по ширине).
Морозостойкость	Не допускается: - разрушения (изменение структуры материала, потеря целостности); - снижения разрывной нагрузки ниже 400 Н (по длине) и 320 Н (по ширине).

Заключение. В результате изучения статистических данных по ожогам лица, полученных пожарными-спасателями в результате ликвидации пожаров, определена необходимость разработки дополнительного СИЗ «Подшлемник пожарного».

Для установления конструктивных и защитных свойств подшлемника пожарного проведен обзор технических нормативных правовых актов, регламентирующих требования к данному СИЗ.

В связи с отсутствием в Республике Беларусь нормативных актов, устанавливающих требования по конструктивным и защитным свойствам к подшлемнику пожарного, разработана методика проведения испытаний для СИЗ «Подшлемник пожарного».

В основу методики проведения испытаний по оценке защитных свойств подшлемника пожарного положена методика стандарта [23], определены физико-механические и теплофизические требования, установлен дополнительный показатель защитных свойств материала подшлемника на морозостойкость. По результатам лабораторных испытаний, проведенных на испытательной базе НПЦ Витебского УМЧС, определена оценка результатов по каждому показателю, определяющему защитные свойства подшлемника пожарного.

В дальнейшем планируется:

- исследовать свойства различной термостойкой пряжи, которую можно будет использовать при производстве трикотажного полотна, из которого будет изготавливаться СИЗ «Подшлемник пожарного»;

- изучить технологию производства трикотажного полотна, какие технические моменты будут влиять на защитные свойства подшлемника пожарного (состав пряжи, параметры петельной структуры, плотность и др.);
- провести испытания отобранных трикотажных полотен и подтвердить их пригодность для применения в производстве подшлемника пожарного;
- определить «оптимальную» конструкцию подшлемника пожарного, определить расход сырья на единицу изделия и производительность вязального оборудования, используемого для проектирования данного СИЗ;
- разработать экспериментальные образцы СИЗ «Подшлемник пожарного», организовать проведение опытной носки в ОПЧС по разработанной программе;
- применить результаты полученных исследований при разработке проекта технического нормативного правового акта, регламентирующего требования к СИЗ «Подшлемник пожарного».

ЛИТЕРАТУРА

1. Биомеханика / В.И. Дубровский. В.Н. Федорова // Учебник для вузов. Москва: «Владос пресс», 2003. – С. 196-200.
2. Интернет – сайт «360°» Двое спасателей получили пострадали при ликвидации пожара в Новой Москве [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://360tv.ru/news/dvove-spasatelej-postradali-pri-likvidacii-pozhara-v-novoj-moskve-106659/>. Дата доступа 28.07.2017.
3. Американский интернет ресурс MEDIALEAKS [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://medialeaks.ru/2508yut-perezshivshiy-peresadku-litsa-amerikanets-rasskazal-o-svoey-novoy-zhizni/>. Дата доступа 28.07.2017.
4. Указ Президента Республики Беларусь от 19 октября 2009 г. № 512 «О материально-техническом обеспечении органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям».
5. Скоков С.Ю. Особенности выбора материалов огнезащитной спецодежды для работников нефтегазового комплекса // [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ivcompany.ru/useful_info/publishing/2153/. Дата доступа 18.07.2017.
6. Фомченкова Л.Н. Современные текстильные материалы для рабочей специальной одежды // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lpbinfo.ru/Arhiv/2014/ro-03-2014/index.html#16>. Дата доступа 28.07.2017.
7. «Родники текстиль» Инновационные решения // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lpbinfo.ru/Arhiv/2014/ro-03-2014/index.html#16>. Дата доступа 28.07.2017.
8. Н.С. Михеева. Исследование и разработка спецодежды нефтяника в условиях работы на крайнем севере // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lpbinfo.ru/Arhiv/2014/ro-03-2014/index.html#8>. Дата доступа 28.07.2017.
9. Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ Р 53264-2009. Национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 01.07.2009 – 41 с.
10. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Общие требования и эксплуатационные характеристики: ГОСТ ISO 11612-2014. Межгосударственный стандарт. – Введ. 29.10.2014 – 24 с.
11. Одежда тепло- и огнезащитная. Метод испытания для полного комплекта одежды. Прогнозирование вероятности ожогов с использованием сенсорного манекена: ГОСТ ISO 13506:2008. Межгосударственный стандарт. – Введ. 01.05.2008. – 36 с.
12. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и пламени. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени: ГОСТ Р ИСО 9151-2007. Национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 01.07.2007. – 16 с.
13. Protective clothing for firefighters. Requirements and test methods for fire hoods for firefighters. EN 13911.
14. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от тепла и пламени. Метод испытаний на ограниченное распространение пламени: ГОСТ ISO 15025-2012. Межгосударственный стандарт. – Введ. 01.09.2013. – 26 с.

15. Система стандартов безопасности труда. Одежда и средства защиты от тепла. Метод определения конвективной термостойкости с применением печи с циркуляцией горячего воздуха: ГОСТ ISO 17493-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 01.12.2014. – 9 с.
16. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения: ГОСТ Р ИСО 6942-2007. Национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 01.07.2007. – 11 с.
17. Весы для статического взвешивания. Общие технические требования: ГОСТ 29329-92. Государственный стандарт Республики Беларусь. – Введ. 01.01.1976. – 28 с.
18. Головные уборы трикотажные. Общие технические условия: ГОСТ 33378-2015. Межгосударственный стандарт. – Введ. 14.12.2015. – 8 с.
19. Полотна и изделия трикотажные. Методы определения влажности, массы и поверхностной плотности: ГОСТ 8845-87. Государственный стандарт Республики Беларусь. – Введ. 01.01.1989. – 10 с.
20. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных: ГОСТ 8847-85. Государственный стандарт СССР. – Введ. 01.01.1987. – 20 с.
21. Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения: ГОСТ 30157.0-95. Межгосударственный стандарт. – Введ. 01.01.2002. – 12 с.
22. Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок: ГОСТ 30157.1-95. Государственный стандарт Республики Беларусь. – Введ. 01.03.2003. – 16 с.
23. Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия: СТБ 1971-2009. Государственный стандарт Республики Беларусь. – Введ. 01.01.2010. – 35 с.

ANALYTICAL REVIEW OF FOREIGN TECHNICAL NORMATIVE LEGAL ACTS WHICH SPECIFY REQUIREMENTS TO THE FIREFIGHTER HOODS

Tatsiana Sheremet

Oleg Navrotsky, PhD in Technical Sciences

Establishment «Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Nikolay Dmitrakovich, PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus» Minsk, Belarus

Purpose. The development of the national experimental sample of a firefighter hood.

Methods. The analytical review of foreign technical normative legal acts (hereinafter – TNPA), which establish requirements for firefighter hoods and methods of their testing. The development of test methods for assessing protective properties of firefighter hoods. The results of the analysis are used to develop the national sample and to establish productive and protective requirements for a firefighter hood.

Findings. Under the conditions of the absence of the regulations establishing the requirements to structural and protective properties of a firefighter hood in the Republic of Belarus, the test procedures for PPE «fire hood» were developed. Constructive and protective properties of fire hoods were analyzed, and the technical normative legal acts regulating the requirements for this PPE were reviewed.

Test method for assessing protective properties of the firefighter hood determining physical, mechanical and thermal requirements is an additional indicator of the protective properties of the material of hood. The results of laboratory tests conducted on a test basis of SPC Vitebsk department for emergency situations define the protective properties of the firefighter hood.

Application field of research. The obtained results will promote the development of a prototype of PPE «fire hood».

Conclusions. As a result of studying of statistical data on facial burns received by firefighters and rescuers during the liquidation of fires, the need for additional PPE «fire hood» was substantiated.

Keywords: special protective clothing, personal protective equipment, firefighter hood.

(The date of submitting: September 6, 2017)

REFERENCES

1. Dubrovsky V.I., Fedorova V.N. *Biomechanics*. Tutorial for universities. Moscow «Vlados press», 2003. Pp. 196 – 200. (rus)
2. The website «360°» *Two of the rescuers got hurt in extinguishing the fire in Moscow*, available at: <http://360tv.ru/news/dvoe-spasatelej-postradali-pri-likvidacii-pozhara-v-novoj-moskve-106659/>. (accessed: July 28, 2017) (rus)
3. *American online resource MEDIALEAKS*, available at: <http://medialeaks.ru/2508yut-perezhevshiy-peresadku-litsa-amerikanets-rasskazal-o-svoey-novoy-zhizni>. (accessed: July 28, 2017) (rus)
4. The decree of the President of the Republic of Belarus from October 19, 2009. No. 512 «*About material-technical ensuring of bodies and divisions on emergency situations*». (rus)
5. Skokov S.Y. *Peculiarities of choice of materials fire retardant workwear for oil and gas workers*, available at: http://ivcompany.ru/useful_info/publishing/2153/. (accessed: July 18, 2017) (rus)
6. Fomchenkova L.N. *Modern textile materials for special working clothes*, available at: <http://lpbinfo.ru/Arhiv/2014/ro-03-2014/index.html#16>. (accessed: July 28, 2017) (rus)
7. «*Rodniki Tekstil*» *Innovative solutions*, available at: <http://lpbinfo.ru/Arhiv/2014/ro-03-2014/index.html#16>. (accessed: July 28, 2017) (rus)
8. Mikheeva N.S. *Research and development of workwear for oil worker in the far North*, available at: <http://lpbinfo.ru/Arhiv/2014/ro-03-2014/index.html#8>. (accessed: July 28, 2017) (rus)
9. State standard R 53264-2009. Techniques of fire. Special protective clothing a firefighter. *General technical requirement. Test methods*. National standard of the Russian Federation. Affirmed 01.07.2009. 41 p.(rus)

10. The system of occupational safety standards GOST ISO 11612-2014. *Clothing for protection against heat and flame. General requirements and performance characteristics*. Interstate standard. 29.10.2014. 24 p.(rus)
11. State standard GOST ISO 13506:2008. Apparel heat and fire resistant. Test method for complete garments. The prediction of the probability of burns with the use of touch dummy interstate standard. Affirmed 01.05.2008. 36 p.
12. The system of occupational safety standards GOST R ISO 9151-2007. *Clothing for protection against heat and flame. Method for determination of heat transfer when exposed to flame*. National standard of the Russian Federation. Affirmed 01.07.2007. 16 p. (rus)
13. Protective clothing for firefighters. *Requirements and test methods for fire hoods for firefighters*. EN 13911.
14. The system of occupational safety standards GOST ISO 15025-2012. *Special clothing for protection against heat and flame. Test method for limited flame spread*. Interstate standard. Affirmed 01.09.2013. 26 p.(rus)
15. The system of occupational safety standards GOST ISO 17493-2013. *Clothing and protection from heat. Method of determining convective heat resistance with the use of a furnace with circulation of hot air*. National standard of the Russian Federation. Affirmed 01.12.2014. 9 p. (rus)
16. The system of occupational safety standards GOST R ISO 6942-2007. *Clothing for protection against heat and fire. Methods of estimation of materials and packages of the materials subjected to the thermal radiation source*. National standard of the Russian Federation. Affirmed 01.07.2007. 11 p. (rus)
17. State standard GOST 29329-92. *Platform scales for static weighing*. General technical requirements. State standard of the Republic of Belarus. Affirmed 01.01.1976. 28 p.(rus)
18. State standard GOST 33378-2015. *Knitted hats*. General specifications: international standard. Affirmed 14.12.2015. 8 p.(rus)
19. State standard GOST 8845-87 *Paintings and knitted. Methods for the determination of moisture, mass and surface density*. State standard of the Republic of Belarus. Affirmed 01.01.1989. 10 p.(rus)
20. State standard GOST 8847-85. *Knitted fabric. Methods of determining the explosive characteristics and extensibility under loads less discontinuous*. State standard of the USSR. Affirmed 01.01.1987. 20 p.(rus)
21. State standard GOST 30157.0-95 *Canvas textile. Methods for determining changes of dimensions after wet treatments or chemical cleaning*. General provisions. Interstate standard. Affirmed 01.01.2002. 12 p. (rus)
22. State standard GOST 30157.1-95 *Canvas textile. Methods for determining changes of dimensions after wet treatments or chemical cleaning. The modes of treatments*. State standard of the Republic of Belarus. Affirmed 01.03.2003.16 p. (rus)
23. The system of occupational safety standards STB 1971-2009. *Clothing fighting fire. General technical conditions*. State standard of the Republic of Belarus. Confirmed 01.01.2010. 35 p. (rus)

УДК 614.842.4:004.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ РАБОТЕ ПОЖАРНОГО РАСЧЕТА В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

Шу Сюэмин, доцент

тел. +86-1062796981, shuxm@mail.tsinghua.edu.cn

Ву Джинжин

тел. +86-18522288295, wu-jj16@mails.tsinghua.edu.cn

Танг Шиян

тел. +86-13520756279, 1007939330@qq.com

Ху Джун

тел. +86-18810654098, hujun18810654098@126.com

Отдел инженерной физики, Институт Исследований Общественной Безопасности, Университет Цинхуа, Пекин, Китай, 100084

Гуан Джингфу

тел. +86-13225607610, guanjinfu@gsafety.com

Отдел инженерной физики, Институт Исследований Общественной Безопасности, Университет Цинхуа, Хэфэй, Китай, 230000

В случае возникновения пожара в здании необходимо собрать как можно больше полной информации о горящем здании. Имея такую информацию, пожарный расчет может своевременно выехать к месту происшествия для подавления огня на ранней стадии.

Использование технологии IoT (Internet of Thing – Интернет вещей) позволяет в режиме реального времени контролировать координаты и текущее состояние противопожарного оборудования, такого как пожарные гидранты, дымовые извещатели, извещатели пламени, собирать информацию о состоянии конструкций зданий и расположения очага возгорания. Аналитическое моделирование дает возможность спрогнозировать характер распространения пожара, местоположение пострадавших людей и пожарных-спасателей. Такая информация может быть полезной спасателям в ходе ликвидации пожара, значительно повышая эффективность пожаротушения и спасения.

Проведен ряд исследований по обнаружению пожаров в высотных зданиях, включающих технологию динамической оценки полей пожарного риска в процессе реагирования, систему локализации персонала в высотных зданиях и сетевые пожарные технологии. Указанные технологии могут помочь руководителям тушения пожара производить разведку на пожаре и спасение людей, и уже апробированы в одном из пожарных подразделений Китая.

Ключевые слова: пожарная сигнализация, пожарная сигнализация в режиме реального времени, IoT, Интернет вещей, динамика пожарного риска, пожарный расчет.

(Поступила в редакцию 28 сентября 2017 года)

ЛИТЕРАТУРА

1. Cao, Gongli. Assessment for the fire risk of high-rise building based on FAHP-FCE mode / Gongli Cao // M. S. thesis (in Chinese), Zhejiang University, China, March, 2013.
2. Zhang, Lining. High-rise building fire risk evaluation and intelligent alarm system research / Lining Zhang // M. S. thesis (in Chinese), Beijing Institute of Technology, China, May, 2015.

APPLICATION OF FIRE DETECTORS' REAL-TIME ALARM INFORMATION FOR HIGH-RISE BUILDING FIRE COMMAND

Shu X.M., Wu J.J., Tang S.Y., Hu J., Guan J.F.

Purpose. Once a building fire broke out, it is imperative for the fire department to collect the burning building's comprehensive information as much as possible. With these information, fire brigades are able to be dispatched and rush into the fire scene to eliminate fire at early stage.

Methods. Using IoT technology, we can achieve the monitor's position and running state of the fire-fighting equipment such as fire hydrants, smoke detectors, flame detectors in real time, and grasping the structural information of the building and the location of the fire source. By simulating the trend of fire spread, the location of the trapped people and firefighters can be inferred. This information can provide reasonable suggestions for on-site command, which will greatly improve the efficiency of fire fighting and rescue.

Findings. Using real-time information of fire IoT facilities, we can improve the efficiency of fire fighting and fire rescue significantly.

Application field of research. Used in the field of fire detection, monitoring, early warning and fire emergency rescue.

Conclusions. We have completed several fire detection researches on high-rise building, such as dynamic fire risk mapping technology in fire dispatching, personnel localization system inside high-rise buildings and fire networking technology. These technologies can help fire commanders conducting in fire rescue and fire distinguish, and it has already been applied in one fire brigade in China. Summary of the article is made, evaluation and recommendations are given, perspectives of further research are proposed.

Keywords: fire detection, real-time fire alarm information, Internet of Thing, dynamic fire risk, fire command.

(The date of submitting: September 28, 2017)

Introduction. Fire safety has been a major problem that can't be ignored and must be faced in China. More and more high-rise buildings have been constructed and some of them break out of fire in metropolis cities, such as the CCTV Tower Fire (Beijing, 2009), Jiaozhou Road Fire (Shanghai, 2010), Dynasty Wanxin building Fire (Shenyang, 2011), and so on. According to an incomplete statistics, from 2004 to 2010, the number of China's high-rise building fire accidents is more than 100,000. 607 of them are of very serious high-rise building fire accidents, which caused 4181 deaths, 4844 disabilities, and the direct economic losses is 1.45 billion yuan in total [1]. Skyscraper fire is one of the most technical fire suppression challenge for the modern fire departments. A highly organized and cooperated fire brigade is necessary to suppress or extinguish the fire.

The fire building's information. The fire building's information, including real-time, dynamic information and static information. All the information is required for the fire command to dispatch the firefighters. When firefighters arrive at the fire scene, the most important information is shown as below:

- (1) the location of burning building;
- (2) the horizontal coordinate of fire source and its layers in the building;
- (3) the number of trapped people and their locations;
- (4) the locations of fire hydrants;
- (5) whether other hazards are happening in the building;
- (6) the fire spread rate;
- (7) the best path to attack the fire.

All the decisions need to be made within 30 seconds after fire brigade arrive in the fire scene. So, the information above is critical to support fire commander to make decision on fire rescue scene.

The smart fire fighting system. In fact, fire detectors installed in high-rise buildings can provide so much important information for the fire commanders to make accurate decision. Fire detectors can detect whether fire broke out in its' coverage area easily. And it can continuously figures out how many rooms have caught fire and measures the fire spread rate. If some sensors are installed on hydrant water, they can detect real-time water pressure, and fireman can correctly decide which fire hydrant to be connected. And, if we have detected each person's location in the building, we can properly infer how many people are trapped in fire and their locations after fire-fighters rush into the fire scene. In this way, the firefighters can implement a rapid life rescue.

Using networking technology, the smart fire fighting system can grasp the running state of building's fire fighting equipment in real time. As shown in Figure 1, in the command center, it can get the information of the detector in entire floor, the position and operation of the fire fighting equipment. Once one of the sensors breaks down, it will be shown on the interface. Once the detector alarms, the alarm position could be determined immediately.

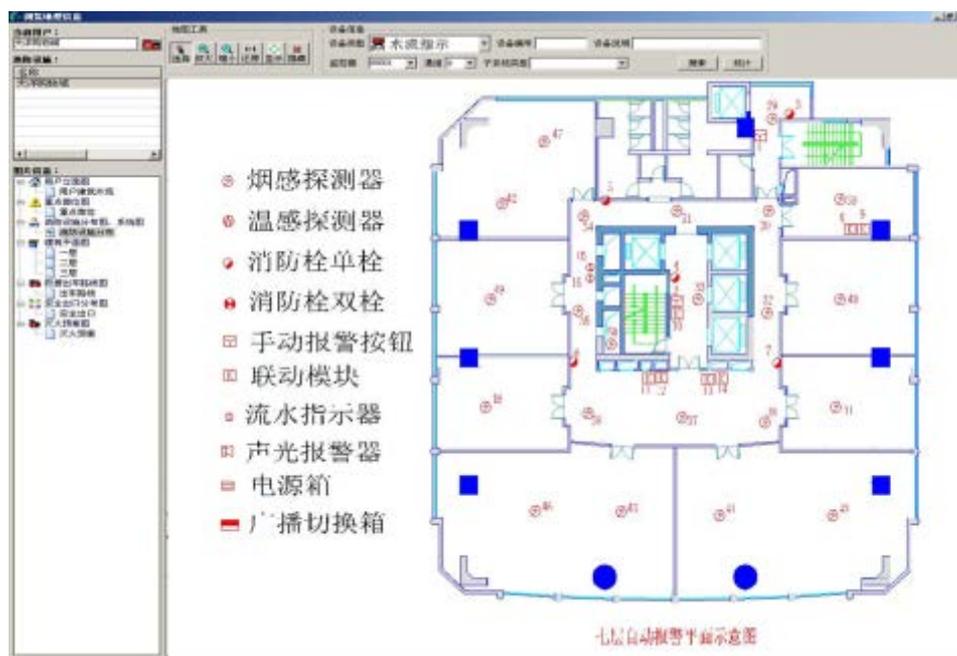


Figure 1. – The operation of the fire control facilities

Different colors represent different status of equipment. Where: blue represents the normal operation of equipment, gray represents the equipment is damaged, red represents the equipment have sent an alarm signal. Fire hydrant has two states: blue represents normal water pressure, gray represents the water pressure is too low or the fire hydrant is damaged. Escape channel has two states: green represents no danger, red represents a fire is happening.

Once the fire happens, the alarm system will generate the fire alarm map automatically. The map of the fire building location can help to determine the surroundings of the building, and help firefighters to determine the position of fire truck; the map of alarm floor and room location can help firefighters ensure the forward path. Even if firefighters are not familiar with the architecture, they can quickly enter and eliminate the fire.

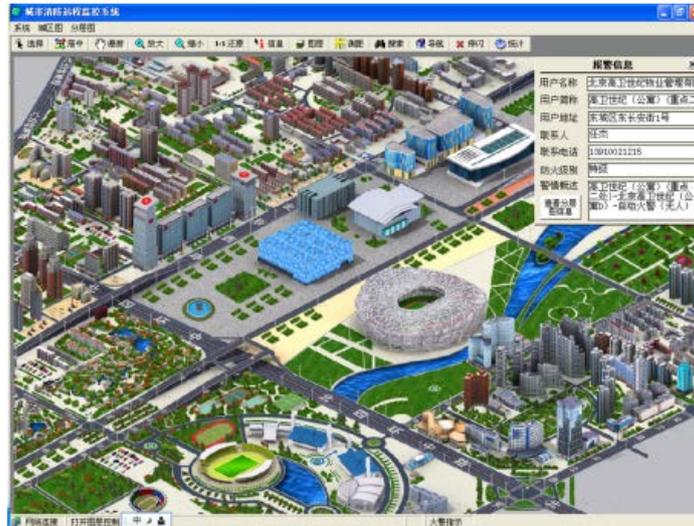


Figure 2. – Fire location information

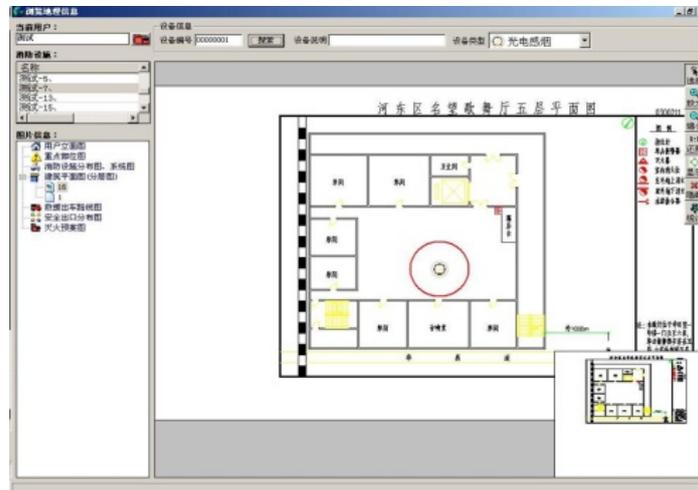


Figure 3. – Alarm floor and room location information

When the command center receives the alarm information, the alarm system can generate the deployment map of the surrounding fire force automatically. This map includes the number and location of the fire stations surrounding the fire, firepower of each station, the distance between the fire station and fire site. According to this map, the command center can release dispatch instruction to squadron.



Figure 4. – (a) Fire station information, (b) Distance of fire station and fire source

We should pursue the process control rather than some point control for high-rise building fire [2]. According to the three-dimensional structure of the building and the order of alarm time, the smart fire fighting system can predict the direction and range of the flame and smoke, and then determine the fire fighting strategy and escape path.



Figure 5. – Smoke spread map

Once the smoke alarm response, the smart fire fighting system can be transferred out of the floor plan. According to the response of the detector state, we can make a reasonable judgment on the spread of the fire. The deep yellow zone represents the room which on fire, and the light yellow zone represents the area where is likely to be on fire in a short period of time. Once the flame spreads to the fire zone, the fire shutter will automatically start to prevent the flame from spreading. With the development of the fire, the red area indicates the area where the detector has failed, suggesting that the area has high risk. If the rescue team arrives at the fire scene, the fire fighting route can be displayed on the system, leading firefighters enter the fire scene safely.

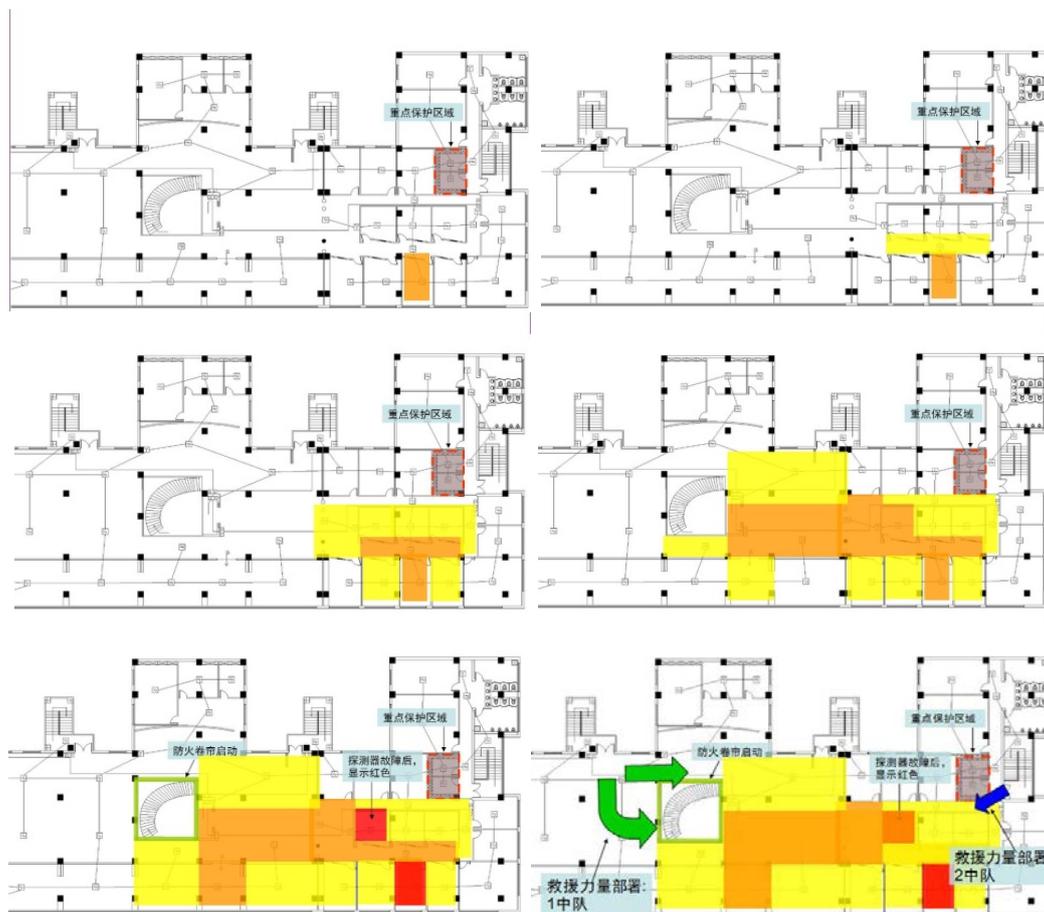


Figure 6. – Fire spread map and optimized rescue path

Conclusion. The real-time data of fire service facilities is of great significance to fire fighting and rescue operations. On the one hand, we know the operation of the fire facilities and repair the failure facilities on time. On the other hand, once the building is on fire, we can predict the spread of smoke and flames, that can help the fire commander's conducting on fire fighting and rescue operations.

We have completed several fire detection researches on high-rise building, such as dynamic fire risk mapping technology in fire dispatching, personnel localization system inside high-rise buildings, fire networking technology. And these technologies have already been applied in some fire brigade in China.

Acknowledge. The authors appreciate the support by the National Science & Technology Pillar Program during the 13th Five-year Plan Period (No. 2017YFC0806607).

REFERENCES

1. Cao Gongli. *Assessment for the fire risk of high-rise building based on FAHP-FCE mode*. M. S. thesis (in Chinese), Zhejiang University, China, March, 2013. (chn)
2. Zhang Lining. *High-rise building fire risk evaluation and intelligent alarm system research*. M. S. thesis (in Chinese), Beijing Institute of Technology, China, May, 2015. (chn)

УДК 355.583:614.842.4:004.94

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАЙОНА

Чен Тао, профессор

тел. +86-13801304296, chentao.a@tsinghua.edu.cn

Чанг Женксинг

тел. +86-15901564061, czxing2008@163.com

Ву Лили

тел. +86-15652904755, wulili@gsafety.com

Киао Чен

тел. +86-18600230269, qiaochen@gsafety.com

Ли Жипенг

тел. +86-13693292143, lizhipeng@gsafety.com

Хуанг Куани

тел. +86-13581793789, huangquanyi@gsafety.com

Отдел инженерной физики, Институт Исследований Общественной Безопасности, Университет Цинхуа, Пекин, Китай, 100084

Основываясь на актуальной ситуации в области пожарной безопасности района Бинсити, создана адекватная система управления с целью обеспечения пожарной безопасности и гармоничного развития данного района. Предложен метод сетевого управления, который позволяет обеспечить стандартизацию и высокую эффективность пожарной безопасности района, реализованы соответствующие меры и внесены предложения по оптимизации практики управления безопасностью района. Результаты исследования могут быть использованы в районах, нуждающихся в стандартизации пожарной безопасности и повышении ее эффективности.

Ключевые слова: гражданская защита, район, пожарная безопасность, сетевое управление.

(Поступила в редакцию 28 сентября 2017 года)

ЛИТЕРАТУРА

1. U.S. Department of Labour Occupational Safety and Health Administration. How to Plan for Workplace Emergencies and Evacuations, 2001.
2. Chen, Q. Study on urban public safety management system / Q. Chen, B. Xu, J. You, X. Guan // Journal of Natural Disasters, 2005, – Vol. 2. – P. 2-4.
3. Andrew, Stark What Is the New Public Management? / Stark Andrew // Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART, –Vol. 12, – №. 1.
4. Li, Q. Application research of urban community grid management in China / Q.Li // Beijing University of Chemical Technology, 2007.
5. Chervenak, A. et al. The data grid: towards an architecture for the distributed management and analysis of large scientific data sets / A Chervenak, et al. / Journal of Network and Computer Applications, 2000, – Vol. 23. – № 3. – P. 187-200.
6. I. Foster. What is the Grid? A Three Point Checklist. GRID Today, 2002.
7. Xu, Z. The research on vega grid architecture / Z. Xu, W. Li // Journal of Computer Research and Development, –2002. Vol. –39. – № 8. – P. 923-929.
8. Osborne, D., Reinventing Government / D. Osborne // Public Productivity & Management Review. – Vol.16.
9. Zhang S. Promotion of social fire safety management innovation. Jilin daily. 2011.
10. Ma D, Chen Y. The spiritual power to lead the development of fire protection in Jiangsu / Ma D, Chen Y. // The people's public security-fire weekly, 2012.
11. Liang, Z. Shortcomings and development of community fire management / Z. Liang // Innovation and application of science and technology, 2012.
12. Ning Y. Research on the Fire Safety Management of Community. Central China Normal University, 2013.

RESEARCH ON GRID MANAGEMENT MODE FOR FIRE SAFETY OF COMMUNITY

Chen T., Chang Z.X., Wu L.L., Qiao C., Li Z.P., Huang Q.Y.

Purpose. Based on the actual situation of fire safety of community B in city A, setting up a set of fire management system suitable for the community to guarantee the fire safety for the community, and make the community service be more perfect and community develop harmoniously and stability.

Methods. Through investigating the current situation of fire safety of community B in city A, we find the existing problems, and put forward the method of grid management combining with the actual situation of the community, so as to achieve the standardization and high efficiency of the community fire safety. Grid management mode for the community fire safety is discussed and analyzed, and the corresponding countermeasures and Suggestions for optimizing the community fire safety management are put forward, and are applied to fire safety management practice of the community.

Findings. Through investigating the current situation of the community fire safety, the grid management mode is introduced to further optimize the fire safety management of the community and better protect the community fire safety.

Application field of research. The research results of this paper can be used in communities with fire safety accidents, communities with fire safety hazards, or communities which are to further standardize fire safety management and improve the work efficiency.

Conclusions. Through practice, grid management work for fire safety of community B in city A basically achieved «three all», namely, fire protection dynamic «all clear», fire hazards «all control», and popularization of fire protection knowledge «all-around».

Keywords: community, fire safety, grid management, three all.

(The date of submitting: September 28, 2017)

Introduction. With the rapid development of economy and society, the quality of people's material, spiritual and cultural lives has been greatly improved. Meanwhile, citizens have growing demands for social public security and there is a continuous increase in fire risks and pressure for risk prevention. Under such circumstance, threats and opportunities are faced in managing public fire safety. The public has more and more intense desires for social safety, with increasing appeals for the government to strengthen fire safety management. With the fast development of internet technologies, new media and tools have been upgraded. Thus, the public has the chances to participate in supervising administration and social safety.

Jobs about fire safety have been always crucial parts of urban emergency management. Over the past few years, public lives, living environment and supporting facilities have been progressively improved with the constant increase of productivity. Meanwhile, communities have tended to be centralized and enlarged. As urban residential communities become mature and perfect, new requirements have been proposed for fire safety. Some problems become increasingly prominent in streets and communities, such as uncontrolled fire safety and pipe leakage. In many areas, the constructions of fire protection facilities are severely postponed in communities, so it is impossible for satisfy the needs of guaranteeing community safety and blind spots exist in fire safety [1-3].

Grid management divides cities and communities into some grids, assigning responsibility to fire monitors in each grid and the local police station, refining the tasks to each grid, so as to achieve that each person is responsible for an area and quantifying the tasks. And dividing the specific area of each fire monitor and public security police station fire police in maps of every city and community to achieve realize linkage of areas and universal coverage, put an end to the situation that is out of control and oversight of management. Therefore, we take community B in city A as research object, and it is necessary to promote and popularize grid management mode for fire safety, comprehensively control the fire safety in communities, reduce management costs and increase the efficiency of fire and emergency management for the final purpose of improving public acceptability of and satisfaction with fire safety-management in managing urban fire safety [4].

Current situation and existing problems of community B. With the development of the country, fire protection must be constant. This should not be underestimated in the security and stability of society. We should work hard to ensure the fire safety management of the community, and provide the city community with better public fire protection services. The public should know more about fire safety knowledge. We should better coordinate the work of community fire safety and achieve the synchronous operation of disaster prevention and disaster reduction to ensure the safety of the public. Efforts should be made to improve the efficiency and security of community fire protection so as to create a harmonious and peaceful society for the people. According to the investigation, the current situation and existing problems of community B are as follows:

Firstly, there is a gap between the community firemen and the district fire brigade.

For many communities, they lack the strength of their own disaster relief, professional fire protection teams, and knowledge of fire protection. In the event of a disaster, people of the community often call for the fire brigade. However, there is a certain lag between the arrival of the fire brigade, and the best fire extinguishing period is missed, resulting in the expansion of losses. The lack of concentration and mobility of the community firemen results in little practical effect on disaster relief work. The problems district fire brigade is facing now are: the area of the district is too large, the monitoring points are skimp, the disaster relief coverage is not high, the relief force cannot arrive in the first time, and it is difficult to exert the biggest relief effect.

Secondly, the basic fire facilities in the community are too weak.

The fire facilities themselves are not complete, and there are many antiquated facilities. Fire hydrants, fire extinguishers, fireman uniform, water belts, water guns and so on are seriously inadequate, resulting in a serious lag in the construction of fire facilities.

Thirdly, failure to establish the awareness and concept of disaster prevention and relief.

The residents of the community are not sufficiently aware of disaster prevention and relief, and have little understanding of the corresponding fire protection common sense and ability. It lacks professional publicity and teaching staff in the community to organize the emergency measures such as fire protection and rescue, which leads to the general weak in the concept of fire protection among residents and the weak knowledge of self-help. How to save the general initial fire, how to escape in the fire scene, and how to safely use household appliances, these fire protection common sense knowledge has not been thoroughly popularized and promoted. What is more, not only is the fire protection common sense not understood, but the community fire protection work is not be supported. People lack the overall escape sense of mutual aid. Even worse, public fire protection facilities may be damaged, resulting in the inability of community firemen to use the facilities properly.

Fourthly, the danger of community fire is serious.

From current fire safety situation, the hazards of fire include: First, there is serious damage to the community fire protection facilities, which fails at the critical moment of the fire. Second, fire protection access planning lags behind the urban community planning, often blocked or blocked by concrete pier, so fire engines cannot enter. Thirdly, in recent years, the decorative materials used by the family are mostly combustible, resulting in a large increase in the fire load of the family unit area. Fourth, the residential districts were developed adjacently, which had large scale, resulting that population is concentrated, shopping centers, schools, kindergartens and other assembly occupancies and gas stations and other dangerous chemicals areas are concentrated, which increases the probability of fire.

Fifthly, the fire emergency command process has disadvantages.

The traditional fire alarm and fire protection procedures are based on the subjective experience of the alarm dispatcher and then mobilize the rescue force. Once misjudged, it will lead to the failure of the whole fire rescue work. And the way in which the dispatchers understand the damage is to rely on manual approach to implement, failing to give full play to the advantages of network technology and wireless communication, which causes the fire response speed slow, and masses satisfaction is not high.

Discussion on the grid management mode of fire safety of community B in City A.

City A has actively grabbed the national social management innovation pilot opportunities since 2010, and explored the social management innovation of fire protection work, extends the four level management system of the traditional «city, district, street, community» to the fifth level «Community Grid», and divides the 155 urban community into 1110 community grid, each grid has a full-time post administrator managing within the grid size[5].

(1) Based on the grid management, the basic level fire protection duties have been implemented.

Starting from the integration of resources, improving the system and strengthening linkage, we will solidify the work mechanism of community fire safety grid, and realize the normal management. Firstly, we integrate six types of personnel at the grassroots level. In the grid, the area fire supervisor, community police, community comprehensive management engineer, security defense firefighters, grid administrators, fire safety manager in grid unit are determined the basic fire work «six responsible persons», defining fire protection duties and tasks respectively, carrying out post, responsibility and quantitative management, and improving the joint control system of regional fire prevention. The second is to standardize the fire protection process. In the city grid management center, the establishment of grid fire basic information collection, fire emergency command and disposal, fire safety day-to-day inspections, fire hazards reporting and supervision system. Prepare and release the «guide» of grid fire control work, take centralized training, in the form of a meeting instead of training, the training will improve the ability of fire protection. The third is to strengthen the grid work docking. Establishing a regional contact system, each fire supervisor organizes the grid administrators to conduct fire inspection once a week, and the fire brigade convenes monthly community fire work meeting, supervises and comments on the completion of the fire work tasks. City grid management center incorporates the contents of firefighting work into the performance evaluation category of the grid staff, and implements the «monthly assessment, annual rewards and punishments», to promote the initiative of the grid staff in the fire control work [6-7].

(2) With the support of information platform, mastering the dynamic of regional fire protection and control is realized.

In accordance with the thought that «information sharing, real-time updates, professional use», establishing fire basic information system covering the whole city, to realize preliminarily the dynamic control of regional fire. Firstly, building the information sharing platform. The basic population information system is connected to the 119 command center and adding the fire service information subsystem, to set up a fire information exchange platform. Departments of public security, human resources and social security, civil affairs, justice, housing, disabled persons' federation carries out the association, comparison and inspection of collected information and fire service information, to form a detailed database which contains the basic information of main urban area of 103.7 square kilometers, a population of 1 338 000, more than 20 thousand buildings, and provide a powerful information support for the fire risk assessment, the focus of attention, fire rescue and other comprehensive prevention work. Secondly, innovating information gathering mechanism. The grid administrator collects relevant information according to the responsibility, and uses the community electronic communication 3G wireless terminal to upload to the population basic information system quickly, and exchange it to the basic fire information platform. The grid supervision center adopts the method of combining «gathering on the surface» and «checking on the spot», which not only realizes the accurate collection and dynamic updating of related information, but also avoids frequent information collection and repeated input. Thirdly, strengthening the professional use of information. By using GIS, presenting the basic information and distribution of «human, house and thing» on the electronic map of the command center, realizing determining fast and accurately the site and the best rescue line in fire fighting and rescue work, and grasping comprehensively the surrounding circumstances of the incident site and the detailed conditions of people in the incident building, to solve the problems which are base number is not

clear, the situation is unclear, information is not expedite of service management objects, such as the actual population, actual buildings, and focused groups and places [8].

(3) Aiming at integrated fire protection, effectively improving ability of resisting fire of the city.

Through the integration of resources, it realizes that fire monitor, fire protection, and fire protection promotion combine organically in the grid. Through the extensive use of information technology, we simplify the management process, realize the flattening command management of the front line, and improve the execution of the basic fire protection and control. The first is to implement the hidden trouble screening mechanism. Organize the grid related personnel to conduct fire inspection and register the book weekly in community and monthly in street office. During major holidays, periods of time and special governance, the grid management center shall give unified instructions to organize the grid administrators to conduct targeted fire control safety check. Connecting the fire hazard report complaint center with community electronic communication, timely investigate and treat the fire violations and fire hazards detected by the grid administrators. Second, realizing fire speed disposal. Equipping mini fire engines and fire protection bikes for the street office and the community, uniformly purchasing life and death insurance for the grid administrators, each duty squadron work together with community to perfect fire rescue plan and organize regular exhibition drills. After the grid administrator found out the fire, he reports the situation through the community electronic communication to command center at the first time, and coordinated the relevant personnel to carry out the initial fire control. Third, deepening daily fire protection publicity. Give full play to the advantage of the grid administrators close to the masses, print the grid fire service cards, and send them to the community residents through the grid administrators. Implement the fire protection publicity window project and set up fire control publicity column within the grid. According to population basic information system, comprehensively grasp the conditions of the single, people who live alone, the sick and other key personnel, supervise and urge the grid administrators come to take care of them one by one. Through the solid and meticulous propaganda, we effectively reverse the situation that special groups are vulnerable to fire accidents [9-10].

Practice of grid management of community fire safety in city A.

(1) Reinforcing «three foundations» of community fire safety management.

Firstly, reinforcing the foundation of organizational construction. According to principles that «street setting, scale moderate, seamless coverage, dynamic adjustment», dividing the 155 urban communities of city A into 1110 grids, and each grid is a new fire protection and control unit. The original four-level fire safety organization and management system which is «city-county-street office-community» is extended to the «grid» which is a new level, so as to achieve the refinement and dynamic fire management services.

Secondly, reinforcing the foundation of group prevention and treatment. The municipal government solves the establishment and guarantee of public welfare posts uniformly, in accordance with the "one member a grid" standard, recruits in public 1110 community grid administrators to undertake seven daily work including fire protection work. City public security bureau registers and establishes «eight members» volunteer team in accordance with the standard that community volunteer registration rate is 10 % of the population, in which, the number of comprehensive information officers and public security fire inspectors reaches 25 000 and 18 000 respectively, which effectively supplement the deficiency of public security personnel and firemen.

Thirdly, reinforcing the foundation of the construction of facilities. The municipal government regards implementing the fire protection planning as an important content of urban streets, communities and other basic infrastructure construction, and as the focus of public financial security, and the government establishes a synchronous growth mechanism.

In 2016, the construction expenditure of public fire protection facilities, personnel and information platforms of the two levels of finance in the community and the city reached 68,8 million yuan, which provided a strong guarantee for the foundation of the fire protection in the whole city.

(2) Perfecting «four systems» of community fire safety management.

Firstly, improving the basic information system of fire protection. Through the computers and community electronic communication, population, housing and other basic information is collected to the information platform. In the daily work, the grid administrator realizes the real-time collection and input of the basic information. Mastering the «three dynamic» which are the key people (such as the old and the sick, the mental patients, the construction site workers, and so on), the property rights and the nature of the use of the houses, and the basic situation of the public fire infrastructure in the grid (such as whether the fire hydrant is buried pressure, circle, damage, whether the fire channel is blocked, occupied, the building is full of fire facilities, and so on).

Secondly, improving the fire hazard prevention system. Playing the role of grid administrator, carrying out «double tour one day» in the area, that is, one and a half hours inspection respectively in the morning and afternoon in the grid, which includes fire safety inspection, fire safety reminder, as for risk and fire violations in the grid, supervising its rectification on the spot. If the on-site supervision and rectification is invalid, contacting the area firefighters, police of the primary police station through the community electronic communication, and then the fire police officers ordered the rectification of fire hazards and correct fire violations. In addition, the masses tell related information to the grid administrator or community comprehensive management station. After finding or receiving the information about the dangers, the community will go to coordinate and persuade then, if cannot solve, report it through the contradiction resolving system.

Thirdly, improving the fire protection knowledge publicity system. They are mainly the daily inspection publicity and home publicity. For example, in the remediation of residential quarters private car occupies the fire truck channel special action, the grid staff explain a wide range of publicity through posting notice, releasing information and going to residents' homes, when finding occupation of channel phenomenon, persuade, if invalid, report to the fire office or the police. In New Year's Day, the Spring Festival, Ching Ming, «May Day», National Day, and other important festivals, carrying out a wide range of targeted fire fighting and control, and fire escape and self-help knowledge of the fire propaganda activities to improve the ability of citizens to self-defense and self-help, and leading the masses in the grid to actively participate in fire work to enhance the level of public fire safety management, maintain fire safety in the grid together to achieve the purpose of building a harmonious community.

Fourthly, improving the fire emergency rescue system. With the help of information resources of city population basic information system of city A, enhancing the command, scheduling, decision-making, rescue efficiency of fire protection, and to achieve the quick and accurate location of the incident, and the quick preparation of the best rescue line, a comprehensive grasp of the surrounding situation, Master the details of the situation in the construction of the «two quick», «two all» the «four effectiveness» advantage. At the same time, equipping with the corresponding fire rescue equipment at the street «three centers» (convenience service center, comprehensive management complaint reporting center, grid management center), and the neighborhood committee «three stations» (convenience service station, comprehensive management complaint reporting station, grid management station). After receiving the alarm, the command center contacts and cooperates with the grid administrator in time, reaches the scene and exchanges situation in the first time, timely controls the initial fire, and does the coordination work after the arrival of the fire brigade [11-12].

Conclusions. Through practice, community fire safety grid management work of city A has basically achieved «three all», namely:

Firstly, fire protection dynamic «all clear». Through the information collection function of community electronic communication, finding out the actual number of houses in each grid, including safe evacuation condition, fire control facilities and fire rescue condition, so as to realize «manage fire according to houses». The basic status of municipal fire hydrant in the grid is obtained, and then number them and record the information into the national population basic information system, so as to facilitate fire department to maintain and use it. Finding out the specific

location of vulnerable people in the grid, so as to improve the pertinence of fire protection and rescue.

Secondly, fire hazards «all control». Take advantage of the characteristics of grid staff familiar with environment and people, mastering the fire hazard and fire protection illegal acts in the grid, and reporting to the fire hazard complaints center in real time to facilitate the inspection and treatment of fire control personnel. Mastering the activity routines of special objects such as mental patients in the grid and the activity routines of the elderly, children and other vulnerable groups, to implement the visit and help measures to prevent accidents. Mastering the fire safety features of the key periods, researching and formulating specific work measures to carry out fire safety inspection and inspection activities specifically.

Thirdly, popularization of fire protection knowledge «all-around». The grid staff is both a manager of the community work and a propagator for fire protection. Regularly organizing the grid administrators to carry out fire training to make them «fire protection encyclopedia». Installing some fixed fire billboards in each grid, and vigorously promoting fire safety knowledge. Grid staff specifically post some fire wall charts to remind residents not to install burglar mesh which prevents escape, not to park casually which affects fire-fighting and rescue, and not to use fire and power illegally, and so on.

Acknowledgements. The authors appreciate the project 2015BAK10B02 supported by the MOST of China, the projects 71373139 and 71673163 supported by NSFC, and the project Z161100001116010 supported by Beijing Municipal Science & Technology Commission.

REFERENCES

1. U.S. Department of Labour Occupational Safety and Health Administration. *How to Plan for Workplace Emergencies and Evacuations*, 2001.
2. Chen Q, XU B, You J, Guan X. Study on urban public safety management system. *Journal of Natural Disasters*, 2005. Vol. 2. Pp. 2-4.
3. Andrew Stark, What Is the New Public Management? *Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART*, Vol. 12. No. 1.
4. Li Q. *Application research of urban community grid management in China*. Beijing University of Chemical Technology, 2007.
5. Chervenak A, et al. The data gris: towards an architecture for the distributed management and analysis of large scientific data sets. *Journal of Network and Computer Applications*, 2000, Vol. 23. No. 3. Pp. 187-200.
6. I. Foster. What is the Grid? A Three Point Checklist. *GRID Today*, 2002.
7. Xu Z, Li W. The research on vega grid architecture. *Journal of Computer Research and Development*, 2002, Vol. 39. No. 8. Pp. 923-929.
8. David Osborne, Reinventing Government, *Public Productivity & Management Review*, vol.16.
9. Zhang S. Promotion of social fire safety management innovation. *Jilin daily*. 2011.
10. Ma D, Chen Y. The spiritual power to lead the development of fire protection in Jiangsu. *The people's public security-fire weekly*, 2012.
11. Liang Z. Shortcomings and development of community fire management. *Innovation and application of science and technology*, 2012.
12. Ning Y. *Research on the Fire Safety Management of Community*. Central China Normal University, 2013.

УДК 33.1.45: [614.8 + 621.865.8]

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПОЖАРНОГО-СПАСАТЕЛЯ**Смиловенко О.О., Курлович И.Г.**

Рассмотрены опасности, которым подвергаются пожарные-спасатели при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Показано, что существенное повышение безопасности труда спасателя может быть достигнуто за счет применения пожарных роботов. Представлен краткий обзор автоматических и автоматизированных, управляемых дистанционно, систем пожаротушения различного назначения. Так как пожарные-спасатели выполняют операции, связанные не только с тушением пожаров, но и с ликвидацией последствий природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (например, разборку завалов), предложен управляемый дистанционно автоматизированный комплекс по закреплению и транспортировке крупногабаритных элементов разрушенных зданий и сооружений. Разработана конструкция самозахватного грузового крюка, который позволяет исключить нахождение спасателей в зоне завалов и предотвратить опасность, связанную с их внезапным обрушением.

Ключевые слова: риски профессии пожарного, дистанционное тушение, пожарные роботы, автоматизация работ, ликвидация чрезвычайных ситуаций, разборка завалов, транспортировка грузов, коромысловый захват.

(Поступила в редакцию 20 октября 2017 г.)

Статистика показывает, что профессия пожарного входит в число наиболее рискованных профессий во всем мире. Профессиональная деятельность пожарного отличается тем, что она осуществляется в экстремальных условиях, которые по своей интенсивности и продолжительности выходят за пределы диапазона оптимальных параметров среды. Интенсивность и продолжительность воздействия факторов пожара и других чрезвычайных ситуаций создают опасность для жизни и здоровья пожарного-спасателя. Экстремальные условия труда, высокий уровень риска потерять здоровье, собственную жизнь или получить травму формируются стихийно, опасные и вредные факторы на пожарах и авариях многократно превышают нормативные уровни и их снижение практически невозможно. Поэтому среди личного состава пожарных подразделений наблюдается относительно высокий уровень заболеваемости, травматизма и гибели [1].

Профессиональные опасности, которым подвергают себя пожарные, можно разбить на следующие категории: физические (в основном это небезопасная обстановка, перегревание и эргономические нагрузки), химические и психологические [2]. Уровень опасности и рисков, которым подвергаются пожарные при тушении пожара, зависит от типа объекта возгорания; присутствия в огне химических веществ; мероприятий, предпринятых для тушения пожара; наличия пострадавших, которых необходимо спасти, и позиции или линии, на которой находится пожарный в момент тушения пожара. Опасности и уровень риска пожарного, который первым входит в горящее здание, также отличаются от тех, которым подвергаются входящие вслед за ним или те, кто осуществляют зачистку объекта после того, как пожар был потушен. Однако, каждый из пожарных может оказаться в условиях повышенной опасности при тушении пожара.

Физические опасности. В процессе тушения пожара возникают опасности, которые могут привести к серьезным физическим травмам. Например, обрушение стен, потолка и пола, усиление огня и всплески пламени в замкнутом пространстве, которые могут иметь место в результате внезапного возгорания горючих газообразных продуктов, выделяемых горящими или раскаленными материалами при взаимодействии с перегретым воздухом. Выброс пламени и устойчивое горение может поглотить пожарного или отрезать ему путь к отходу. Пожарные аварийно-спасательные подразделения имеют компьютерные базы данных о находящихся в их ведении зданиях, материалах и потенциальных опасностях, с которыми они могут столкнуться в процессе тушения пожара в своем районе. Быстрый до-

ступ к базе таких данных помогает команде своевременно реагировать на возникшие опасности и прогнозировать возникновение опасных ситуаций.

Термические опасности. Перегрев во время тушения пожара может наступить в результате соприкосновения с горячим воздухом, тепловым излучением, горячими поверхностями, а также из-за внутреннего тепла, генерируемого во время работы человеческим телом, которое не может быть охлаждено до окончания ликвидации пожара. Изолирующие свойства защитного обмундирования и физическая усталость в результате переизбытка тепла, генерируемого телом, могут стать причиной перегрева во время тушения пожара. В результате перегрева могут быть получены травмы, такие как ожоги или общее перегревание, которое может привести к обезвоживанию организма, тепловому удару и сердечному приступу. Сам горячий воздух обычно не представляет серьезной угрозы для пожарного, так как сухой воздух не способен долго удерживать тепло. Пар или горячий влажный воздух могут вызвать серьезные ожоги, поскольку в водяном паре гораздо больше тепловой энергии, чем в сухом воздухе. У некоторых пожарных наблюдаются изменения в коже из-за постоянного соприкосновения с жаром.

Химические опасности. Более 50 процентов фатальных случаев, связанных с пожаром – результат соприкосновения с дымом, а не с огнем. Одним из существенных факторов, способствующих смертельным исходам и заболеваниям в результате пожара, – это гипоксия вследствие отсутствия кислорода в атмосфере, которая приводит к потере физической активности, дезориентации и утрате подвижности. Составляющие дыма также токсичны. При сжигании углеводородного топлива при низких температурах могут образовываться легкие углеводороды, альдегиды (такие как формальдегид) и органические кислоты. Значительные количества окиси азота образуются при высоких температурах – как следствие окисления азота, содержащегося в атмосфере, и при низких температурах горения топлива, в котором содержится много азота. Если топливо содержит хлор, образуется хлористый водород. Полимерные пластические материалы представляют особую опасность. Эти пластические материалы стали применять в строительстве и отделке зданий в пятидесятые годы и позже. Они сгорают, превращаясь в особо опасные вещества. Акролеин, формальдегид и летучие жирные кислоты – весьма обычные продукты тлеющего горения некоторых полимеров, включая полиэтилен и натуральную целлюлозу.

Психологические опасности. Пожарные работают в ситуациях, которых другие люди старательно избегают, резко подвергая себя гораздо большему риску по сравнению с любой другой гражданской профессией. Помимо личной безопасности, пожарный должен заботиться о безопасности других людей, которым угрожает огонь. Спасение пострадавших – это особенно напряженная работа. Жизнь профессионального пожарного – бесконечная чередой напряженного ожидания и кризисных ситуаций, полных стрессов.

В современном мире ежегодно регистрируется 6-7 млн. пожаров (число мелких незарегистрированных пожаров в несколько раз больше). В результате воздействия опасных факторов пожаров погибает 65-75 тыс. человек, получают ожоги и травмы свыше 6 млн. человек [3]. За последнее десятилетие количество техногенных катастроф неуклонно возрастает, а по прогнозам специалистов МЧС, в ближайшем будущем нас ожидает пик числа аварий и пожаров. Тушение пожаров и ликвидация аварий пожарными сопряжены с угрозой для их жизни и здоровья, а спасение жизни людей и имущества сопровождается экстремальными условиями, которые создают профессиональные риски для пожарных-спасателей.

В связи с вышеизложенным, актуальной является проблема защиты пожарного-спасателя от различного вида опасностей, возникающих при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Для этого предназначены, например, средства индивидуальной защиты: боевая одежда, аппарат для защиты дыхания, средства малой механизации и др. Однако, полностью устранить опасность эти средства не позволяют. Существенно повысить безопасность пожарного-спасателя возможно, если дистанционировать, «отодвинуть» его от опасности.

Для этой цели служат пожарные роботы, интенсивное развитие которых началось в 2000-х годах и продолжается в настоящее время.

Официальной датой создания первого пожарного робота в СССР принято считать 18 июня 1984 года [4]. В этот день на постоянное дежурство по защите памятников деревянного зодчества на о. Кизи заступил первый пожарный робот. Когда случилась чернобыльская беда, то первый пожарный робот и еще два аналогичных были направлены в Чернобыль. Там они очистили значительную часть кровли на отметке 70 м от радиоактивных обломков и спасли здоровье многих солдат химических войск, которым эту работу приходилось выполнять вручную. Была отмечена глубокая перспективность технических решений. Особенно актуальным для АЭС из горького опыта Чернобыля являлась необходимость замены пожарных ствольщиков в опасных зонах. Ведь все пожарные, защищавшие машинный зал Чернобыльской АЭС, погибли от радиации. В Госкомитете по атомной энергии было принято решение о создании роботизированных пожарных комплексов для защиты машинных залов АЭС. И такой комплекс был создан на Ленинградской АЭС. Эти комплексы позволяют при пожаре в условиях задымления и радиации орошать фермы перекрытия машинного зала по заранее заданным программам, предотвращая обрушение конструкций. Пожарные роботы начали активно применяться в 2000-х годах. На сегодняшний день пожарные роботы широко применяются во многих областях промышленности и хозяйственной деятельности.

Пожарные роботы относятся к автоматическим установкам пожаротушения (АУП), считаются одним из самых надежных средств борьбы с пожарами: они приводятся в действие по объективным показателям и обеспечивают оперативное тушение очага возгорания в его начальной стадии без участия человека.

В России перечень объектов, подлежащих защите АУП, регламентирован НПБ 110-03 и отраслевыми нормативными документами. Наличие автоматических установок пожаротушения в системах пожарной безопасности объектов является также требованием страховых компаний по снижению степени риска. Область применения автоматических установок пожаротушения значительно увеличилась с появлением АУП на базе серийно выпускаемых роботизированных пожарных комплексов (РПК), обеспечивающих широкие технические возможности, позволяющие применять их там, где традиционные спринклерные и дренчерные АУП малоэффективны или неприемлемы. Это высокопролетные здания и сооружения: ангары для самолетов, машинные залы ТЭЦ и АЭС, спортивные и выставочные комплексы с пребыванием людей, склады различного назначения. Это и наружные пожароопасные объекты: резервуарные парки ГСМ, сливо-наливные эстакады, вертолетные площадки, трансформаторные подстанции [5]. Среди известных типов пожарных роботов наиболее широкое практическое применение нашли стационарные пожарные роботы на базе лафетных стволов.

Технические требования на пожарные роботы данного типа представлены в ГОСТ Р 53326-2009, в соответствии с которым пожарный робот – это автоматическое устройство, манипулирующее пожарным стволом в сферической системе координат, выполненное на базе лафетного стационарного ствола с дистанционным управлением с фиксированной или подвижной установкой. Пожарный робот включает в себя устройство обнаружения загорания и устройство программного управления. Он предназначен для тушения и локализации пожара или охлаждения технологического оборудования и строительных конструкций. Выполняя эту работу, пожарный робот замещает пожарного-ствольщика в местах, опасных для жизни.

Одно из ценных качеств пожарных роботов – способность защитить достаточно большую площадь – 5-15 тыс. м² при расходе 20-60 л/с, соответственно. Водоснабжение осуществляется только по магистральной сети. Важно, что адресная доставка воды и пены осуществляется по воздуху по всей защищаемой зоне непосредственно на очаг загорания, а не на расчетную площадь, определенную проектом раз и навсегда. При этом соблюдается

требующаяся интенсивность орошения благодаря дозированной подаче, соответственно, тепловой мощности очага загорания. Пожарные роботы могут быть оснащены ИК-сканерами для автоматического обнаружения загорания и ТВ-камерами для видеоконтроля. Их чувствительность позволяет обнаружить очаг возгорания площадью 0,1 м² в пределах защищаемой зоны, а быстродействие составляет считанные секунды, в течение которых определяются размеры возгорания в трехмерной системе координат.

Аналогичной установкой с применением АУП РПК оборудованы: Дворец легкой атлетики в г. Гомеле в Республике Беларусь, спортивный комплекс в г. Нерюнгри, универсальный спортивный комплекс в г. Ярославле и другие объекты.

В настоящее время ведутся принципиально новые разработки, способные справиться с техническими проблемами, которые ранее были неразрешимы, поднять уровень пожарной безопасности, значительно уменьшить ущерб от пожара, экономить воду, электроэнергию, капитальные затраты, а также повысить безопасность пожарных-спасателей. Основным достоинством пожарных роботов является полнопроцессная система пожаротушения: обнаружение загорания в ранней стадии, определение координат и площади загорания в трехмерной системе координат, точная подача огнетушащего вещества с высокой интенсивностью по воздуху и быстрое тушение по оптимизированной программе, прекращение тушения при отсутствии признаков горения, повторное тушение при появлении загорания.

Несмотря на разносторонний характер деятельности пожарных роботов в борьбе с очагами возгорания, все машины могут быть отнесены, исходя из расположения лафетного ствола (оборудование для направленной подачи воды): стационарные установки или подвижные комплексы.

Выше шла речь о стационарных установках для защиты сооружений большой площади. Однако, практика применения техники при пожаротушении показала, что работа в специфических условиях (в тоннелях, на траншеях, в колодцах, в радиоактивной зоне) предполагает необходимость использования роботов в местах, где доступ человеку закрыт.

Особой популярностью в работе российских пожарных пользуется робототехнический комплекс «Кедр». Это передвижной модуль, основу которого составляет гусеничный тягач. Девятиметровая башня позволяет устранять возгорание на высотных точках зданий. Комплекс может перемещаться, как дистанционно, так и при участии водителя. «Кедр» имеет запас воды до 15 тонн. При этом 5 тонн спецтехника перевозит на собственном ходу, а 10 дополнительных тонн может быть перекачено посредством использования насосно-рукавной машины.

Мобильная роботизированная установка «ЛУФ-60» активно используется российскими пожарными для оперативного устранения огня в автомобильных и железнодорожных тоннелях, а также в иных труднодоступных местах. Робот имеет гусеничную основу, однако при необходимости может быть оборудован катком, что позволяет подъезжать к железнодорожным путям. Тушение производится с использованием вилку-манипулятора, которая подает воду на расстояние до 65 метров. Среди особенностей использования «ЛУФ-60» следует отметить возможность создания точечной или распыленной струи воды (рисунок 1).

Полное или частичное обрушение здания – это чрезвычайная ситуация, возникающая по причине ошибок, допущенных при проектировании зданий и сооружений, нарушении правил монтажа при вводе в эксплуатацию здания, а также вследствие природной или техногенной ЧС (по этой причине 29 августа 2014 г в г. Кричеве (Беларусь) рухнула двухэтажная пристройка гимназии). Внезапное обрушение зданий приводит к возникновению пожаров, разрушению коммунально-энергетических сетей, образованию завалов, травмированию и гибели людей [6].



Рисунок 1. – Мобильная роботизированная установка «ЛУФ-60»

При ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с обрушением зданий и сооружений, проводится достаточно большой объем грузоподъемных работ. Такие работы связаны с подъемом, транспортировкой и погрузкой крупногабаритных элементов разрушенных строительных конструкций, которые могут быть расположены хаотичным образом. При этом требуется применение специальной техники и механизированного инструмента, что существенно облегчает труд спасателей, но не исключает их непосредственного участия в закреплении элементов конструкций при помощи захватов и крюков, снятии грузозахватных устройств после транспортировки груза. Процесс закрепления обломков, находящихся в произвольно ориентированном положении, связан с нахождением спасателей в зоне обрушения, т. к. необходимо надежно закрепить груз, для чего часто прорезают технологические пазы и отверстия [6].

Наибольшую сложность представляет ликвидация завалов, образованных при разрушении современных крупнопанельных зданий, так как при этом получается хаотическое нагромождение крупных железобетонных глыб, соединенных между собой металлической арматурой. Эти завалы разбирают поэлементно с помощью кранов, лебедок и тракторов при отделении частей здания бензорезами, автогенными аппаратами или керосинорезами [7].

Таким образом, разработка новых устройств, аварийно-спасательного оборудования для ликвидации обрушений во многом упростит разборку обрушений, уменьшит время проведения аварийно-спасательных работ, чем увеличит шанс на спасение пострадавших. К недостаткам существующей техники, применяемой для разборки завалов, следует отнести невозможность ее перемещений с поднятым грузом (обломками) от места разборки завала к транспортной технике для вывоза обломков, особенно, когда разрушено не одно здание, а несколько, а также необходимость участия людей при захвате груза, пробивании технологических отверстий и т. д.

Предлагаемый способ разборки завалов и конструкция самораскрывающегося грузозахватного механизма направлены на снижение риска для спасателей, проводящих аварийно-спасательные работы, за счет автоматизации процессов прорезания технологических отверстий в элементах разрушенных конструкций и закрепления их при помощи грузозахватного устройства для последующей транспортировки.

Перед началом разборки завалов визуально оценивают возможность подъема крупногабаритных элементов, т. е. их отрыва от общей массы завала, и намечают те части, которые будут удалены первыми. К завалу выходит модернизированный мини-экскаватор,

механическая «рука» которого оснащена либо режущим алмазным кругом, если необходимо освободить элемент от удерживающих частей и арматуры, либо алмазным сверлом большого диаметра для сверления отверстий под грузозахват. Мини-экскаватором управляет спасатель. Для полной автоматизации процесса может быть использована разработанная в Объединенном институте машиностроения Национальной академии наук Беларуси роботизированная платформа, управляемая дистанционно (рисунок 2). Платформа также как и мини-экскаватор оснащена механической «рукой», на которой может быть установлено кольцевое сверло, привод которого запитывается либо от собственного аккумулятора (автономно), либо от двигателя несущего устройства.



Рисунок 2. – Роботизированная мобильная платформа

Крупногабаритные элементы разрушенных зданий обычно представляют собой части плит перекрытий и панелей и имеют относительно небольшую толщину и плоскую поверхность большой площади. Надежное закрепление для подъема и переноски таких элементов требует применения не менее двух, а иногда и более, грузозахватных устройств [8].

Сверление технологических отверстий производят последовательно на определенном расстоянии друг от друга, которое обеспечивается поворотом механической руки (или перемещением всего несущего устройства) под контролем лазерного дальномера.

На сегодняшний день самый современный, быстрый, удобный и качественный метод изготовления отверстий и проемов – алмазное сверление. Это процесс обработки твердого материала (кирпича, бетона, железобетона, камня), при котором образуются отверстия различного диаметра с идеально ровной поверхностью. Исходя из этого, далее в работе мы будем прибегать именно к этому методу сверления отверстий.

Затем на плоскую поверхность плиты опускают раму, на которой шарнирно закреплены самораскрывающиеся крюки в сложенном состоянии, в котором их габаритный размер меньше, чем диаметр просверленного отверстия. Расстояние между технологическими отверстиями соответствует расстоянию между грузозахватами, они свободно проходят в отверстия, и располагаются под нижней поверхностью плиты. При помощи специального спускового механизма грузозахваты раскрываются, обеспечивая фиксацию плиты не менее чем по четырем точкам в каждом грузозахвате. Управление грузозахватами производят дистанционно.

Традиционно для погрузочно-разгрузочных работ, при крепеже и транспортировке груза применяются грузозахватные приспособления – грузовые захваты. Исходя из параметров груза для транспортировки или перемещения используются различные виды захватов. Грузовые захваты: горизонтальные, вертикальные, для бетонных колец, для бочек, для

барабанов, для труб. Наиболее подходящими для транспортировки являются коромысловые захваты.

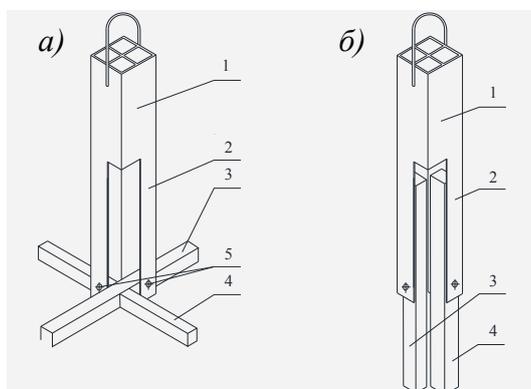
Коромысловые захваты удерживают груз с помощью несущего элемента-коромысла, воспринимающего массу груза. Коромысловые захваты применяют для подъема грузов, имеющих сквозные отверстия, под которые можно разместить несущий элемент – коромысло, воспринимающий вес груза (захват для подъема кабельных барабанов в вертикальном положении). Как правило, такое приспособление состоит из коромысла и гибкого элемента (канатного или цепного стропа), так же возможна реализация приспособления с жесткой металлической тягой. В случае, если отверстие груза имеет небольшой диаметр или само коромысло имеет большой вес и не способно повернуться вокруг своей оси при установке/извлечении, применяют тросик для поворота коромысла снаружи [9].

Предполагаемая конструкция грузозахвата разработана на основе коромыслового захвата и состоит из основного элемента, двух рабочих стержней, двух замков, удерживающих рабочие стержни, на которые действует сила пружины, работающей на скручивание. Основными элементами для захвата и обеспечения стабильности обломка при подъеме и перемещении являются два стержня квадратного сечения, которые, при приведении в рабочее положение, раскладываются перпендикулярно друг другу и входят в зацепление пазами. Крепятся эти стержни к основной части – двум соединенным по углу стержням большего квадратного сечения с вырезами, позволяющими складывать рабочие стержни так, чтобы при рабочем положении стержни были в плоскости, перпендикулярной вертикальной оси. На осях рабочих стержней имеются пружины, работающие на скручивание, которые позволяют привести устройство в рабочее положение. Для перемещения грузозахвата через отверстия замки, удерживают рабочие стержни в вертикальном положении. Открываются эти замки при помощи тросов.

На рисунке 3 приведен общий вид грузозахватного устройства автоматического действия. Грузозахватное устройство автоматического действия содержит корпус 1 в виде щек 2, расположенных под прямым углом, коромысла 3, 4, установленные на осях 5. Имеются также цилиндрические возвратные пружины, тросы управления фиксаторами.

Если массогабаритные характеристики плиты соответствуют мощностным характеристикам мини-экскаватора или мобильной платформы, то ее подъем и перемещение производят эти устройства; в противном случае для транспортировки элемента привлекается пожарный подъемный автокран.

Транспортирование элемента подъемным краном производится вместе с рамой, что позволяет использовать штатный крюк подъемного крана, который зацепляют за специальное кольцо-ухо, установленное на раме.



1 – корпус; 2 – щеки корпуса; 3, 4 – коромысла; 5 – оси

Рисунок 3. – Общий вид грузозахватного устройства автоматического действия с расположением коромысел в горизонтальном (а) и вертикальном (б) положениях

После опускания элемента на специально отведенную площадку или в кузов грузового автомобиля, грузозахватные устройства приводят (дистанционно либо вручную) в закрытое

положение и рама, на которой они закреплены, отводится от поверхности плиты. Грузозахваты в закрытом, собранном состоянии свободно выходят из отверстий. Затем процесс повторяют для следующего крупногабаритного элемента разрушенного здания [10].

Следует отметить, что наклонное положение подлежащего закреплению и транспортировке элемента не является препятствием для применения предлагаемого способа разборки завалов. Кольцевое сверление может быть выполнено перпендикулярно плоскости поверхности плиты или панели путем поворота и ориентации механической руки, несущей сверлильную установку, либо может быть выполнено сверление вертикально установленным сверлом и получено наклонное (угловое) по отношению к плоскости плиты отверстие. Такое расположение отверстия также является допустимым.

Конструкция грузозахватного устройства предусматривает возможность неперпендикулярного углового положения самораскрывающегося захвата по отношению к раме, на которой он закреплен, за счет шарнирного соединения грузозахвата с рамой. Сам грузозахват так же может располагаться наклонно, так как в нем использован принцип коромыслового захвата, при этом коромысла установлены на несущем стержне параллельно друг другу или крестообразно.

Исходя из опасности ручной установки оборудования в зоне аварии, принимая во внимание факт возможного повторного обрушения, либо сдвига конструкций, возникает необходимость использования захватывающего и погрузочного оборудования, обеспечивающего самостоятельный захват обломков и их перемещение в сторону или погрузку в транспортные средства. Автоматизация аварийно-спасательных работ способствует сохранению жизни и здоровья спасателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сундиев И.Ю. Профессионал в экстремальных условиях / И.Ю. Сундиев // Социологические исследования, 1988. – № 4. – С. 51-56.
2. Энциклопедия по охране и безопасности труда. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: base.safework.ru/iloenc/. – Дата доступа: 15.10.2017.
3. Моторин В.Б. Риск в профессиональной деятельности, основные факторы и особенности проявления: На материалах функционирования Государственной противопожарной службы: дис. д-р техн. наук: 22.00.04/ В.Б. Моторин. – Санкт-Петербург, 2002. – 325 с.
4. Горбань Ю. Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения. / Ю. Горбань, Е. Синельникова // Алгоритм безопасности, 2010. – № 3. – С. 27-42.
5. Алешков, М.В. Пожарные роботы / М.В. Алешков, А.В. Рожков, О.В. Ольховский, И.А. Гусев // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация, 2016. – № 1. – С. 48-53.
6. Голов Г.И. Демонтажные работы при реконструкции зданий. – М.: Стройиздат, 1990. – 143 с.
7. Корт Д. и др. Организация работ по сносу зданий / Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1985. – 115 с.
8. Портал научной литературы. Внезапное обрушение здания // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scibook.net/jiznedeyatelnosti-bjd-bezopasnost/vnezapnoe-obrushenie-zdaniya-17921.html>. Дата доступа: 13.12.2016.
9. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций // В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.: Ред. М.М. Гохберг – М.: Машиностроение, 1988. – 139 с.
10. Курлович, И.Г. Автоматизация аварийно-спасательных работ связанных с обрушением строительных конструкций/ И.Г. Курлович, О.О. Смиловенко, С.А. Лосик // Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – Т. 1. – № 9. – С. 146-150.

INCREASING OF THE OCCUPATIONAL SAFETY OF FIREFIGHTER-RESCUER

Olga Smilovenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Irina Kurlovich

Supervision and prevention inspection of the Gomel city emergency department, Gomel, Belarus

Purpose. The methods increasing occupational safety of firefighters-rescuers are considered.

Methods. The hazards facing firefighters-rescuers during the elimination of emergency situations are considered. It is shown that a significant increase in the safety of a rescuer can be achieved using fire robots. A brief overview of automatic and automated remote-controlled fire extinguishing systems for various purposes is presented.

Findings. As firefighters perform operations related not only to fighting fires, but also to the elimination of the consequences of natural and man-made emergencies (for example, dismantling of blockages), a controlled remote-automated complex for transporting large-sized elements of destroyed buildings and structures is proposed. The design of the self-gripping cargo hook is developed, which allows to exclude the presence of rescuers in the area of blockages and to prevent the danger associated with their sudden collapse.

Application field of research. The developed automated complex for disassembling blockages and transporting large fragments of destroyed buildings can be put into service by emergency departments.

Conclusions. Taking into account the fact of a possible repeated collapse or displacement of the structures, it becomes necessary to use the gripping and loading equipment, which provides the capture of debris and their movement aside or loading into vehicles. Automation of rescue operations contributes to the preservation of life and health of rescuers.

Keywords: risks of the fireman profession, remote extinguishing, fire robots, automation of works, liquidation of emergency situations, disassembly of blockage, transportation of cargo, beam gripping device.

(The date of submitting: October 20, 2017)

REFERENCES

1. Sundiev I.Ju. *Professional v ekstremal'nykh usloviyakh. Sotsiologicheskie issledovaniya*, 1988. – No 4. Pp. 51-56. (rus)
2. *Entsiklopediya po okhrane i bezopasnosti truda*, available at: base.safework.ru/iloenc/ (accessed: October 15, 2017). (rus)
3. Motorin V.B. *Risk v professional'noy deyatel'nosti, osnovnye faktory i osobennosti proyavleniya: Na materialakh funktsionirovaniya Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby*: dis. d-r tekhn. nauk: 22.00.04. Sankt-Peterburg, 2002. 325 p. (rus)
4. Gorban' Yu., Sinel'nikova E., Gorban' Yu. *Pozharnye roboty v sovremennykh tekhnologiyakh avtomaticheskogo pozharotusheniya. Algoritm bezopasnosti*, 2010. No 3. Pp. 27-42. (rus)
5. Aleshkov M.V., Rozhkov A.V., Ol'khovskiy O.V., Gusev I.A. *Pozharnye roboty [Fire robots] Pozhary i chrezvychaynye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya*, 2016. No. 1. Pp. 48-53. (rus)
6. Golov G.I. *Demontazhnye raboty pri rekonstruktsii zdaniy*. Moscow: Stroyizdat, 1990. – 143 p. (rus)
7. Kort D. i dr. *Organizatsiya rabot po snosu zdaniy*. Per. s nem. – Moscow: Stroyizdat, 1985. – 115 p. (rus)
8. *Portal nauchnoy literatury. Vnezapnoe obrushenie zdaniya*, available at: <http://scibook.net/jiznedeyatelnosti-bjd-bezopasnost/vnezapnoe-obrushenie-zdaniya-17921.html>. (accessed: December 12, 2016) (rus)
9. Braude V.I., Gokhberg M.M., Zvyagin I.E. i dr. *Spravochnik po kranam: V 2 t. T.I. Kharakteristiki materialov i nagruzok. Osnovy rascheta kranov, ikh privodov i metallicheskih konstruktsiy*. Red. Gokhberg M.M. Minsk: Mashinostroenie, 1988. 139 p.
10. Kurlovich I.G., Smilovenko O.O., Losik S.A. *Avtomatizatsiya avariyno-spatatel'nykh rabot svyazannykh s obrusheniem stroitel'nykh konstruktsiy. Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii*, 2017. Vol. 1. No. 9. Pp.146-150.

УДК 355.583:614.842.4:004.94

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА В БОЛЬШОМ ГОРОДЕ

Ксу Ювей, слушатель докторантуры
тел. +86-13401022573, xuyuwe120@163.com

Су Гофэн, доцент
тел. +86-13381078336, sugf@mail.tsinghua.edu.cn

Чен Жингао, доцент
тел. + 86-13683509336, chenjianguo@mail.tsinghua.edu.cn

Отдел инженерной физики, Институт Исследований Общественной Безопасности,
Университет Цинхуа, Пекин, Китай, 100084

Ду Пенг, региональный директор
тел. +86-18515030112, pdu@tsinghua.org.cn

Технология глобальной безопасности Пекина, компания с ограниченной ответственностью

В статье изложена концепция системной платформы и конструктивного контента системы интеллектуального пожаротушения в городской черте. Основываясь на реальном опыте пожарно-спасательной работы в сочетании с тенденцией развития и характеристиками больших объемов данных, технологиями IoT и технологиями интеллектуального города, разрабатывается подход интеллектуального пожаротушения.

Предлагаемая интеллектуальная система предупреждения и тушения пожаров базируется на трех основных аспектах: «автоматика» для предупреждения и раннего оповещения в случае пожара, «интеллект» для управления работой аварийно-спасательных служб и коммерческих предприятий с учетом всех особенностей городских зданий, «информатизация» для координации сил и средств спасательных лужб. Интеллектуальная система предупреждения и тушения пожаров может применяться в больших городах и имеет перспективы в предотвращении пожаров и спасении пострадавших.

Ключевые слова: интеллектуальное пожаротушение; большие объемы данных; интеллектуальный город; IoT.

(Поступила в редакцию 28 сентября 2017 года)

ЛИТЕРАТУРА

1. Fu Yongcai. The research on the big data thinking in intelligent fire. Fire Science and Technology, 2016. – Vol 35. – № 12.
2. Li Zhenhua, Li Jifan. Thinking on the innovation and development of social fire management under the New Normal. Fire Science and Technology, 2016. – Vol 35. – № 11.
3. Bu Cheng. Research on Social Fire Safety Management based on Intelligent Fire Control Technology. China Public Security, 2017. – № 2 Sum. – № 47.

RESEARCH ON MANAGEMENT AND APPLICATION OF SMART FIREFIGHTING TECHNOLOGY IN URBAN CITY

Xu Y.W., Su G.F., Chen J.G., Du P.

Purpose. This paper is devoted to propose the platform system and construction content of smart firefighting in urban city.

Methods. Based on the actual work of the fire prevention and rescue, combined with development trend and the characteristics of big data, IoT and smart city technology, it analyzes how to develop smart firefighting.

Findings. The demand for smart firefighting construction is mainly concentrated in three aspects: «automatic» for urban fire early warning, «intelligent» for city emergency rescue and business management «informatization» for the fire emergency disposal.

Application field of research. The research results can provide advice on smart firefighting construction to deal with problems of fire prevention and rescue.

Conclusions. Smart firefighting construction should proceed from «automatic», «intelligent» and «informatization», combined with big data, IoT technology, in line with the concept of smart city construction.

Keywords: smart firefighting; big data; smart city; IoT.

(The date of submitting: September 28, 2017)

Introduction. With the advent of the big data era, big data has penetrated into all human life in social society, people are aware of the importance of big data, which not only changes human life, but also changes people's thinking, determines the knowledge system and working mechanism. Based on the Internet of things, cloud computing, big data and other technical supporting, big data thinking will have different far-reaching impact in the future, and even for a technological revolution.

With the rapid development of big data, Internet of things and smart city technology, the concept of smart firefighting has gradually become a hot topic in the firefighting area.

Smart firefighting includes all areas of fire prevention and protection engineering and fire service emergency response, and it addresses all phases of resilience (i.e., pre-incident, during an incident, and post-incident). Smart firefighting will transform traditional fire protection and firefighting practices to ensure the flow of critical information where and when it is needed.

Fire prevention is the most important essential element of smart firefighting. This will be achieved by enhancing the power of information through enhanced data gathering, processing, and targeted communications. An evolving range of databases and sensor networks will be tapped to create, store, exchange, analyze, and integrate information into critical knowledge for the purpose of smart firefighting.

In the new generation of information technology support, smart firefighting work should take big data as the core, by using of social resources, constantly enrich the sources and types of external data to form big variety of firefighting sample data base, based on the processing technology and computing capabilities, apply data mining, analysis and decision making to realize full coverage of the disaster accurate positioning and effective disposal of social firefighting management, provide strong technical support for smart firefighting.

Big data and big data thinking. Big data refers to a large scale data collection in the acquisition, storage, management and analysis greatly beyond the traditional scope of database software tools, it has four characteristics of data size, fast data transfer, massive variety of data types and low value density. In the field of firefighting, big data brings not just technical changes, but also new ways of thinking [1].

(1) From single sample thinking to full sample thinking

More comprehensive and systematic understanding of the overall situation of things, and accurate description of the characteristics.

(2) From precise thinking to chaotic thinking

More emphasis on data, focusing on completeness and chaos, allowing deviations, and even the existence of erroneous data, to predict overall trends.

(3) From causal thinking to related thinking

Analyze the correlation of things by data mining technology, without the need to understand why, to assist decision-making.

(4) From natural thinking to intelligent thinking

Big data systems automatically acquire valuable information, analyze relevant data, mine hidden rules, active logic analysis, judge situations, and show the ability of predicting the future.

Big data and smart firefighting. With the rapid development of information technology, urban cities has gradually formed the concept of construction of smart city. As an important part of urban city construction, firefighting also has to build an intelligent system to match the smart city construction.

Smart firefighting is to use the technologies of big data, IoT, cloud computing etc., based on the requirement of fire prevention and rescue, get all the valuable information, discover the law, analyze the situation, and realize the intelligent fire prevention and rescue. And it use big data thinking to design the fire work mechanism, to activate the government, industry departments, social units and community masses into the firefighting work, finally establish the firefighting field ecosystem and realize smart firefighting.

Internet of things technology (IoT). The IoT technology is based on a protocol criterion, use information sensing devices as the media to connect items with the Internet to achieve information communication and exchange, then implement the intelligent identification, positioning, tracking, monitoring and management. Internet is the core technology, and the information sensing equipment mainly includes GPS, infrared sensors, laser scanners and so on.

IoT and smart firefighting. The full application of IoT technology in social fire safety management, can strengthen the quality of social fire protection facilities and comprehensiveness of maintenance, and improve the fire safety management standardization and social intelligence, help to improve professional skills of fire management personnel, to alleviate the problem of insufficient rescue force, meanwhile achieve interoperability between public fire management information and resources, realize the construction of mobile office and remote supervision mode [2].

Demand of smart firefighting. The demand for smart firefighting construction is mainly concentrated in three aspects [3]:

(1) To meet the need of «automatic» for urban fire early warning. Urban fire prevention work is closely related to economic and social development. There are more and more hazard factors, so that it should implement the prevention guidelines to strengthen the monitoring work of all time for the city fire safety. It relies on the establishment of interconnected fire monitoring network, and analyzes the fire risk integrally and systematically to improve early warning ability, finally realizes fire early warning automation.

(2) To meet the need of «intelligent» for city emergency rescue. Now, the city is not only facing high-rise and underground buildings, chemical industry, old houses and other «old problems», but also facing the «new issues» deriving from new buildings, new materials, new energy, new technologies, and new projects etc., fire emergency rescue is becoming more and more difficult. Therefore, there is an urgent need to further expand and enrich the means of disposal, and constantly improve the level of scientific rescue. In order to quickly improve the city emergency rescue level, it should pay attention to the «intelligent» of emergency rescue and disposal, especially focusing on the disaster site communication and emergency rescue information support.

(3) To meet the need of business management «informatization» for the fire emergency disposal. As an important component of the government administrative enforcement, it should realize data convergence and information sharing among relevant government departments of all levels. Meanwhile, in order to ensure that the city fire safety, it should implement the sophisticated management based on informatization to meet the demand of firefighting management.

Construction content of smart firefighting.

Construct content of «automatic» for urban fire early warning.

(1) Urban fire automatic early warning system.

To establish automatic fire alarm system, that can monitor the real-time status of fire alarm equipment, fire water system, electricity system and smoke control equipment etc., and achieve integrated and dynamic management of fire control operators.

(2) High-altitude observation video surveillance system.

To install high-altitude cameras in the important and sensitive areas, combined with public security street image surveillance system to facilitate the command center to retrieve the video and understand the disaster situation at any time after the fire.

(3) Fire analysis and evaluation system.

To establish city fire risk assessment model, develop fire distribution system of the city, which can identify the risk situation and trend to determine the order of priority, then forecast to the public and take corresponding measures to dispose.

Construct content of «intelligent» for city emergency rescue.

(1) Fire and emergency rescue information sharing system.

To collect information of city emergency relevant departments timely, comprehensively and accurately, and achieve interconnection of contingency plan and emergency rescue, to enhance emergency monitoring, decision-making and emergency response capabilities, and meet the city's comprehensive emergency rescue command demand.

(2) Personnel handheld terminal system.

To equip Individuals with digital equipment such as individual station, hand-held terminal, individual positioning system, individual life signs transmission system etc., combined with wireless sensing and image technology to enhance individual combat effectiveness and safety levels.

(3) Intelligent call-taking and dispatching system.

To realize GIS map visualization resources dispatching, combined with various types of contingency plan and resource dispatching degree, achieve a real sense of intelligence dispatching.

(4) Firefighting resource management system

To establish firefighting resource management system, so the command control center can manage all the firefighting resources, such as vehicles, rescue equipment, etc., that can greatly improve the efficiency of resource dispatch in the process of emergency response.

(5) Mobile intelligent command system.

To equip the field commander with mobile command terminal, develop mobile command platform, realize real-time dispatching of fire vehicles, fire equipment, fire water etc., to meet the demand of mobile command disaster site.

(6) Digital wireless communication system.

To establish digital wireless communication system, also wireless coverage system in high-rise buildings and underground space closed wireless blind area, equipped with mobile fire communication relay station, to increase communication channels and improve the wireless call rate and sound quality.

(7) Firefighting geographic information system.

To establish firefighting geographic information database, combined with remote sensing data and city 3D geographic data, make internal real map of super high-rise building, chemical area, underground space (subway) and high fire risk areas, to realize real-time acquisition and real-time application of all kinds of geographic information.

Construct content of business management «informatization» for the fire emergency disposal.

(1) Fire simulation and training system.

To establish firefighting and rescue simulation & training system, expand the system in the rescue training application gradually, so as to improve the training level of officers at all levels.

(2) Fire vehicle real-time management system.

To integrate advanced and reliable wireless communication technology, GIS, GPS, RS, Beidou Positioning System, install vehicle terminal with automatic satellite navigation function, to receive and report real-time information with the command control center, realize dynamic monitoring and management of the vehicles.

Conclusion. Now, urban city still have problems of backward firefighting system, chaos management of fire equipment and backward technical means, Smart firefighting construction should proceed from «automatic», «intelligent» and «informatization», Using big data and IoT technology, it is certain that the development concept of smart city is met. In addition, it is the future direction of smart firefighting expertise.

REFERENCES

1. Fu Yongcai. The research on the big data thinking in intelligent fire. *Fire Science and Technology*, 2016. Vol. 35. No. 12.
2. Li Zhenhua, Li Jifan. Thinking on the innovation and development of social fire management under the New Normal. *Fire Science and Technology*, 2016. Vol. 35. No. 11.
3. Bu Cheng. Research on Social Fire Safety Management based on Intelligent Fire Control Technology. *China Public Security*, 2017. No. 2 Sum. No. 47.

УДК 355.583

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОКОНЕЧНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ

Качан В.А., Кобяк В.В.

Проведен обзор существующих технических средств передачи сигналов и экстренной информации об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций, рассмотрены преимущества и недостатки существующих оконечных средств оповещения, а также вопросы, касающиеся озвучивания территории техническими средствами речевого доведения информации. В результате сравнительного анализа используемых оконечных средств оповещения предложены способы их совершенствования.

Ключевые слова: оповещение, оконечные средства оповещения, электросирены, громкоговорители, УКВ/FM приемники.

(Поступила в редакцию 22 июня 2017 г.)

Введение. В целях исполнения требований нормативных правовых актов [1-3] для оповещения руководящего состава органов управления и населения об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) применяется автоматизированная система централизованного оповещения (далее – АСЦО). Одним из важных элементов АСЦО являются оконечные средства оповещения.

Оконечные средства оповещения населения устанавливаются в местах пребывания населения как внутри помещений, так и на открытых пространствах и предназначены для передачи следующих видов сигналов оповещения и экстренной информации: звуковое оповещение; речевое сообщение; текстовое сообщение; видеосообщение [3].

В качестве технических средств оповещения могут использоваться:

акустические устройства передачи звуковых сигналов и речевых сообщений – электрические сирены, уличные громкоговорители, сигнальные громкоговорящие системы типа УЗС (или аналогичные) и другие устройства передачи речи;

технические средства передачи видеосообщений – светодиодные экраны, плазменные панели и другие устройства передачи видео;

технические средства передачи текстовых сообщений – устройство «бегущей строки».

В данной статье предлагается рассмотреть преимущества и недостатки акустических устройств передачи звуковых сигналов и речевых сообщений.

Основная часть. К основным техническим устройствам передачи звуковых сигналов оповещения относятся электрические сирены. Для передачи экстренной речевой информации используются громкоговорители и другие акустические устройства передачи речевых сообщений.

Электрические сирены. В сетях электросиренного оборудования в основном используются электромеханические сирены наружной установки С-40 (мощностью 30 кВт) – для установки в населенных пунктах и цеховые электромеханические сирены С-28 (0,1 кВт) – для размещения в шумных цехах предприятий, а также на химически опасных объектах, в зоне катастрофического затопления и т. п. (рисунок 1 а, б).

Перед построением сети электросиренного оборудования производится расчет звукопокрытия рассматриваемой территории, конечным результатом которого является определение конкретных мест размещения электрических сирен [4].

Расчет ведется на основе плана населенного пункта (организации) с указанием этажности застройки и данных об уровнях шумов по его территории [5]. Зоны действия каждой сирены определяются в зависимости от уровня шумов и высоты установки.



а – электросирена С-40



б – электросирена С-28

Рисунок 1. – Электрические сирены

Электрические сирены обладают достаточно высокой эффективностью в обеспечении экстренного оповещения персонала организации и населения. Они просты в устройстве и техническом обслуживании, служат десятилетиями, управление ими легко централизуется и они представляют собой в настоящее время центральное звено в системах оповещения населения.

В то же время использование электрических сирен не лишено и недостатков:

зависимость от состояния централизованного электроснабжения и исправности телефонных линий управления;

небольшие площади звукопокрытия, что заставляет устанавливать большое количество сирен на территории населенных пунктов (объектов экономики);

возможность сбоя работы в зависимости от погодных условий и времени года;

уязвимость сетей электрических сирен от поражающих факторов ЧС;

высокие денежные затраты на установку и обслуживание.

Эффективным средством оповещения людей вне дома являются сети уличных громкоговорителей, которые являются важным элементом систем оповещения населения.

Громкоговорители. Уличные громкоговорители (рисунок 2) устанавливаются в местах наибольшего скопления людей (оживленные улицы, торговые места, площади, остановки транспорта). Их выходная мощность составляет 20–50 Вт.



а – уличные громкоговорители



б – примеры установки громкоговорителей

Рисунок 2. – Уличные громкоговорители

В отличие от электросирен применение уличных громкоговорителей в целях оповещения более универсально. С помощью электросирен можно передать лишь условный сигнал тревоги, а с помощью сетей уличных громкоговорителей можно транслировать и звук электросирен и осуществлять затем передачу речевых информационных сообщений. Но это не значит, что сети уличной звукофикации способны заменить сети электросирен. Эффективная площадь озвучивания одного громкоговорителя в 1000 раз меньше площади озвучивания от одной сирены [6].

К недостаткам использования громкоговорителей можно отнести:

недостаточную надежность исполнительных устройств аппаратуры управления уличными громкоговорителями старого парка;

небольшую мощность громкоговорителей от 15 до 25 Вт, следовательно, чтобы озвучить только одну улицу необходимо установить значительное количество громкоговорителей [7];

высокие денежные затраты на установку и обслуживание.

Постоянно действующие сети уличных громкоговорителей развернуты, как правило, лишь в центре городов и на главных улицах.

В результате проведенных исследований определено, что процент обеспеченности городов и крупных населенных пунктов республики электросиренами и громкоговорителями составляет около 90 %. При этом процент охвата малых населенных пунктов минимальный.

Поэтому проблемным вопросом в области оповещения населения, является недостаточная степень гарантированности доведения сигналов оповещения и экстренной информации о ЧС в малые населенные пункты и сельскую местность.

Частично данную проблему можно решить за счет использования специальных автомобилей органов и подразделений по ЧС, органов внутренних дел, оснащенных сигнальными громкоговорящими установками, а также обеспечения населения эфирными УКВ/ФМ приемниками.

В настоящее время РУП «Белтелеком» эксплуатирует разветвленную сеть проводного вещания общей протяженностью порядка 70 тыс. километров. Для качественного оказания услуг по трансляции звуковых программ проводного вещания необходимы значительные капитальные затраты на ремонт и замену проводов, деревянных или железобетонных опор и других компонентов сети проводного вещания. Поэтому на современном этапе проводится плановая оптимизация проводного вещания в связи с критическими сроками эксплуатации компонентов сети.

В процессе оптимизации сети проводного вещания РУП «Белтелеком» будет предлагать абонентам однопрограммные радиоприемники, позволяющие принимать эфирную трансляцию звуковой программы «Первый Национальный канал Белорусского радио» в УКВ диапазоне.

Действующая АСЦО позволяет доводить до населения текстовую информацию, как заранее записанную на носители, так и с прямого эфира в УКВ диапазоне, осуществляющего трансляцию практически на всю территорию республики.

Например, прием трансляции звуковой программы «Первый Национальный канал Белорусского радио» доступен для 99,6 % процента населения республики. Такие возможности использования УКВ/ФМ приемников позволяют в любое время суток обеспечить передачу экстренной информации. Поэтому беспроводной УКВ/ФМ приемник (с учетом оптимизации проводного вещания) представляет собой эффективное оконечное средство оповещения о ЧС.

В тоже время к недостаткам использования УКВ/ФМ приемников можно отнести то, что они не всегда могут быть включены или настроены на необходимый уровень звука для обеспечения гарантированного приема сигнала оповещения, а также отсутствия их у некоторой части населения.

Проблема гарантированного приема сигнала оповещения может решаться за счет разработки технологии изготовления УКВ/ФМ приемника гарантированного приема сигналов (далее – ПППС) оповещения о ЧС, который обеспечивал бы передачу информации независимо от того выключен ли он (оставаясь включенным в сеть электропитания) или включен на низком уровне звука, а также методики оповещения населения лицами, имеющими УКВ/ФМ ПППС оповещения о ЧС в малых населенных пунктах и в сельской местности.

С учетом недостатков, выявленных при анализе использования оконечных средств оповещения, обоснованность разработки и применения УКВ/ФМ ПППС будет заключаться в том, что:

– в сравнении со стоимостью электросиренного оборудования стоимость УКВ/ФМ приемника в разы дешевле;

– по мере увеличения срока эксплуатации электросиренного оборудования необходимо проведение технического обслуживания и его замена, в то время как сроки эксплуатации УКВ/ФМ приемника в качестве окончательного средства оповещения гораздо дольше и не требуют проведения специального обслуживания;

– в малых населенных пунктах и в сельской местности электросиренное оборудование отсутствует, в то время как зона радиовещания в УКВ диапазоне распространена практически на всю территорию республики.

С учетом требований предъявляемых в целом к системе оповещения были установлены требования к разрабатываемому УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС. К ним можно отнести:

- своевременность;
- достоверность;
- готовность;
- надежность.

Своевременность – способность УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС обеспечивать передачу, доставку сообщений и сигналов в заданные сроки [8].

Показателем оценки своевременности передачи сообщений является сравнение времени прохождения в системе оповещения T_{co} регламентированным временем $T_{зад}$ [8]: $T_{co} \leq T_{зад}$.

При автоматическом способе передачи время прохождения сигналов на УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС не должно превышать:

- в системе не более 80 с с вероятностью 0,95;
- в республиканском звене не более 30 с с вероятностью 0,95;
- в областном звене не более 12 с с вероятностью 0,95;
- в местном звене не более 8 с с вероятностью 0,95.

Достоверность – способность УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС обеспечивать воспроизведение передаваемых сообщений и сигналов в местах приема с заданной точностью [8].

Достоверность достигается:

- применением специальной аппаратуры повышения достоверности;
- поддержанием характеристик УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС в пределах установленных норм.

Вероятность ошибки при приеме сигналов УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС не должна превышать:

- на республиканском уровне – 10^{-6} ;
- на территориальном уровне – 10^{-5} ;
- на местном уровне – 10^{-4} .

Разборчивость слов при передаче информации УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС должна быть не менее 93 %.

Готовность УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС – такое состояние приемника, которое характеризует степень его способности немедленно приступить к передаче сигналов и информации оповещения в любой момент времени независимо от того от того выключен ли он (оставаясь включенным в сеть электропитания) или включен на низком уровне звука [8].

Готовность УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС достигается:

- созданием технологической конструкции УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС позволяющим произвести его включение и передачу информации и сигналов оповещения независимо от того включен он или нет;

– проведением систематических проверок (тестирования) УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС;

- постоянной технической готовностью УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС.

Коэффициент готовности (вероятность работоспособного состояния УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС) в целом должен быть не менее 0,994.

Надежность – свойство УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение промежутка времени или требуемой наработки [8].

Заключение. В результате анализа недостатков использования окончательных средств оповещения в Республике Беларусь определена необходимость разработки УКВ/ФМ ПГПС.

Для установления требований к УКВ/ФМ ПГПС проведен обзор технических нормативных правовых актов, регламентирующих требования предъявляемых в целом к системе оповещения населения в ЧС.

В дальнейшем планируется:

- на основании предложенных требований к УКВ/ФМ ПГПС задать параметры в технические условия для разработки (проектирования) УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС.
- изготовить экспериментальный образец УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС.
- провести эксплуатационных испытания опытного образца УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС.
- разработать программу расчета оптимального количества единиц устройств на количество подворий, мест установки УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС.
- разработать методику оповещения населения лицами, имеющими УКВ/ФМ ПГПС оповещения о ЧС.
- применить результаты полученных исследований при внесении изменений в технические нормативные правовые акты, регламентирующие вопросы оповещения населения в ЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Закон Респ. Беларусь, 5 мая 1998 г. № 141-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 10.07.2012 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
2. О гражданской обороне: Закон Респ. Беларусь, 5 нояб. 2006 г. № 183-З в ред. Закона Респ. Беларусь от 31.12.2009 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
3. Об утверждении положения о системе оповещения населения, органов управления и сил государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны: Постановление Совета Министров Респуб. Беларусь, от 28 нояб. 2014 г. N 1118// Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
4. Методика расчета озвучивания территории электросиренами для оповещения населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. – Минск: НИИ ПБиЧС, 2016. – 26 с.
5. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий»: СТБ 1429-2003. – 12 с.
6. Отчет по работе «Создание комплекса современных средств массовой информации для подготовки населения в области гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и охраны общественного порядка в местах массового пребывания людей согласно перечню, утвержденному МЧС России» / Системно-технический проект / НТП Интеллект Телеком. М.: 2006 – 87 с.
7. Концепция создания Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей /НТП Интеллект Телеком. М.: 2006 – 124 с.
8. Носов М.В. / Учебное пособие предназначено для слушателей и курсантов Академии гражданской защиты «Организация связи и оповещения в РСЧС» – Москва: АГЗ МЧС, 2011. – 74 с.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EXISTING TERMINALS OF THE AUTOMATED CENTRALIZED ALERT SYSTEM

Vadim Kachan

Establishment «Scientific-research Institute of Fire Safety and Emergencies
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Valeriy Kobyak, PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University of Civil Protection
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. To consider the advantages and disadvantages of the existing terminal means of notification, as well as the issues concerning the scoring of the territory by technical means of verbal communication.

Methods. A comparative analysis of the existing terminal alerts to prepare proposals for improvement.

Findings. On the base of the result of a comparative analysis of the used terminal means of warning, the ways of their improving are suggested.

Application field of research. The system of notification of the population in emergency situations. The use of terminal means of notification.

Conclusions. The article gives suggestions on the improvement of technical means of voice transmission of emergency information to ensure guaranteed reception of alert signals throughout the republic.

Keywords: notification, terminal means of warning, electric sirens, loudspeakers, VHF / FM receivers.

(The date of submitting: June 22, 2017)

REFERENCES

1. *On the protection of the population and territories from natural and man-made emergency situations:* Law of the Republic of Kazakhstan. Belarus, May 5, 1998 №141-3: in the red. Law of the Republic of Belarus from 10.07.2012 г. Consultant Plus: Belarus. Technology 3000 [Electronic resource] LLC «YurSpektr», National. Center of legal information. Rep. Belarus. Minsk, 2014. (rus)
2. *On Civil Defense:* Law of the Rep. Belarus, 5 November. 2006 No. 183-Z in the red. Law of the Republic of Belarus from 31.12.2009 Consultant Plus: Belarus. Technology 3000 [Electronic resource] LLC «YurSpektr», National. Center of legal information. Rep. Belarus. Minsk, 2014. (rus)
3. *On approval of the provision on the system of alerting the public, management bodies and forces of the state system of prevention and liquidation of emergencies and civil defense:* Decree of the Council of Ministers of the Republic of Uzbekistan. Belarus, from 28 November. 2014 N 1118. Consultant Plus: Belarus. Technology 3000 [Electronic resource]. LLC «YurSpektr», National. Center of legal information. Rep. Belarus. Minsk, 2014. (rus)
4. *Methodology for calculating the scoring of the territory by electric sirens to alert the public to threats and emergencies.* Minsk: NII PBBCh, 2016. 26 p. (rus)
5. «*Safety in emergency situations. Terms and definitions of basic concepts*»: STB 1429-2003. 12 p. (rus)
6. Report on the work «*Creation of a complex of modern media for the preparation of the population in the field of civil defense, protection from emergencies, fire safety and the protection of public order in places of mass stay of people in accordance with the list approved by the EMERCOM of Russia*». System-Technical Project. NTP Intellect Telecom.M., 2006. 87 p. (rus)
7. *The concept of creating an All-Russian complex system of informing and alerting the population in places of mass stay of people.* NTP Intellect Telecom. Moscow, 2006. 124 p. (rus)
8. Nosov M.V. The training manual is intended for students and cadets of the Academy of Civil Protection «*Organization of Communication and Alerting in the RSPS*». Moscow: AGZ MOE, 2011. 74 p. (rus)

УДК 159.9:614.8

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ

Кремень М.А., Герасимчик А.П.

Предложен алгоритм действий при принятии и реализации управленческих решений. Описаны критерии выделения проблем, нуждающихся в первоочередном принятии решений. Приведены психологические особенности, процедура и принципы принятия коллективных решений.

Ключевые слова: проблема, решение, риск, руководитель, проблемная ситуация, управленческое решение.

(Поступила в редакцию 20 октября 2017 г.)

Введение. Принятие решения – сложный психологический процесс. Человеку биологически свойственно очень осторожно принимать решения. Нерешительность, длительные колебания, имеющие следствием затягивание выполнения решения на неопределенный срок, могут приводить к катастрофическим последствиям.

Предоставление права принятия самостоятельных управленческих решений широкому кругу руководителей требует более тщательного изучения ими не только своей предметной области деятельности, но и теории и передовой практики принятия управленческих решений.

Принятие решений определяется как мыслительный процесс и волевой акт, который охватывает всю деятельность по решению проблемы, определению наилучшего или приемлемого способа действия для достижения одной или нескольких целей [1].

Основная часть.

1. Решения в проблемных ситуациях. Наиболее значимыми представляются слабоструктурированные решения проблем, часто встречающиеся в практике управления. Приведем определение слабоструктурированных решений, отталкиваясь от определения высокоструктурированных решений.

Высокоструктурированные решения характеризуются практически отработанной моделью, включающей стандартные процедуры их выработки и обоснования. Алгоритм принятия таких решений в основном известен заранее, и надо лишь приспособить его к решаемой проблеме с учетом присущих ей условий и особенностей. Обычно цели и задачи таких решений либо хорошо известны, либо заданы извне, а лицам, принимающим решение (ЛПР), надлежит сделать выбор способа действия из относительно небольшого набора допустимых вариантов.

Задача высокоструктурирована, когда она обладает следующими свойствами [2]:

1. Может быть описана в терминах переменных, принимающих числовые значения, – скалярных или векторных.
2. Цели могут быть выражены с помощью единственной четко определенной числовой функции.
3. Имеется алгоритм получения числового решения.

Если задача не обладает хотя бы одним свойством, она относится к классу слабоструктурированных.

Слабоструктурированные решения характерны для нестандартных проблем, для ситуаций, отличающихся новизной, неопределенностью, требующих творческого подхода. Слабоструктурированные решения характерны для принципиально новых нестандартных проблем, решение которых по аналогии с предыдущими, известными, не приводит к успеху.

Чаще всего к классу слабоструктурированных задач относятся задачи, в которых есть формальная модель проблемы, но задача в принципе многокритериальная – имеется несколько несовпадающих целей.

При переходе от высокоструктуризованных задач к слабоструктуризованным четкость формулировки задачи и точность ее решения падают. При решении таких задач в большей степени приходится обращаться к опыту, интеллекту, интуиции.

Практически руководителю почти всегда приходится иметь дело со слабоструктуризованными задачами. Именно такие задачи возникают в политической, административной сферах. Ошибки при принятии решений в современных условиях обходятся часто дорого и тем дороже, чем выше уровень управления, на котором эти решения принимаются. Следует отметить, что для слабоструктуризованной задачи понятие «ошибочное решение» становится нечетким, поскольку наличие многих критериев оценки альтернатив лишает в определенной степени процедуру выбора единственного объективного решения.

Источниками ошибок при решении слабоструктуризованных задач являются ограниченные возможности человека по восприятию больших объемов информации, многоаспектность сравниваемых альтернатив, субъективный характер оценок некоторых критериев для каждой альтернативы, трудность получения исчерпывающего перечня альтернатив. Многокритериальность типичных задач принятия решений приводит к субъективности при сравнении альтернатив, сводящейся чаще всего к некоторому ранжированию критериев или показателей степени достижения целей. Такое ранжирование, выполняемое различными руководителями, почти всегда будет различным. Какое ранжирование является самым правильным, определить трудно. Оценки по некоторым критериям для каждой альтернативы определяются экспертным путем и, следовательно, носят субъективный характер. Таким образом, возникает «двойной» субъективизм – субъективизм оценок и субъективизм при учете различной значимости критериев.

Когда говорится, что процесс принятия решений сводится к выбору одной из нескольких альтернатив, предполагается, что полный перечень альтернатив известен. В действительности может оказаться, что наиболее предпочтительная альтернатива неизвестна, следовательно, принятие решений не сводится только к процессу выбора альтернатив.

Решения наиболее эффективно проявляют себя в проблемных ситуациях следующих типов:

1. Проблема не допускает точного количественного решения: отсутствует адекватная математическая модель для постановки задачи. К многочисленным примерам проблем такого типа относятся назначения на должность, распределение функций в органе управления, выбор направлений фундаментальных научных исследований и т. д.

2. Возможно построение формализованной модели решаемой проблемы, однако для создания модели либо нет надежной количественной информации, либо часть исходных данных не представлена в форме обычных чисел и носит хотя бы частично приближительный или даже качественный характер. Проблемами этого типа являются, например, выбор участка для строительства промышленного объекта, планирования: капиталовложений в развитие предприятий, редакционно-издательской деятельности, прикладных научных исследований и т. д.

3. Время для принятия решений мало, что не позволяет ни строго поставить задачу, ни собрать исчерпывающую информацию для ее решения. К числу таких задач относятся решения в аварийных ситуациях, задачи диспетчеризации, оперативного управления процессом и т. д.

Направления принятия решений характеризуются большим разнообразием, например, социально-политическим, организационно-технологическим, психологическим и т. д. Каждое из направлений может быть подразделено на различные ответвления. Так, психологическое направление, ограниченное в основном рамками дескриптивного (описательного) подхода, делится на два ответвления. В первом значительное место уделяется непосредственно изучению возможностей человека вносить непротиворечивые суждения в сложных ситуациях, выявлению факторов, влияющих на эти возможности (таких как число альтернатив, число критериев оценки каждой альтернативы, способность строить упрощенные

мысленные модели изучаемой ситуации, давать оценки вероятностям предстоящих событий и т. п.) [3]. Второе ответвление психологического направления связано с построением дескриптивных моделей принятия решений человеком. В этом ответвлении по результатам лабораторных экспериментов изучаются возможности человека по решению в основном модельных задач, например, при проведении деловых игр, результаты экспериментов обрабатываются по специальным методикам и по результатам обработки строятся зависимости, позволяющие прогнозировать принятие решений человеком. Это ответвление психологического направления носит в значительной степени экспериментальный характер.

Субъектом всякого решения является ЛПР. Это может быть один человек (индивидуальное ЛПР) или группа лиц, принимающих коллективное решение (групповое ЛПР). Лицо, принимающее решение, – термин, прочно установившийся в управленческой литературе. Это термин собирательный: директор, министр, ученый совет – примеры индивидуальных или групповых ЛПР [4].

Алгоритм действий при принятии и реализации управленческих решений, на наш взгляд, может быть описан следующим образом:

1. Формирование проблемной ситуации, которая описывается содержательно, с привлечением, если это возможно, количественных данных; осуществляется анализ проблемной ситуации.

2. Определение имеющегося времени для принятия решения.

3. Выявление необходимых ресурсов для решения проблемы.

Выше перечисленные действия (1, 2, 3) практически осуществляются параллельно.

4. Сбор необходимой информации по решаемой проблеме.

5. Формулирование цели решения проблемы, как ожидаемого результата. Это одно из наиболее ответственных действий, так как от того, насколько точно и полно определены цели, во многом зависит эффективность решения проблемы.

6. Выявление имеющихся мест ограничений, которое осуществляется одновременно с формулированием цели. Ограничения могут быть ресурсными, техническими, временными, финансовыми и т. д. Знание ограничений позволяет при формулировании цели учитывать реальные условия.

7. Разрабатывается множество возможных альтернативных решений с осуществлением их неформального обоснования для последующего сравнения и выбора наилучшего.

8. Разработка критериев эффективности, для оценки предпочтений альтернативных решений. Предпочтения могут определяться на основе данных технико-экономического обоснования. Однако, с точки зрения некоторых целей, предпочтения решений могут осуществляться только субъективно, на основе экспертных оценок.

9. Выбор оптимального решения на основе разработанных критериев эффективности.

10. Создание условий и определение времени, необходимого для реализации выбранного решения.

11. Осуществление контрольных функций.

Алгоритм действий при принятии и реализации решений в проблемных ситуациях представлен на рисунке 1.

2. Воздействие психологических факторов на выделение проблем, требующих решения. Проблема способна проявиться в явном виде, когда ее неблагоприятное действие становится видимым, ощутимым, или как потенциальная угроза различных неприятностей. Количество проблем столь велико, что в течение ограниченного времени при недостаточных ресурсах удастся справиться только с частью из них. Поэтому подготовке решений должны предшествовать как осознание, так и фильтрация проблем с целью выделения самых важных. Наличие многих конкурирующих проблем, психологически воспринимаемых людьми по-разному, делает задачу выбора той проблемы, к решению которой пора приступить, сложной методологической и прикладной задачей. Поэтому выявление и анализ проблемы является первичной в общей схеме выработки и принятия управленческих решений.

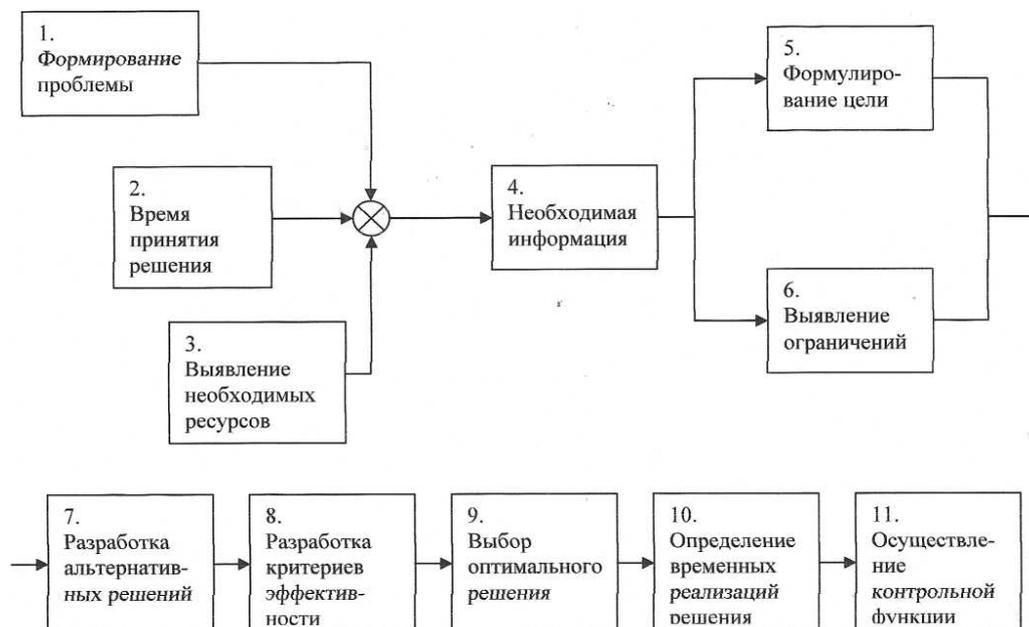


Рисунок 1. – Алгоритм действий при принятии и реализации решений в проблемных ситуациях

Критерии выделения проблем, нуждающихся в первоочередном принятии решений, можно разделить на две группы. *Объективные критерии* отражают объективную необходимость приступить к поиску путей решения проблемы, обусловленную сложившимися обстоятельствами, наблюдаемыми событиями. *Субъективно-психологические критерии* подчеркивают заинтересованность отдельных лиц для инициирования процесса выработки и принятия решений, придавая ему официальный характер вне прямой зависимости от реального состояния проблемы, а иногда и ее наличия. У лиц, отвечающих за выбор и постановку проблем, формирующих целевые установки и непосредственно принимающих управленческие решения, практически всегда появляются личные интересы, тем или иным образом связанные с проблемой и ее решением. Если человек принимает решение по поводу своих личных проблем и намерен самостоятельно выполнять это решение, то в присутствии сугубо индивидуального интереса нет ничего зазорного, более того, так и должно быть. Существуют психологические факторы, настраивающие руководителей, ответственных лиц проявлять субъективизм в процессе отбора проблем и установления уровня их важности.

Во-первых, решение изучаемой проблемы в ряде случаев несет личную материальную или моральную выгоду для рассматривающего ее лица, способствует более полному удовлетворению его индивидуальных нужд и запросов, интересов социальной группы, к которой принадлежит данное лицо или которой оно симпатизирует. Подобного типа материальные или моральные интересы иногда подогреваются извне, имеют вид обещаний вознаграждения со стороны людей, лоббирующих данную проблему. Не исключен и подкуп должностных лиц, заинтересованных таким образом в ускорении решения данной проблемы.

Во-вторых, ответственные лица иногда склонны выделять и отдавать предпочтение проблемам, успешное решение которых способно приносить в будущем дивиденды тому, кто обратил внимание на проблему как неотложную. Такого рода факторы выступают как ожидания выгод в виде получения и расширения известности, повышения имиджа, повышение в должности, наград.

В-третьих, лица, вырабатывающие рекомендации об отборе, выборе наиболее важных, неотложных проблем, требующих решения, психологически предрасположены уменьшить риск ошибочных, неудачных рекомендаций. Ведь не исключено, что предложения по выбору проблемы могут не понравиться вышестоящему руководству, либо привести к неблагоприятным для рекомендующего лица последствиям после обнаружения в буду-

щем факта необоснованного выбора проблемы. Критерий «как бы чего не вышло» также способен оказывать влияние на подход к выделению проблем, требующих решения. Иногда данный фактор проявляется в стремлении угодить руководству, т. е. сосредоточить внимание на проблемах, которые упоминались ранее как самые актуальные в указаниях вышестоящих руководителей.

По отношению к проблемам социального характера приходится учитывать общественное мнение по поводу их значимости, чтобы не породить негативных реакций на ожидаемое решение еще до того, как оно состоялось.

С точки зрения психологических факторов и мотивов, которыми руководствуются лица, принимающие управленческие решения, представляется целесообразным разделить предпочтения, оказываемые вариантам решений на несколько групп.

Первая группа включает варианты и типы решений, основной мотив выбора и принятия которых заключается в стремлении достичь эффективного разрешения проблемной ситуации. При этом мотивация лица, принимающего решения, основывается на следующих критериях:

- полнота решения (устранения, смягчения) исходной проблемы, достигаемый эффект;

- экономическая, социальная, политическая эффективность принимаемого решения (отношение эффекта к затратам на его получение);

- продолжительность периода решения проблемы;

- соответствие решения действующему законодательству;

- предвидимые экономические, социальные, политические, экологические последствия принимаемых решений;

- влияние принимаемого решения по данной проблеме на смежные проблемы, включая возможность возникновения таковых в результате намеченных действий.

Мотивы первой группы носят в основном объективный характер в том смысле, что они обусловлены наличием и состоянием проблемы. На мотивах и предпочтениях данного вида сказывается беспристрастное видение проблемы лицом, принимающим решение.

Вторая группа мотивов и предпочтений отражает стремление лиц, принимающих решение, достичь его наибольшей эффективности, выгоды применительно к себе, к кругу близких лиц и социальных групп при условии одновременного обеспечения максимально возможной безопасности принимаемого решения для себя и приближенных лиц. Основные мотивы выбора и принятия решений сводятся в этом случае к следующим:

- получение материальных выгод в результате принятия и осуществления данного варианта решения;

- укрепление своего служебного положения;

- предотвращение неблагоприятных последствий для себя и своего окружения вследствие выбора и принятия неудачного, не оправдавшего себя рискованного решения;

- соответствие избираемого решения интересам и предпочтениям вышестоящего руководства;

- оказание содействия лицам, заинтересованным в том или ином решении, в целях возможности обращения к ним в будущем.

Иногда в некоторых ситуациях индивидуальные проблемы руководителей представляют часть общих проблем, по которым эти лица уполномочены принимать решения.

Важным психологическим фактором принятия управленческих решений является время, затрачиваемое на его выработку. Если говорить точнее, то имеется в виду не сам срок исполнения принятого решения, а его сравнение с предвидимым периодом, в течение которого к лицу или лицам, принявшим данное решение, могут быть предъявлены претензии по поводу его качества.

Чем длительнее срок реализации решения по сравнению со сроком предполагаемого пребывания лица, принимающего решение в должности, порождающей ответственность,

тем ниже риск. Руководитель, избранный или назначенный на определенный срок, не очень беспокоится о последствиях решений, результаты которых проявятся после этого срока.

В значительной степени надежность и эффективность решения зависит от морально-психологических качеств руководителя, его кодекса чести и чувства ответственности.

3. Психологические особенности принятия коллективных решений. Анализ содержания управленческих решений показал, что большинство решений по ключевым проблемам требует того, чтобы эти решения положительно воспринимались трудовыми коллективами. А это указывает на то, чтобы такие решения принимались коллективно.

Коллективные решения принимаются в группах. Обычно – это группа руководящих работников, некий коллегиальный орган (совет, комиссия и т. п.), коллектив и т. д. Даже первое приближение к характеристике таких групп показывает, что имеет место две их разновидности. Во-первых, это иерархически организованные группы, например, группа руководящих работников, где есть старший по должности руководитель и подчиненные. Во-вторых, группы экспертов, как правило, специалистов по какой-либо узкой проблеме. Здесь нет формальных руководителей, а члены группы не связаны отношениями подчинения (зависимости). Процедура принятия решений в таких группах различна. Обычно – это различная степень доминирования руководителя (в первом случае) и свобода мнений (во втором).

Процедуры принятия решений в иерархически организованной группе непосредственно связаны со стилем руководства людьми, который доминирует в деятельности руководителя. При принятии решения в иерархически организованной группе, где, так или иначе, доминирует мнение руководителя, происходит сложное взаимодействие должностных лиц. Несмотря на разнообразные методы принятия решений, которые нередко внедряются в практику, участники принятия решений находятся в жесткой системе отношений, очерченной парадигмой «руководитель-подчиненный». В связи с этим поведение подчиненных будет или детерминировано волей руководителя (директивный стиль), или его поведением (демократический или либеральный стили). В практической деятельности процедура принятия решений в иерархически организованной группе подчиняется требованиям вполне конкретных принципов: единогласия, большинства, минимизации разногласий и согласования.

Принцип единогласия. При принятии решений имеют место две разновидности единогласия: а) реальное и б) мнимое. Первое представляет творческое обсуждение проблемы и перебор альтернатив возможного решения. Второе – формальное согласие с руководителями и часто не высказанное расхождение с ними. При формальном единогласии выработанное решение не всегда принимается в трудовом коллективе, а поэтому оно не воспринимается как руководство к действию. Потребность формального единогласия состоит в том, что участники принятия решения не высказывают своих сокровенных мыслей. Подлинное единогласие свидетельствует об однородности мнений должностных лиц по обсуждаемой проблеме, что выражается в отсутствии «коалиций», т. е. групповых объединений со своими мнениями. Однако и здесь есть теневая сторона: при единогласии участники коллективных решений постепенно утрачивают интерес к критике и самокритике, являющихся движущимися силами социально-экономического развития общества.

Принцип большинства. Этот принцип проявляет свое действие в ситуациях с явно выраженными «коалициями», т. е. когда в процессе выработки коллективного мнения соперничают две-три малые неформальные группы. Сюда же относятся и ситуации, когда каждый член группы придерживается какой-то своей позиции. При таком положении дел предпочтительным оказывается голосование. Здесь могут наблюдаться: а) разделение голосов на равные части; б) большинство голосов; в) абсолютное большинство голосов.

При разделении голосов возникает ситуация провала в выработке решения. В связи с этим необходимо обращаться к другим принципам. Большинство голосов здесь может в какой-то степени способствовать успеху дела, однако решение, принятое таким способом, с

трудом находит отклик у исполнителей. Лучшим вариантом, конечно, будет абсолютное большинство голосов. В практике утвердилась норма 2/3, что является вполне достаточным для доминирования над людьми, сохраняющими иные точки зрения. Абсолютное большинство при принятии решений – это господство большинства над меньшинством. С точки зрения социальной психологии, меньшинство всегда старается вырваться из-под давления большинства, и для этого оно вырабатывает специальную тактику.

Принцип минимизации разногласий имеет место как при принятии решения в иерархически организованной группе, так и в ситуациях с привлечением экспертов. Основными условиями здесь будут: а) оптимальное преобладание мнения руководителя; б) активность участников обсуждения проблемы. Главным методом, способствующим минимизированию разногласий, является дискуссия.

Принцип согласования. Введение данного принципа в систему управления обусловлено необходимостью готовить решения в инстанциях на всех уровнях. В большинстве случаев согласование целесообразно применять на стадии разработки проекта.

При принятии решения в иерархически организованных группах, когда господствуют отношения «руководитель-подчиненный», всегда имеет место волевое давление руководителя. Такое положение может тормозить творческую инициативу людей, что крайне нежелательно.

С целью устранения названного недостатка должен шире практиковаться метод принятия решений «независимыми» экспертами. Характерной особенностью такого метода является наличие отношений «равенства партнеров» и свободное высказывание мнений. Наиболее известными разновидностями названного метода являются «мозговой штурм» и групповые дискуссии. Однако, следует заметить, что групповая дискуссия сопровождается рядом психологических явлений, среди которых надо, прежде всего, указать на: а) групповую деформацию; б) увеличение степени риска.

Групповая деформация (ошибки, расхождения во мнениях, недопонимание и т. д.) происходит из-за особенностей группового мышления. Здесь имеют место: а) конформизм мышления, проявляющийся в том, что некоторые лица склонны поддаваться влиянию других, поэтому свои высказывания они стараются подстраивать под мнение ведущего или мнение большинства; б) защитные тенденции – стремление оградить свое «Я» от посягательств со стороны других. Есть люди, которые болезненно переносят критику в свой адрес, поэтому при обсуждении выдвигаемых проблем имеют тенденцию противостоять мнению большинства; в) тенденциозный подбор фактов. Это явление есть следствие психологической установки, т. е. устремление к деятельности на основе прошлого опыта, проявляющегося в виде устойчивых стереотипов поведения и мышления. Люди, которым присуща жесткая психологическая установка, будут действовать так, «как их учили». Обычно такие люди не высказывают оригинальных идей.

Увеличение степени риска. Установлено, что люди, взаимодействующие в группе, имеют тенденцию рисковать, т. е. уровень риска у них значительно выше, чем у человека, одиночно действующего в сходных условиях. В ситуациях принятия решений это объясняется, например, разделением ответственности, так как в любой группе, принимающей коллективные решения, ответственность за эти решения разделяется между участниками. Это уменьшает у отдельных людей боязнь неудач.

Авторитетный лидер порождает в группе благоприятный психологический климат. Он подает пример творческого подхода к обсуждению и решению поставленных перед группой проблем. Однако при этом участники группы, повышая свою активность, выдвигают более рискованные идеи.

Деятельность руководителя при принятии групповых управленческих решений остается во всех отношениях ключевой. Оценив проблему, руководитель осуществляет поиск исполнителей, т. е. подбирает таких подчиненных, которые обладают качествами, определяемыми требованием проблемы.

Вывод. Процедура принятия решения является центральной на всех уровнях приема и переработки информации. В этой процедуре наиболее полно реализуются как отражательные, так и регуляторные функции психики. Структура и механизмы процедуры принятия решения не являются стабильно-универсальными на разных уровнях психического отражения. От качества управленческих решений зависит результативность работы подразделения (организации, учреждения, предприятия и т. д.). Они должны отвечать определенным требованиям, исходить из сложившихся условий, приниматься с соблюдением организационных и психологических предпосылок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евланов, Л.Г. Теория и практика принятия решений / Л.Г. Евланов. – М.: Экономика, 1984.
2. Ван Гог, Дж. Прикладная общая теория систем / Дж. Ван Гог. – М.: Мир, 1981.
3. Словак, П. На пути к пониманию и улучшению принимаемых решений / П. Словак // Дескриптивный подход к изучению процессов принятия решений при многих критериях. – М.: ВНИИСИ, 1980. – Вып. 9.
4. Аганбегян, А.Г. Важные позитивные сдвиги в экономической жизни страны / А.Г. Аганбегян // ЭКО. – 1984. – № 6.
5. Кремень, М.А. Инновационные технологии разработки, обоснования и принятия кадровых решений: пособие / М.А. Кремень. – Минск: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2014. – 174 с.

PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF DECISION-MAKING IN PROBLEM SITUATIONS

Marks Kremen, Grand PhD in Psychological Sciences, Professor

Aleksandr Gerasimchik, PhD in Psychological Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University of Civil Protection
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. The article is devoted to the research of psychological aspects of decision-making in problem situations.

Methods. The results of the research of decision-making problems by different authors are generalized, as well as their scientific theories and practical recommendations.

Findings. The algorithm of managerial decision-making and its implementation is proposed. The criteria of determining the issues that need urgent decision-making are presented. Psychological characteristics, procedure, and principles of collective decision-making are given.

Application field of research. The results of the study can be used in practical activity of managers of different levels.

Conclusions. The effectiveness of decision-making by the manager is not only determined by his knowledge of subject, but also by the theory and practice of managerial decision-making.

Keywords: problem; decision-making, risk, manager, problem situation, managerial decision.

(The date of submitting: October 20, 2017)

REFERENCES

1. Evlanov L.G. *Teoriya i praktika prinyatiya resheniy* [Theory and practice of decision-making]. Moscow: Ekonomika, 1984. (rus)
2. Van Gog Dzh. *Prikladnaya obshchaya teoriya sistem* [Applied General systems theory]. Moscow: Mir, 1981. (rus)
3. Slovak P. Na puti k ponimaniyu i uluchsheniyu prinimaemykh resheniy. Deskriptivnyy podkhod k izucheniyu protsessov prinyatiya resheniy pri mnogikh kriteriyakh. [On the way to understanding and better decisions. A descriptive approach to the study of the processes of decision-making at many criteria]. Moscow: VNIISI, 1980. Vyp. 9. (rus)
4. Aganbegyan A.G. Vazhnye pozitivnye sdvigi v ekonomicheskoy zhizni strany [Important positive developments in the economic life of the country]. *EKO*. 1984. № 6. (rus)
5. Kremen' M.A. *Innovatsionnye tekhnologii razrabotki, obosnovaniya i prinyatiya kadrovyykh resheniy: posobie* [Innovative technology development, studies and personnel decisions]. Minsk: Akademiya upravleniya pri Prezidente Respubliki Belarus', 2014. 174 p. (rus)

УДК [159.9:351.746.1]

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СИЛОВОГО БЛОКА К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Вишневская В.П., Медведев А.В.

Статья посвящена актуальной проблеме адаптации специалистов силового блока к профессиональной деятельности. Представлены результаты социально-психологического исследования, цель которого заключалась в определении адаптационного потенциала специалистов силового блока, разработке эффективных программ коррекции и развития.

Ключевые слова: индивидуально-специфические особенности адаптационного потенциала специалистов силового блока, профессиональная деятельность, корреляционные взаимосвязи.

(Поступила в редакцию 4 июля 2017 г.)

Невзирая на многочисленность публикаций по обозначенной выше проблеме, она не потеряла свою актуальность и в настоящее время. Это связано с необходимостью повышения эффективности выполняемых служебных задач специалистами силового блока, в обычных, особых, экстремальных условиях профессиональной деятельности и сохранения их (психического и физического) здоровья.

В научной литературе имеется несколько определений понятия «адаптация», в зависимости от области научных знаний в которой оно рассматривается. В рамках проводимого нами социально-психологического исследования руководствовались следующим определением понятия «адаптация» (от лат. *приспособлять*) – приспособление организма, личности, их систем к характеру отдельных воздействий или к изменившимся условиям жизни в целом. Понятие А. возникло в XIX в. и использовалось вначале главным образом в биологии. Затем это понятие стали применять не только к различным сторонам жизнедеятельности организмов, но и к личности человека и даже к коллективному поведению. А. компенсирует недостаточность привычного поведения в новых условиях. Благодаря А. создаются возможности ускорения оптимального функционирования организма, личности в необычной обстановке. Если А. не наступает, возникают дополнительные затруднения в освоении предмета деятельности, вплоть до нарушений ее регуляции.

А. связана с перестройкой функционирования тех или иных органов, свойств, механизмов, с выработкой новых навыков, привычек, качеств, что приводит в соответствие организм, личность со средой. Регуляторами адаптации человека выступают мотивы, мышление, воля, способности, знания, опыт. В процессе адаптации не столько приобретаются новые свойства, качества, сколько перестраиваются уже имеющиеся, а сохранение эффективности деятельности происходит главным образом благодаря готовности, привыканию к новым условиям и их освоению. А. выражается не только в приспособлении организма к новым условиям, но главным образом в выработке фиксированных способов поведения, позволяющих справляться с трудностями.

А. состоит из равновесия процессов ассимиляции и аккомодации. Ассимиляция – это процесс включения нового объекта, новой проблемной ситуации в уже существующие схемы действия. Аккомодация – это изменение таких схем в соответствии с требованиями, предъявляемыми новыми задачами. Единство этих процессов приводит к установлению равновесия между ними и в отношениях организма со средой, нарушение которого каждый раз в силу биологического закона вызывает тенденцию к его восстановлению.

В зависимости от того, в каких условиях и на основе каких механизмов осуществляется приспособление человека к среде, выделяют различные виды адаптации: физиологическая (взаимодействие различных систем организма), биологическая (изменение в обмене веществ и функциях органов соответственно жизненному значению воздействий), пси-

психологическая (приспособление человека к условиям, задачам на уровне психических процессов, свойств, состояний; например, повышение чувствительности глаз в темноте), социально-психологическая (приспособление к взаимоотношениям в новом коллективе). Эти виды адаптации могут взаимодействовать и проявляться одновременно. Процесс А. к новой обстановке ускоряется, если человек предварительно ознакомлен с возможными ситуациями предстоящей деятельности, получил знания и сведения, необходимые для правильной ориентировки. Для успешной А. необходимо учиться управлять своим поведением, уметь вырабатывать готовность к целесообразным действиям в новых обстоятельствах жизни» [1, с. 15-16].

«Адаптационные возможности военнослужащего – совокупность индивидуально-психологических и личностных особенностей, обеспечивающих успешность и устойчивость адаптации военнослужащего к различным условиям воинской деятельности. А. в. в. являются важнейшим условием адаптации военнослужащего к сложным условиям воинской деятельности, прежде всего боевой обстановке, предупреждения боевой физической и психической травматизации воина» [1, с. 15].

«Адаптация профессиональная – процесс приспособления специалиста к требованиям и нормам профессии, конкретным условиям профессиональной среды» [1, с. 17].

«Адаптация социально-психологическая – процесс приспособления военнослужащего к установкам, ценностям, правилам и нормам нового воинского коллектива, освоения им новых социальных ролей» [1, с.17].

В соответствии с квалификационными требованиями (компетенциями), предъявляемыми стандартами специальности, процесс подготовки специалистов силового блока включает единство развития профессионально важных качеств (ПВК) и психической адаптации к служебной деятельности.

В публикациях А.В. Карпова представлена следующая классификация профессионально важных качеств.

«К абсолютным ПВК, которые необходимы для минимально допустимого уровня профессиональной деятельности относятся: базовые знания по специальности; коммуникативные качества, дисциплинированность, устойчивость, должный уровень развития психических познавательных процессов.

К относительным ПВК, позволяющим достигнуть высоких показателей деятельности (ПВК мастерства) относятся: наблюдательность, психологическая культура, профессионализм, флексибельность мышления, инициативность, целеустремленность, трудолюбие, стремление к совершенствованию.

К адекватной мотивационной готовности для реализации деятельности, которая компенсирует недостаточные ПВК, относится: стремление к приобретению профессионального опыта, желание профессионально овладеть специальностью, направленность на экстремальную деятельность, готовность к трудностям в достижении профессионального мастерства и осознание собственной роли в этом процессе.

К противопоказаниям к профессиональной деятельности относятся: психопатические проявления, эмоциональная неустойчивость, высокий уровень амбициозности и честолюбия, безответственность, безнравственность, несобранность, низкая физическая подготовленность» [3, с. 76].

В связи с актуальностью обозначенной выше проблемы проведено социально-психологическое исследование, цель одного из этапов которого заключалась в *определении индивидуально-специфических особенностей адаптационного потенциала специалистов силового блока, разработки эффективных программ коррекции и развития.*

Теоретико-методологической основой социально-психологического исследования послужили теории: деятельности (А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубенштейн); психология общения (Б.Ф. Ломов, А.А. Бодалев и др.), концепция системогенеза профессиональной деятельности (Б.Г. Ломов, В.Д. Шадриков, Е.А. Климов, Г.С. Никифоров), определяющая компонен-

ты деятельности (мотивы, цели, планирование действий, принятие решений, результат деятельности и профессионально важные качества), характер их взаимосвязи и развития в плане обеспечения общей цели деятельности, где развитие каждого компонента подчиняется развитию системы в целом; теория профессионального развития (Г. Сьюпер), в соответствии с которой выбор профессии определяется представлениями личности о себе и осведомленностью в области профессиональной деятельности.

В целях выявления у специалистов силового блока доминирующих индивидуально-психологических особенностей, оказывающих влияние на эффективность выполнения служебных задач в экстремальных условиях, использовался феноменологический метод (Э. Гуссерль, М. Мерло-Понти, П. Рикёр, М. Хайдегер и др.), как путь исследования и понимания непосредственного опыта реализации специалистом себя в профессиональной деятельности.

Математическая обработка полученных в ходе исследования данных осуществлялась с помощью пакетов программ IBM SPSS Statistics 21.0 и Office Excel 2010.

Анализ результатов проведенного социально-психологического исследования свидетельствует о наличии корреляционных связей между показателями ряда индивидуально-специфических особенностей адаптационного потенциала специалистов силового блока, с уровнем развития: мировоззрения; профессионального, патриотического самосознания; мотивацией карьерного роста; особенностями социализации и/или профессионализации личности ($r = 0,47 - r = 0,98, p \leq 0,01$).

Выявлены корреляционные связи показателей свойств внимания и реакциями на действие стресс-факторов различной интенсивности ($r = 0,43 - r = 0,88, p \leq 0,01$); показателями свойств внимания и скоростью принятия индивидуального решения, относительно поставленных профессиональных задач ($r = 0,71 - r = 0,98, p \leq 0,01$) и др.

Выявлены прямые взаимосвязи между переключением внимания и индивидуально-специфическими особенностями адаптационного потенциала специалистов ($r = 0,44, p \leq 0,01$); переключением внимания и интеллектуальной лабильностью специалистов силового блока ($r = 0,39, p \leq 0,01$). Следует заметить то, что умение специалистов силового блока, быстро переходить от решения одних служебных задач к другим, принятия обоснованных, целесообразных решений, является одной из доминирующих характеристик их профессиональной деятельности.

В рамках изучения обозначенной выше проблемы следует обратить внимание на выявленные значимые обратные связи – типа темперамента специалистов с их адаптационным потенциалом и поведенческой саморегуляцией ($r = -0,23, p \leq 0,01$). Данный факт свидетельствует о роли влияния типа нервной системы личности, на результаты деятельности специалистов силового блока в экстремальных условиях. Так, например, имели место единичные случаи снижения уровня эмоциональной устойчивости названной выше категории специалистов, а также возникновения синдрома психоэмоционального напряжения при воздействии стресс-факторов сильной интенсивности. В этой связи для специалистов с указанными проявлениями разработаны индивидуальные программы коррекции адаптационного потенциала.

Следует заметить то, что эффективность деятельности специалистов силового блока в экстремальных условиях определяется не каким-то одним фактором, а их соотношением, имеющим индивидуальный характер в каждом конкретном случае, а подвижность границ напряженности в экстремальных ситуациях допускает не только возможность, но и необходимость использования комплекса мероприятий, направленных на расширения этого диапазона [2].

В процессе проведения социально-психологического исследования определены двадцать четыре переменные (типологические, мотивационные, адаптационные и др.), позволяющие наиболее полно раскрыть потенциал готовности специалистов силового блока к деятельности в особых и экстремальных условиях.

Типологические переменные играют важную роль как в разграничении реакций специалиста силового блока на социальное окружение, так и в различных ситуациях выбора, в частности, в развитии стратегий, которыми пользуется специалист для удовлетворения актуальных потребностей.

Проведенный анализ главных компонент, с помощью критерия полной объясненной дисперсии, позволил определить наиболее значимые переменные и минимизировать число факторных компонент, определяющих индивидуальные психологические особенности личности специалиста. В целях полноты интерпретации количественных показателей, на основе матриц факторных нагрузок и повернутых компонент (метод Варимакс с нормализацией Кайзера), выделены доминирующие нагрузки и определены четыре основных фактора (адаптационный, терминальный, жизненных сфер, типологический). Необходимо отметить то, что факторные компоненты взаимосвязаны с профессионально важными качествами, предъявляемыми к специалисту силового блока. В этой связи целесообразно дальнейшее развитие ПВК специалистов, с целью эффективного выполнения указанной выше категории специалистов поставленных служебных задач в обычных, особых и экстремальных условиях.

На основании теоретического анализа и результатов проведенного социально-психологического исследования можно заключить следующее:

1) изучение феномена индивидуально-специфических особенностей адаптационного потенциала специалистов силового блока имеет исключительное значение как для развития «Я – концепции профессиональной», так и решения ряда прикладных задач;

2) в процессе подготовки специалистов силового блока, целесообразно использовать комплекс современных технологий, способствующих расширению диапазона адаптационного потенциала специалистов, обеспечивающих эффективное выполнение служебных задач, в обычных, особых, экстремальных условиях с сохранением их (психического и физического) здоровья;

3) содержание подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов силового блока Республики Беларусь целесообразно рассматривать с учетом:

- геополитической ситуации в мире;
- прогноза развития международных отношений с сопредельными государствами;
- изменений в деятельности организованной, транснациональной преступности;
- принятия новых образцов техники и вооружения;
- использования международного опыта подготовки специалистов, аналогичного профиля профессиональной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Военно-психологический словарь-справочник / Под общ. ред. Ю.П. Зинченко. – М.: ИД «Куприянова» / Общество психологов силовых структур, 2010. – 592 с.
2. Вишневская, В.П. Экстремальные ситуации – многомерное явление / В.П. Вишневская // Сб. докладов VI Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», 8-9 июня 2011г., г. Минск. – Мн.: 2011г. – С. 62-68.
3. Карпов А.В. Понятие профессионально важных качеств деятельности // Психология труда: Учебник для студентов высш. учебн. заведений / Под ред. А.В. Карпова. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 352 с.

SOME ASPECTS OF ADAPTATION OF MILITARY UNITS' SPECIALISTS TO PROFESSIONAL ACTIVITY

Valentina Vishnevskaya, Grand PhD in Psychological Sciences, Professor

State Educational Establishment «Border Service Institute
of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Aleksandr Medvedev

Educational Establishment «Vitebsk State University named after P.M. Masherov», Vitebsk, Belarus

Purpose. The purpose of the research was to determine the adaptive capacity of the Special Forces servicemen, to develop effective correction and development programs. The task of the research was to substantiate a long-term forecast of the dynamics of the adaptation potential of the Special Forces servicemen.

Methods. The dominant individually specific features of the adaptive potential of the Special Forces servicemen that affect the efficiency of service tasks performance under extreme conditions are examined. The phenomenological method was used (E. Husserl, M. Merlo-Ponty, P. Ricoeur, M. Heideger, etc.) as a way of researching and understanding the direct experience of self-realization of a specialist in his professional activities.

Findings. The study of the phenomenon of individually specific features of the Special Forces servicemen adaptive capacity is of exceptional importance both for the development of the «Self-concept professional» and for the solution of a number of applied problems.

Application field of research. The obtained data testify that the effectiveness of the Special Forces servicemen activities in extreme conditions is determined not by any one factor but by their ratio having individual character in each specific case. And the mobility of the tension boundaries in extreme situations gives not only the possibility but also the necessary use of a set of measures aimed at expanding this range.

Conclusions. While training the Special Forces servicemen, it is advisable to use a set of modern technologies that promote the expansion of the servicemen adaptive capacity range that provide effective performance of service tasks in ordinary, special, extreme conditions while maintaining their (mental and physical) health.

Key words: individual-specific features of the adaptive potential of military units' specialists, professional activities, special, extreme conditions.

(The date of submitting: July 4, 2017)

REFERENCES

1. *Voенно-психологический словарь'-справочник* [Military-psychological dictionary] Pod obshch. red. Yu.P. Zinchenko. Moscow: Publishing House «Kupriyanova». Obshchestvo psikhologov silovykh struktur, 2010. 592 p. (rus.)
2. Vishnevskaya, V.P. Ekstremal'nye situatsii – mnogomernoe yavlenie [An extreme situation is a multi-dimensional phenomenon] *Sb. dokladov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya»*, June 8-9, 2011. Minsk. Pp. 62-68.
3. Karpov A.V. *Ponyatie professional'no vazhnykh kachestv deyatel'nosti* [The concept of professionally important qualities of activities]. *Psikhologiya truda: Uchebnik dlya studentov vyssh. uchebn. zavedeniy*. Pod red. A.V. Karpova. Moscow: VLADOS-PRESS, 2003. 352 p. (rus.)

УДК 159.9:614.8-057.36

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ ГОТОВНОСТИ К РИСКУ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ У БУДУЩИХ ОФИЦЕРОВ- СПАСАТЕЛЕЙ

Врублевский А.В., Лепешинский Н.Н.

Рассмотрены качества и свойства личности, оказывающие влияние на готовность и склонность к риску, а также психологические особенности будущего офицера-спасателя, с которыми связаны готовность и склонность к риску. Приводится описание различия понятий «готовность к риску» и «склонность к риску» относительно их применения к профессиональной деятельности спасателя. Описываются результаты изучения взаимосвязи готовности к риску и психологического благополучия у курсантов-спасателей, которые показали наличие положительной взаимосвязи между большинством факторов психологического благополучия и готовностью к риску. Описаны особенности взаимосвязи готовности к риску и показателей психологического благополучия у будущих офицеров-спасателей.

Ключевые слова: риск, склонность к риску, готовность к риску, психологическое благополучие, профессионально важные качества, условия риска.

(Поступила в редакцию 15 сентября 2017 г.)

Введение. В своей деятельности офицеры-спасатели сталкиваются с экстремальными условиями, которые отличаются высокими нервно-психическими и физическим нагрузками, воздействием большого количества стресс-факторов. Успешная работа в таких условиях требует от человека высокого уровня профессионализма и наличия соответствующих психологических качеств. Офицеру-спасателю как участнику ликвидации чрезвычайной ситуации (далее – ЧС) необходимы личностные качества, присущие профессии спасателя. В то же время, ему как руководителю вверенного подразделения нужно обладать и определенными управленческими качествами и свойствами, позволяющими принимать оперативные и эффективные решения. К большому перечню профессионально важных для офицеров-спасателей качеств можно отнести также и следующие: способность принимать оптимальные решения, готовность и склонность к риску, мотивацию к достижению успеха, мотивацию к избеганию неудач, а также психологическое благополучие. Проходящим профессиональную подготовку в учебных заведениях МЧС будущим офицерам-спасателям (далее – курсантам), также необходимо иметь указанные качества, а при их отсутствии – приобретать.

Основная часть. Отношение к риску играет немалую роль в профессиональной деятельности спасателей ввиду того, что им приходится постоянно сталкиваться с различными опасностями в условиях ЧС. Немало исследователей занималось изучением риска (Альгин А.П., 2006; Ильин Е.П., 2012, Корнилова Т.В., 2006; Мадера А.Г., 2014, Хабибуллин Э.Р., 2008 и др.). На сегодняшний день существуют различные определения понятий «риск» и «рискованное поведение». В одном случае риск описывают как деятельность, связанную с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которой есть возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения предполагаемого результата, отклонения от поставленной цели и неудачи (Альгин А.П., 1989). В другом случае риск понимают как неопределенность последствий, разрешение которых окажет влияние на результаты принятых решений, что может привести как к потерям, так и к выигрышам (Камалян А.К., 2000). Большой психологический словарь дает определение риска как действия, направленного на привлекательную цель, достижение которой связано с элементом опасности, угрозой потери, неуспеха (Большой психологический словарь, 2002). К рискованному поведению некоторые авторы относят поведение или действие, способное увеличить вероятность появления негативных последствий для здоро-

вья в результате применения поведенческих практик (Крылов А., 2005). Другие исследователи рассматривают рискованное поведение как проявление импульсных реакций (Дыбов М., 2000), как снижение соответствия связи обстоятельств и результата действий субъекта (Петровский В.А., 2003), как диспозиционную личностную ценность (Корниловой Т.В., 2003), как объективный феномен и форму неопределенности при принятии решений (Карпов А., Козелецкий Ю., Тихомиров О. и др.), а также как одно из проявлений профессиональной человеческой деятельности (Вдовиченко О., Солнцева Г., Цукерман Г. и др.). Практически каждый из этих подходов в определенной мере применим к оценке поведения спасателя, а последний подход особенно справедлив в отношении его профессии с ее постоянными опасностями и некоторым привыканием к ним.

В научной литературе нет устойчиво четкого разделения понятий «готовности к риску» и «склонности к риску». В то же время, Е.П. Ильин считает использование понятий «склонность к риску» и «готовность к риску» как синонимов ошибочным, относя склонность к риску к стремлению к опасности (облегчающим принятие риска), а «готовность к риску» – к интеллектуально-волевому состоянию, пониманию ситуации как рискованной и готовности пойти на риск [1]. Данные понятия в отношении деятельности офицера-спасателя очень важно четко разграничивать. В то же время, учитывая отсутствие четкого различия данных понятий в научной литературе, при оценке их взаимосвязи со свойствами и качествами, как у курсантов, так и у офицеров-спасателей, мы будем учитывать контекст исследования и содержательный аспект методик.

Научные работы многих ученых показывают, что предпосылками развития склонности к риску могут быть различные качества и свойства личности, которые сами по себе оказывают немалое влияние на эффективность деятельности человека в определенной ситуации. Так, О.В. Вдовиченко приводит такие влияющие на формирование склонности к риску факторы: личностный, мотивационный, рациональный (интеллектуальный) и социальный. Личностный фактор она связывает с независимостью, стремлением к успеху и склонностью к доминированию [2, 3]. Есть данные о том, что склонные к риску люди ориентированы на мнение окружающих (Тулупьева Т.В., Исакова О.П., 2003), а также об отрицательной связи склонности к риску с социальной ответственностью и совестью (Lerch, 1987). Ввиду того, что работа спасателя имеет социальную направленность, и есть необходимость наличия у него высокого уровня социальной ответственности и достаточного уровня критичности, можно сделать вывод, что высокая склонность к риску у спасателя нежелательна. Также указанные качества и свойства личности тесно связаны с составляющими психологического благополучия.

При оценке отношения к риску большое значение имеет не только объективные параметры ситуации, но и субъективное восприятие ее человеком [4]. Человек может воспринимать ситуацию с большим или меньшим риском, чем она может показаться постороннему (К.-Э. Вернерид, 1988). Это относится и к условиям ЧС, когда обстановка может восприниматься человеком в зависимости от того, находится ли он в опасной зоне или является сторонним наблюдателем, а также имеет ли он опыт нахождения в таких условиях или нет. Как отмечает Е.П. Ильин, на восприятие риска могут повлиять воспоминания и связанные с ними ассоциации, предубеждения и положительный или отрицательный настрой, текущие состояния с сильными и глубокими эмоциями, беспечность и самоуверенность [1]. Особенности субъективного восприятия ситуации можно соотнести с составляющими психологического благополучия, так как его нередко относят к состояниям субъективного восприятия себя и ситуации.

Особенную роль готовность и склонность к риску играют в профессиональной деятельности спасателей, занимающихся ликвидацией пожаров. Как отмечают А.П. Самсонов (1978), а затем и А.В. Осипов (2009), для пожарных склонность к риску является положительным качеством. Более эффективными в своих действиях, как описано в исследовании А.П. Самсонова, были именно склонные к риску пожарные. По его мнению, этому способ-

ствовало то, что такого рода люди не имеют высокой психической напряженности в экстремальных условиях, а также совершают более удобные, но при этом менее безопасные действия для достижения поставленной задачи (например, не пользуются страховочной веревкой). И это несмотря на то, что в процессе обучения работники получают навыки использования пожарно-технических средств наиболее безопасным способом. Также было отмечено, что склонные к риску работники в опасных для жизни ситуациях сохраняли хорошую работоспособность и с большей охотой и положительным настроем приступали к выполнению боевых действий. Это отличало их от не склонных к риску работников, которые, с одной стороны, не были особо инициативными, но и не избегали выполнения поставленной перед ними задачи с другой. В то же время, как отмечает А.П. Смирнов, не склонные к риску работники пожарной службы более эффективно проводили работу по профилактике пожаров, чем склонные к риску.

Среди личностных характеристик работников пожарной службы, которые влияют на принятие управленческого решения в стрессогенных ситуациях, наряду с рациональностью, импульсивностью и способностью к прогнозированию, Ахтямов В.С. также называет склонность к риску [5].

Некоторые исследователи дают более уточненное описание важности склонности к риску у спасателей. Имеются данные о том, что подавляющее большинство спасателей МЧС имеют среднюю выраженность склонности к риску при наличии высокого уровня самоконтроля (Оленникова А.Н., 2004). И именно умеренную склонность к риску относят к свойствам и качествам личности, отличающим эффективных в своей деятельности спасателей. Высокий же уровень склонности к риску и обостренную реакцию на неудачи относят к противопоказаниям для такого вида деятельности [6]. На сегодняшний день при проведении профессионального отбора уделяется внимание наличию у курсантов различных профессионально важных качеств. На наш взгляд, необходимо учитывать и показатели отношения (склонности и готовности) к риску.

Определений психологическому благополучию в научной литературе на сегодняшний день дано немало. Всемирная организация здравоохранения использует понятие благополучия как ключевое в определении здоровья человека, так как данное понятие характеризует область свойственных здоровой личности состояний. По мнению экспертов данной организации, благополучие связано с реализацией физических, духовных и социальных потенциалов человека и обусловлено самооценкой и чувством социальной принадлежности в большей степени, чем биологическими функциями организма [7]. К пониманию благополучия в психологии сложилось два основных подхода: гедонистический и эвдемонистический [8]. Гедонистический подход рассматривает благополучие в виде соотношения позитивного и негативного аффектов и полной оценки человеком своей жизни с точки зрения удовлетворенности-неудовлетворенности [9-11]. Эвдемонистический подход рассматривает благополучие как стремление к совершенствованию, представляющее реализацию истинного потенциала [12]. Под психологическим благополучием мы будем подразумевать относительно устойчивое состояние, вызванное переживанием человеком полноты реализации своего потенциала в конкретных жизненных условиях [13].

Разработанная К. Рифф многомерная модель психологического благополучия личности включает шесть основных компонентов: положительные отношения с другими, управление окружением, автономия, наличие цели в жизни, личностный рост и самопринятие [14]. Каждый из этих компонентов имеет свое содержание.

Компонент «Положительные отношения с другими» включает в себя: доверительные отношения с окружающими; способность любить как показатель психического здоровья; открытость, проявление теплоты и заботы о других; отсутствие изоляции в межличностных взаимоотношениях; способность идти на компромиссы для поддержания важных связей с окружающими; способность сопереживать; привязанность к людям и близкие отношения; способность к крепкой неповерхностной дружбе.

Компонент «Автономия» включает: самостоятельное регулирование собственного поведения; самостоятельность и независимость, способность противостоять попыткам общества заставить думать и действовать определенным образом; оценка себя в соответствии с личными критериями.

Компонент «Управление окружением» состоит из: способности организовывать повседневную деятельность; контроля внешней деятельности, использования представляющихся возможностей, способности улавливать или создавать условия и обстоятельства, подходящие для удовлетворения личных потребностей и достижения целей.

К компоненту «Личностный рост» относится: чувство собственного развития; восприятие себя «растущим» и открытым новому опыту; чувство реализации своего потенциала и улучшения в себе и своих действиях с течением времени; изменение себя в соответствии с собственными познаниями и достижениями; интерес к жизни.

Компонент «Цель в жизни» содержит: ясное понимание цели в жизни, чувство направленности и преднамеренности; убеждения, которые являются источниками цели в жизни; оценку смысла прошедшей жизни.

В компонент «Самопринятие» включается: отношение к себе; оценка своих хороших и плохих сторон и качеств; оценка своего прошлого.

Данная модель нашла свое отражение в методике К. Рифф «Шкалы психологического благополучия», которая позднее была адаптирована для национальной культуры [13].

Можно утверждать, что психологическое благополучие это сложное психическое состояние, выступающее: 1) как результат успешности деятельности определенного человека в конкретных жизненных условиях; 2) как предпосылка успешности деятельности.

Как видно из вышеизложенного, модель психологического благополучия включает в себя свойства и качества личности, повышение уровня которых способствует более успешной деятельности личности. Многие из этих качеств и свойств имеют связь со склонностью и готовностью к риску. Так, была выявлена взаимосвязь готовности к риску с решительностью, неуверенностью, легкостью в общении и самоутверждением, положительная связь с самостоятельностью и отрицательная – с рациональностью (склонностью к основательному расчету при планировании действий) (Корнилова Т.В., 2003). Среди связанных с готовностью к риску психологических свойств личности были отмечены высокая самооценка и уверенность в себе, а среди качеств личности – агрессивность, высокий самоконтроль и целеустремленность (Грязнова Г., 2007).

Существует немало исследований о предпосылках успешности деятельности работников и курсантов учреждений высшего образования военизированных формирований. Установлено влияние на успешность деятельности таких факторов, как мотивация, способности, социальный статус в группе, а также влияние свойственных возрасту психологических особенностей (Гуревич К.М., Ковалев В.И., Мерлин В.С., Ростунов А.Т., Теплов Б.М. и др.). Немало существует научных работ, указывающих на связь успешности определенного вида деятельности и различных свойств личности (Анцупов А.Я., Марищук В.Л., Жданов И.А. и др.). Есть данные о влиянии психологического благополучия на успешность деятельности курсантов военного вуза [13]. Влияние психологического благополучия на успешность деятельности курсантов учреждений образования МЧС, как будущих офицеров-спасателей, в условиях ликвидации чрезвычайной ситуации, а также взаимосвязь психологического благополучия и поведения в ситуации риска фактически не рассматривалась.

Немало исследований посвящены изучению взаимосвязи личностных особенностей различных специалистов и их способностей вести эффективную деятельность в условиях риска. По результатам работ, посвященных особенностям деятельности специалистов опасных профессий в рискованных ситуациях (военных, сотрудников силовых структур, операторов АЭС и пр.) можно утверждать, что такие качества как самоконтроль, высокая способность к переключению установок, эмоциональная устойчивость, способность к планированию и положительный настрой способствуют эффективному решению поставленных

задач, а также влияют на способность человека к риску (Котик М.А., 1990). Имеются данные о связи способности к успешным действиям в рискованных ситуациях с эмоциональной устойчивостью (Рапохин И.П., 1981) и локусом контроля (Кочетков В.В., Скотникова И.Г., 1993). Кроме того, уровень самооценки и личностной тревожности субъекта также оказывают влияние на эффективность деятельности в ситуациях риска (Бодров В.А. и Лукьянова Н.Ф., 1981).

С целью оценки взаимосвязи склонности и готовности к риску и психологического благополучия курсантов нами было организовано и проведено экспериментальное исследование, в котором приняли участие курсанты 2-4 курсов Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь (сегодня – Университет гражданской защиты МЧС Беларуси). Основанием для выбора экспериментальной базы послужило то, что в данном учреждении образования обучающихся готовят для дальнейшей работы в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям в качестве инженерно-инспекторских работников и начальников дежурных смен. Причем до персонального распределения по окончании обучения практически ни один из обучаемых не знает, в какой должности он будет работать впоследствии. Следовательно, каждый обучающийся готовится для дальнейшей работы в качестве офицера-спасателя. При этом уже на первых этапах обучения курсанты изучают задачи по тактике ликвидации чрезвычайных ситуаций и проходят практику в пожарной аварийно-спасательной части с участием в ликвидации реальных чрезвычайных ситуаций на объектах, что дает им определенный опыт.

В экспериментальном исследовании принимали участие только обучающиеся мужского пола ввиду того, что на сегодняшний день только они назначаются на должности начальников дежурных смен в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям из-за особенностей данного рода деятельности. Из выборки были также исключены иностранные обучающиеся. Возраст испытуемых составил от 18 до 22 лет. Всего в исследовании приняли участие 259 испытуемых.

В процессе экспериментального исследования была проведена оценка готовности к риску испытуемых, выраженности мотивации стремления к успеху и мотивации избегания неудач, а также был оценен их уровень психологического благополучия. В качестве методик для диагностики перечисленных свойств и качеств использовались следующие: методика диагностики степени готовности к риску Шуберта (RSK) [15, с. 632]; адаптированный опросник «Шкалы психологического благополучия» К.Рифф [13].

Для анализа данных исследования применялись следующие методы математико-статистического анализа: описательные статистики, коэффициент корреляции Спирмена. Все расчеты осуществлялись с помощью IBM SPSS Statistics v.15.

Показатели уровня готовности к риску у испытуемых следующие:

высокий уровень – 19,3 %;

выше среднего – 19,3 %;

средний уровень – 52,9 %;

ниже среднего – 8,1 %;

низкий уровень – 0,4 %.

Данные результаты свидетельствуют о том, что большинство курсантов-спасателей обладают средним и выше среднего уровнями готовности к риску, причем большая часть имеет именно средний уровень. Это согласуется с приведенными выше данными о том, что спасатели МЧС имеют среднюю выраженность склонности к риску (Оленникова А.Н., 2004). Наличие большого количества испытуемых с высокой готовностью к риску можно объяснить возрастом и опытом испытуемых. Как известно, с возрастом готовность к риску снижается, а также у более опытных работников и у руководителей готовность к риску ниже, чем у студентов [16].

Показатели уровня психологического благополучия у курсантов-спасателей распределились следующим образом:

высокий уровень – 25,5 %;
 средний уровень – 62,2 %;
 низкий уровень – 12,4 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что большинство курсантов имеют среднюю степень психологического благополучия, а воспринимают себя как реализующих свой потенциал в данных жизненных условиях только четверть испытуемых.

Для анализа взаимосвязи между психологическим благополучием офицера-спасателя и готовностью к риску мы использовали коэффициент корреляции ρ Спирмена. Результаты приведены в таблице 1.

Результаты корреляционного анализа показали наличие положительной взаимосвязи психологического благополучия и степени готовности к риску. Исключение составила лишь шкала «Цель в жизни», взаимосвязь которой с готовностью к риску оказалась статистически не значимой.

Так корреляция готовности к риску и фактора «Положительные отношения с другими» показывает, что для курсантов важна возможность помогать другим людям, идти на риск ради спасения пострадавших. Они способны сопереживать и проявлять заботу о людях, поэтому готовы идти на риск. Кроме того, есть и обратная связь: риск ради помощи другим повышает теплоту отношений, дружбу в коллективе.

Таблица 1. – Взаимосвязь психологического благополучия и готовности к риску (RSK) (N = 259)

Уровень психологического благополучия	Готовность к риску (Шуберт)	
	коэффициент корреляции, ρ	уровень статистической значимости, p
Положительные отношения с другими	0,129	0,038
Автономия	0,205	0,001
Управление окружением	0,179	0,004
Личностный рост	0,202	0,001
Цель в жизни	0,077	0,217
Самопринятие	0,141	0,023
Общий балл	0,189	0,002

Наличие корреляции готовности к риску и фактора «Автономия» может свидетельствовать о том, что готовый к риску человек имеет намерение действовать вопреки имеющемуся у всех людей инстинкту самосохранения и установке на безопасность. Если в повседневной жизни поведение людей направлено на безопасную жизнедеятельность, и это является правилом, то готовый к риску человек противостоит такому мышлению в некоторой степени. К тому же, в данном случае, большую роль могут играть установки спасателей на риск ради спасения людей, прививаемые курсантам в процессе обучения. Такое мышление отличается от мышления представителей других профессий. С другой стороны также возможно и то, что большая готовность рисковать делает человека более независимым от настроенного на безопасность общества.

Корреляция готовности к риску и фактора «Управления окружением» можно объяснить тем, что готовый к риску человек не может не контролировать внешнюю деятельность, он способен уловить любую возможность для достижения цели, в том числе и рискованную. Такой человек будет внимателен к происходящему, чтобы не упустить шанс. И наоборот, чем больше спасатель контролирует обстановку при ликвидации чрезвычайной ситуации, тем больше он имеет возможностей для ее корректировки (например, использованием соответствующего оборудования или применением определенного опыта), тем к большему риску он готов.

Взаимосвязь готовности к риску и фактора «Личностных рост» может исходить из того, что ситуация риска – это всегда ситуация с наличием некоторой степени новизны, так как не известен ее точный исход. А значит для рискующего – это новый опыт, развитие.

Готовность рисковать позволяет получать новые знания и опыт. Курсант, ощущающий себя растущей личностью и желающий развиваться как профессионал, будет готов к рискованным ситуациям.

В то же время, отсутствие корреляции между готовностью к риску и фактором психологического благополучия «Цель в жизни» может свидетельствовать о том, что осознание направленности и цели в жизни не оказывает влияния на готовность к риску, так как ситуация риска может как соответствовать жизненным целям, так и противоречить им. Также, наличие либо отсутствие готовности к риску практически не повлияет на ясное понимание цели в жизни и чувство ее направленности, если только сам риск не является такой целью.

Корреляцию готовности к риску и фактора «Самопринятие» можно объяснить тем, что готовность к риску может подразумевать верную оценку своих положительных и отрицательных сторон, способностей осуществить те или иные действия, принять те или иные исходы. В то же время, низкая готовность к риску может посеять сомнения в себе, снизить самооценку, особенно для курсантов в условиях необходимости идти на риски ради спасения других людей.

В связи с тем, что общий показатель психологического благополучия определяется суммой факторов, то этим может частично объясняться его корреляция с показателем готовности к риску. Также готовность к риску может повышать субъективное ощущение спасателем реализации своего потенциала как профессионала в данной сфере. Чем выше уровень психологического благополучия, тем больше он будет влиять на эффективность деятельности спасателя, а также на его готовность рисковать ради достижения успеха.

Выводы. Для офицера-спасателя отношение к риску имеет важное значение ввиду рода осуществляемой им деятельности. Готовность к принятию риска очень важна для него, ведь сами по себе экстремальные ситуации подразумевают наличие опасности, угрозу ущерба, риск. Эффективная деятельность специалиста с низкой или нулевой готовностью к риску в таких условиях маловероятна, особенно при спасении других людей. На наш взгляд, данный показатель важно учитывать как при профессиональном отборе, так и в процессе психологического сопровождения деятельности, как курсанта, так и офицера-спасателя.

В то же время, необходимо четко различать понятия «готовности к риску» и «склонности к риску» при оценке деятельности офицера-спасателя. Готовность к риску, в ее понимании как временного состояния, показывающего согласие и желание принимать рискованное решение, очень важна. Высокая степень склонности к риску, в ее понимании постоянного увлечения рискованным поведением и потребности в нем, может оказывать негативное воздействие на эффективность профессиональной деятельности спасателя, так как риск без необходимости не приемлем. Средний уровень склонности к риску играет положительную роль в эффективности деятельности офицера-спасателя.

На отношение к риску, а также на успешность деятельности, влияют независимость, стремление к успеху, ориентированность на мнение окружающих, социальная ответственность, положительный или отрицательный настрой, самоуверенность, самооценка, предыдущий опыт, вероятность успеха или неудачи, рациональность, локус контроля и др. Данные качества и свойства личности согласуются с компонентами психологического благополучия.

Как показали результаты эмпирические исследования, существует положительная взаимосвязь между готовностью к риску и шкалами психологического благополучия, кроме фактора «Цель в жизни». Готовность к риску может повышать субъективное ощущение реализации спасателем своего потенциала как профессионала в данной сфере, повышая уровень психологического благополучия. Повышение уровня психологического благополучия, может повысить готовность офицера-спасателя рисковать ради спасения людей, что повлияет на эффективность его деятельности и, соответственно, на достижение успеха при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин, Е.П. Психология риска. – СПб.: Питер, 2012. – 288 с.
2. Вдовиченко, О.В. О теоретических подходах к пониманию проблемы риска // Наука и образование. – 2001. – № 1. – С. 34-36.
3. Вдовиченко, О.В. Чебыкин А.Я. Личностно-психологические детерминанты явления риска // Дифференциация и интеграция психолого-педагогического знания в науке, социальной практике и научных исследованиях: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Смоленск, 2001.
4. Горбунова, М.И. О формировании профессионально важных качеств специалистов опасных профессий / М.И. Горбунова // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация, 2012. – № 4. – С. 18-21.
5. Ахтямов, В.С. Психологические условия принятия управленческих решений руководителями в стрессогенных ситуациях: автореф. дис. ... канд. психол. наук: 19.00.03 / В.С. Ахтямов; НАНО ВПО «Институт мировых цивилизаций» – Москва, 2013. – 24 с.
6. Шойгу, Ю.С. Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных / Под общей ред. Ю.С. Шойгу. М.: Смысл, 2007. – 319 с.
7. Куликов, Л.В. Детерминанты удовлетворенности жизнью / Л.В. Куликов // Общество и политика / Ред. В.Ю. Большаков. – СПб.: С.-Петербургский университет, 2000. – С. 476-510.
8. Ryan, R.M. On happiness and human potentials: a review of research on hedonic and eudaimonic well-being / R.M. Ryan, E.L. Deci // Annual review of psychology. – 2001. – Vol. 52. – P. 141-66.
9. Bradburn, N. The Structure of psychological well-being / N. Bradburn. – Chicago: Aldine Pub. Co., 1969. – 320 p.
10. Diener, E. Subjective well-being: three decades of progress / E. Diener [at al.] // Psychological bulletin. – 1999. – Vol. 125. – P. 276–302.
11. Diener, E. Subjective emotional well-being / E. Diener, R.E. Lucas // Handbook of emotions / ed. M. Lewis, J.M. Haviland. – New York, 2000. – 2nd ed. – P. 325–337.
12. Ryff, C.D. Psychological well-being in adult life / C.D. Ryff // Current Directions in Psychological Science. – 1995. – № 4. – P. 99-104.
13. Лепешинский, Н.Н. Психологическое благополучие как фактор успешности учебной деятельности в условиях относительной групповой изоляции: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.05 / Н.Н. Лепешинский. – Минск, 2010. – 175 л.
14. Ryff, C.D. Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being / C.D. Ryff // Journal of personality and social psychology. – 1989. – Vol. 57. – P. 1069-1081.
15. Райгородский, Д.Я. (редактор – составитель). Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. – Самара: Издательский Дом «БАХРАХ – М», 2001. – 672 с.
16. Фетискин, Н.П. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп / Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М. – М. Изд-во Института Психотерапии. 2002. – 339 с.

PECULIARITIES OF INTERDEPENDENCE OF FUTURE RESCUER OFFICERS' RISK-READINESS AND THEIR PSYCHOLOGICAL WELL-BEING

Andrei Vrubleuski

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Nikalai Lepeshinski, PhD in Psychological Sciences, Associate Professor

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Purpose. Peculiar features of mutual interference of risk-readiness and psychological well-being of cadets undertaking training to work as the heads of rescuers' divisions are investigated.

Methods. The analysis of scientific resources on approaches to assessing psychological well-being and risk-readiness has been done. An experimental study with the use of Schubert Risk Readiness Diagnostics (RSK) and the methods for assessing the level of psychological well-being by the questionnaire «Psychological well-being scales» by C.D. Ryff (adapted by N.N. Lepeshinski) was organized and carried on.

Findings. A positive interdependence between risk-readiness and the factors of psychological well-being was found, with the only exception of the «The purpose of life» factor. Risk-readiness can increase the subjective sense of the rescuer's realization of his potential as a professional in the definite sphere, raising the level of psychological well-being. Increasing the level of psychological well-being can increase a rescue officer's willingness and readiness to take risks.

Application field of research. Assessment of the level of preparedness for risk and psychological well-being will improve and develop rescue officers' training. Besides it will allow assessing rescuer's readiness to undertake a risk for the sake of rescuing people and improving the efficiency of his activities in emergency elimination.

Conclusions. It is of vital importance to consider the index of risk-readiness both in the professional selection and in the process of psychological support of a rescue officer. It is not less important to take into consideration the level of his psychological well-being. The higher is the psychological well-being level of a rescuer, the more it influences his readiness to take risks for the sake of success and the efficiency of his activity.

Keywords: risk, risk-readiness, risk conditions, psychological well-being, rescuer, emergency.

(The date of submitting: September 15, 2017)

REFERENCES

1. Il'in E.P. *Psikhologiya riska* [Psychology of risk]. St. Petersburg: Piter. 2012. 288 p. (rus).
2. Vdovichenko O.V. O teoreticheskikh podkhodakh k ponimaniyu problemy riska [About theoretical approaches to understanding the problem of risk]. *Nauka i obrazovanie*, 2001. No 1. Pp. 34-36. (rus).
3. Vdovichenko O.V. Chebykin A.Ya. Lichnostno-psikhologicheskie determinanty yavleniya riska [Individual psychosocial determinants of the phenomenon of risk]. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Differentsiatsiya i integratsiya psikhologo-pedagogicheskogo znaniya v nauke, sotsial'noy praktike i nauchnykh issledovaniyakh»* [Proc. International Sci.-Pract. Conf. «Differentiation and integration of psychological and pedagogical knowledge in science, social practice and scientific research»]. Smolensk, 2001. (rus).
4. Gorbunova M.I. O formirovani professional'no vazhnykh kachestv spetsialistov opasnykh professiy. [On the formation professionally important qualities of specialists dangerous occupations] *Pozhary i chrezvychaynye situatsii: predotvrashchenie, likvidatsiya*, 2012. No. 4. Pp. 18-21.(rus)
5. Akhtyamov V.S. *Psikhologicheskie usloviya prinyatiya upravlencheskikh resheniy rukovoditelyami v stressogennykh situatsiyakh* [Psychological conditions for making managerial decisions by leaders in the context of stress situations]. PhD psihol. sci. diss. Synopsys: 19.00.03. Moscow, 2013. 24 p. (rus).
6. Shoygu Yu.S. *Psikhologiya ekstremal'nykh situatsiy dlya spasateley i pozharnykh* [Psychology of extreme situations for rescuers and firefighters]. Moscow: Smysl, 2007. 319 p. (rus).
7. Kulikov L.V. Determinanty udovletvorennosti zhizn'ju [Determinants of life satisfaction]. *Obshchestvo i politika*. St. Petersburg: St. Petersburg University, 2000. Pp. 476-510.
8. Ryan R.M., Deci E.L. On happiness and human potentials: a review of research on hedonic and eudaimonic well-being. *Annual review of psychology*, 2001. Vol. 52. Pp. 141-66.

9. Bradburn, N. *The Structure of psychological well-being*. Chicago: Aldine Pub. Co., 1969. 320 p.
10. Diener E. Subjective well-being: three decades of progress. *Psychological bulletin*, 1999. Vol. 125. Pp. 276-302.
11. Diener E., Lucas R.E. Subjective emotional well-being. *Handbook of emotions*. Ed. M. Lewis, J.M. Haviland. New York, 2000. 2nd ed. Pp. 325–337.
12. Ryff C.D. Psychological well-being in adult life. *Current Directions in Psychological Science*, 1995. № 4. Pp. 99–104.
13. Lepeshinskiy N.N. *Psikhologicheskoe blagopoluchie kak faktor uspeshnosti uchebnoy deyatel'nosti v usloviyakh otnositel'noy gruppovoy izolyatsii* [Psychological well-being as a factor of the success of educational activity in conditions of relative group isolation]. PhD. psihol. sci. diss: 19.00.05. Minsk, 2010. 175 p. (rus).
14. Ryff C.D. Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being. *Journal of personality and social psychology*, 1989. Vol. 57. Pp. 1069-1081.
15. Raygorodskiy D.Ya. *Prakticheskaya psikhodiagnostika. Metodiki i testy. Uchebnoe posobie*. [Practical psychodiagnosics. Methods and tests. Tutorial]. Samara: Publishing House «BAHRAH – M», 2001. 672 p. (rus).
16. Fetiskin N.P., Kozlov V.V., Manuylov G.M. *Sotsial'no-psikhologicheskaya diagnostika razvitiya lichnosti i malykh grupp* [Socio-psychological diagnosis of personality development and small groups]. Moscow: Publishing House of the Institute of Psychotherapy, 2002. 339 p.

АВТОРЫ СТАТЕЙ

Chang Zhenxing

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-15901564061, e-mail: czxing2008@163.com

Chen Jianguo, associate professor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
China, Beijing, No. 1, Qinghua Garden, Haidian District
tel. +86-13683509336, e-mail: chenjianguo@mail.tsinghua.edu.cn

Chen Tao, professor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-13801304296, e-mail: chentao.a@tsinghua.edu.cn

Du Peng

Beijing Global Safety Technology Co., Ltd., regional director
tel. +86-18515030112, e-mail: pdu@tsinghua.org.cn

Fu Jiajia, post-doctoral

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
China, Beijing, No.1, Qinghua Garden, Haidian District
tel. +86-18610101591, e-mail: fujj0113@163.com

Guan Jingfu

Hefei Institute for Public Safety Research, Tsinghua University
230000, China, Hefei
tel. +86-13225607610, e-mail: guanjinfu@gsafety.com

Hu Jun

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-18810654098, e-mail: hujun18810654098@126.com

Huang Quanyi

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-13581793789, e-mail: huangquanyi@gsafety.com

Jian Wang, master

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University
100084, China, Beijing
tel +86015701208435, e-mail: wangj15@mails.tsinghua.edu.cn

Li Zhipeng

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-13693292143, e-mail: lizhipeng@gsafety.com

Qiao Chen

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-18600230269, e-mail: qiaochen@gsafety.com

Rui Yang, associate professor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University
100084, China, Beijing

Shu Xueming, associate professor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-1062796981, e-mail: shuxm@mail.tsinghua.edu.cn

Su Guofeng, associate professor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
China, Beijing, No. 1, Qinghua Garden, Haidian District
tel. +86-13381078336, e-mail: sugf@mail.tsinghua.edu.cn

Tang Shiyang

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-13520756279, e-mail: 1007939330@qq.com

Wei Wang, doctor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University
100084, China, Beijing

Wu Jinjin

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-18522288295, e-mail: wu-jj16@mails.tsinghua.edu.cn

Wu Lili

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
100084, China, Beijing
tel. +86-15652904755, e-mail: wulili@gsafety.com

Yuan Hongyong, professor

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
China, Beijing, No.1, Qinghua Garden, Haidian District
tel. +86-18610171088, e-mail: yuanhongyong@mail.tsinghua.edu.cn

Zhang Jingyan, senior engineer

Institute of Building Fire Research, China Academy of Building Research
China, Beijing, No.30, Bei San Huan Dong Lu
tel. +86-15120080019, cabrzjy@163.com

Xu Yuwei, post-doctoral

Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Department of Engineering Physics
China, Beijing, No. 1, Qinghua Garden, Haidian District
tel. +86-13401022573, e-mail: xuyuwei120@163.com

Барсукова Алена Викторовна

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», преподаватель
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 340-35-59, e-mail: alvibars@mail.ru

Веренич Кирилл Андреевич

Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем»
Белорусского государственного университета, научный сотрудник
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 11
тел. +375 (17) 226-42-25, e-mail: verenich@inp.bsu.by

Вишневская Валентина Петровна, доктор психологических наук, профессор

ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь», главный научный сотрудник
220103, Беларусь, г. Минск, ул. Калиновского, 4
тел. +375 (17) 280-85-15, e-mail: Valentina.minsk@rambler.ru

Врублевский Андрей Валерьевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», старший методист
отдела стандартизации и методического обеспечения учебно-методического центра
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 340-35-56, anv2rad@mail.ru

Гацкевич Георгий Владимирович

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр онкологии
и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова»,
ведущий инженер отдела по инженерному обеспечению лучевой терапии
223040, Беларусь, агрогородок Лесной.
e-mail: yuragatskevich@yandex.ru

Герасимчик Александр Петрович, кандидат психологических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», первый заместитель
начальника университета
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 341-77-11, e-mail: mail@ucsp.by

Дмитракович Николай Михайлович, кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры управления защитой от чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 341-72-11, e-mail: ontrnic@mail.ru

Загороднюк Алексей Александрович

Государственное учреждение образования «Белорусский Государственный Университет»,
студент физического факультета
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 5
e-mail: fiz.zagorodnAA@bsu.by

Зайнудинова Наталья Владимировна

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», преподаватель кафедры
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 341-75-11, e-mail: zainudzinava@gmail.com

Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», старший преподаватель
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 341-75-11, e-mail: A.Ivanitski@gmail.com

Качан Вадим Алексеевич

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем
чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
старший научный сотрудник отдела исследований в области гражданской защиты
220046, Беларусь, г. Минск, ул. Солтыса, 183а
тел.: +375 (17) 246-42-07; e-mail: vadim-kachan2016@yandex.ru

Кобяк Валерий Викторович, кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59; e-mail: valkobkii@gmail.com

Кремень Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», профессор кафедры гуманитарных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 340-09-16, e-mail: mail@ucsp.by

Курлович Ирина Геннадьевна

Инспекция надзора и профилактики Гомельского городского отдела по чрезвычайным ситуациям, инспектор
246007, Беларусь, г. Гомель, ул. 3-я Авиационная, 10
e-mail: Kira.15@mail.ru

Кутень Семен Адамович, кандидат физико-математических наук

Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета, заведующий лабораторией
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 11
тел. +375 (17) 226-42-25, e-mail: kut@inp.bsu.by

Лепешинский Николай Николаевич, кандидат психологических наук, доцент

Белорусский государственный университет, факультет философии и социальных наук, доцент кафедры психологии
220004, Беларусь, г. Минск ул. Кальварийская, 9
тел. +375 (17) 259-70-48, profynick_1er@mail.ru

Макаревич Кристина Олеговна

Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета Министерства образования Республики Беларусь, младший научный сотрудник
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 11
тел. +375 (17) 226-42-25, e-mail: kristinanevdokh@tut.by

Медведев Александр Владимирович

Учреждение образования «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова», начальник военной кафедры
210038, Беларусь, г. Витебск, пр-т Московский 33
тел. +375 (21) 225-62-82, e-mail: medvedev.by@yandex.ru

Миненко Виктор Федорович, кандидат биологических наук

Научно-исследовательское учреждение «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета Министерства образования Республики Беларусь, ведущий научный сотрудник
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Бобруйская, 11
тел. +375 (17) 226-42-25, e-mail: vminenko@list.ru

Навроцкий Олег Дмитриевич, кандидат технических наук

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, начальник отдела
220046, Беларусь, г. Минск, ул. Солтыса, 183 а
тел. +375 (17) 299-96-20, e-mail: oleg.navrotsky@gmail.com

Полевода Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», начальник университета
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 341-77-11, e-mail: ip@ucsr.by

Смиловенко Ольга Олеговна, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», профессор кафедры
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел. +375 (17) 341-73-22, e-mail: Smilovenkoolga@tut.by

Шеремет Татьяна Валерьевна

Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь, старший научный сотрудник
220046, Беларусь, г. Минск, ул. Солтыса, 183а
тел. +375 (17) 246-42-07, e-mail: prujinka2011@rambler.ru

**ПРАВИЛА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
статей для публикации в научном журнале
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси» статьи должны представлять собой результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативно-техническим документам, справочные материалы и т. п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья представляется в двух экземплярах. Второй экземпляр статьи должен быть постранично пронумерован и подписан всеми авторами. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала <http://vestnik.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, представляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес vestnik@ucp.by. Рисунки дополнительно представляются как отдельные файлы.

5. Материал статьи излагается в следующей последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- информация о каждом авторе: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, e-mail. Если авторов много указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;
- аннотация, ясно излагающая содержание статьи и пригодная для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи (не мене 80 и не более 120 слов);
- ключевые слова и словосочетания статьи (не более 15 слов);
- дата поступления статьи (месяц и год);
- введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированной литературы.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: название статьи; информация о каждом авторе: фамилия и имя (указываются по паспорту), ученая степень, ученое звание, страна, город, место работы; аннотация; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся Ф.И.О. авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций и издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать Интернет-ресурсы, например сайт <http://translit.net>.

Необходимо учитывать, что англоязычная аннотация – независимый от статьи источник информации, предназначенный для англоязычных читателей, которые смогут по ней ознакомиться с содержанием работы. Рекомендуемый объем – 150-300 слов. В англоязычной аннотации уместно размещать ключевые фрагменты основной части статьи. Англоязычная аннотация должна включать в себя следующие пункты: *purpose* – раскрывается название статьи, определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования; *methods* – излагаются подходы, методы и технологии исследования; *findings* – приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна; *application field of research* – описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость; *conclusions* – подводятся итоги статьи, даются рекомендации, оценки, обозначаются перспективы исследования.

Основные требования к набору статей, представляемых в журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте журнала <http://vestnik.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной Постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основное содержание статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

Факультет заочного обучения

Проводит:

Подготовку по специальностям:

1-94 01 01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения заочная – 5 лет.

1-94 02 02 «Пожарная и промышленная безопасность» с присвоением квалификации «Инженер по пожарной и промышленной безопасности». Форма обучения заочная – 5 лет.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

Факультет безопасности жизнедеятельности

Проводит:

Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:

1-94 02 72 «Инжиниринг безопасности объектов строительства» с присвоением квалификации «Инженер по безопасности». Срок обучения 18 месяцев. Форма обучения заочная (три сессии).

1-94 02 71 «Промышленная безопасность» с присвоением квалификации «Инженер по промышленной безопасности». Срок обучения 18 месяцев. Форма обучения заочная (три сессии).

1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непромышленной сферы» с присвоением квалификации «Специалист по охране труда». Срок обучения 19 месяцев. Форма обучения заочная (четыре сессии).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о переподготовке на уровне высшего образования.

Курсы повышения квалификации (на базе высшего и среднего специального образования) по образовательным программам:

- «Экспертная деятельность»;
- «Экспертная деятельность» для работников проектных организаций;
- «Экспертная деятельность» для работников органов и подразделений по ЧС;
- «Пожарная безопасность и предупреждение чрезвычайных ситуаций»;
- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией»;
- «Проектирование систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией»;
- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты по перечню, утвержденному Министерством по чрезвычайным ситуациям»;
- «Выполнение работ с огнезащитным составом (инженерно-технические работники)»;
- «Выполнение работ с огнезащитным составом (исполнители работ)»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей».

Занятия на курсах повышения квалификации проводятся по мере комплектования учебных групп. За неделю до начала учебных занятий заинтересованным лицам на указанный в заявке факс направляются письма с необходимой информацией.

Обучение проводит профессорско-преподавательский состав университета и ведущие специалисты Республики Беларусь в области пожарной и промышленной безопасности.

**Наш адрес: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25,
тел./факс 340-71-89 (ФЗО), тел. 340-69-55, факс 340-35-58 (ФБЖ).**

Дополнительная информация размещена на сайте института <http://ucsp.by>.

Научный журнал

Вестник
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси
Том 1, № 4, 2017

Технический редактор М.В. Лапина

Подписано в печать 26.10.2017.
Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 14,99. Уч.-изд. л. 13,49.
Тираж 110 экз. Заказ 125-2017.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты Министерства
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/259 от 14.10.2016.
Ул. Машиностроителей, 25, 220118, Минск.