



**ИНСТИТУТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ДОНБАССА**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**МИНИСТЕРСТВО ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**ВЕСТНИК**

**Института гражданской защиты Донбасса**

---

---

**Выпуск 1 (1), 2015**



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**МИНИСТЕРСТВО ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ,  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ВЕСТНИК  
Института гражданской защиты Донбасса**

**ОСНОВАН В МАРТЕ 2015 ГОДА**

**ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД**

**ВЫПУСК 1 (1), 2015**

**УДК 355.58(477.62)**

Научный журнал «Вестник Института гражданской защиты Донбасса» выпускается по решению Ученого совета Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (протокол № 2 от 20.03.2015 г.).

Издается согласно письму Министерства информации Донецкой Народной Республики от 06.08.2015 г.

Целью журнала «Вестник ИГЗД» является информирование научной общественности и профильной читательской аудитории о новейших технических разработках и тенденциях в области техносферной безопасности и природообустройства; развитие современных психолого-педагогических направлений подготовки студентов высших учебных заведений и сотрудников МЧС ДНР; обеспечение научных дискуссий для апробации и популяризации приоритетных научных исследований и направлений отрасли.

Материалы сборника рассчитаны на сотрудников учебных и научно-исследовательских организаций и учреждений, преподавателей, аспирантов, сотрудников МЧС и представителей промышленного комплекса.

**Учредитель и издатель:** Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»

**Главный редактор:** П.В. Стефаненко, доктор педагогических наук, профессор, Заслуженный работник образования Украины, академик Международной Академии безопасности жизнедеятельности, проректор по научно-педагогической работе ДонНТУ, директор ИГЗД

**Ответственный секретарь:** А.Ю. Артёмова, кандидат экономических наук, доцент кафедры управления и организации деятельности в сфере гражданской защиты ИГЗД ДонНТУ

**Редакционная коллегия:** С.В. Борщевский, д.т.н., проф.; Ю.Ф. Булгаков, д.т.н., проф.; С.С. Гребёнкин, д.т.н., проф.; О.Г. Каверина, д.пед.н., проф.; П.С. Пашковский, д.т.н., проф.; Е.И. Приходченко, д.пед.н., проф.; С.П. Греков, д.т.н., с.н.с.; В.В. Мамаев, д.т.н., с.н.с.; И.Л. Щербов; Е.Л. Завьялова, к.т.н., с.н.с., доц.; С.В. Константинов, к.т.н., доц.; А.В. Оводенко, к.т.н., доц.; В.В. Паслён, к.т.н., доц.; М.Б. Старостенко, к.т.н., доц.; О.Э. Толкачёв, к.т.н., доц.; В.В. Шепелев, к.т.н., доц.

*Уважаемые читатели, авторы и сотрудники редакции  
научного журнала  
«Вестник Института гражданской защиты Донбасса»!*

От имени Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики и от себя лично приветствую вас с выпуском первого номера «Вестника ИГЗД»!

Для каждого из тех, кто служит поддержанию стабильности и обеспечению безопасности общества, выпуск специализированного научного издания – поистине знаковое событие.

Заявленные рубрики Вашего журнала предполагают заинтересованный диалог авторитетных ученых, аспирантов, преподавателей вузов, сотрудников МЧС и представителей промышленного комплекса ДНР по вопросам гражданской обороны и безопасности жизнедеятельности, экономических и управленческих проблем, информационных, математических и физико-химических аспектов безопасности различных объектов, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений, материаловедения и т.д. в интересах нашего государства.

Плодотворная и целенаправленная деятельность коллектива редакции за короткий срок нашла поддержку широких слоев общества.

Сегодня, когда Донецкая Народная Республика уделяет особое внимание развитию Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики и укреплению его кадрового потенциала, выпуск «Вестника ИГЗД» является важным событием не только для специалистов, но и для широкого круга читателей.

Разрешите выразить уверенность в том, что журнал займет достойное место в ряду современных научно-патриотических изданий Донецкой Народной Республики.

Желаю коллективу редакции, учредителям, авторам и читателям крепкого здоровья, творческих успехов и мирного труда на благо нашего государства!



*С уважением,  
Министр МЧС ДНР*

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'А.А. Кострубицкий'.

*А.А. Кострубицкий*



*Уважаемые коллеги!*



От имени руководства Донецкого национального технического университета рад приветствовать авторов, читателей и коллектив периодического научного журнала «Вестник института гражданской защиты Донбасса».

Новый этап развития нашего общества предполагает пристальное внимание к вопросам гражданской обороны и безопасности жизнедеятельности, что ставит перед соответствующими государственными, учебными и общественными структурами непростые задачи. «Вестник ИГЗД» станет платформой для исследования актуальных проблем, связанных с развитием научного потенциала в области предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, освещения передового опыта пожаротушения и спасения населения, отражения результатов прикладных исследований в сфере радиотехники и защиты информации, а также апробации современных психолого-педагогических технологий обучения студентов и сотрудников МЧС ДНР.

Журнал, ориентированный на широкий спектр научных проблем, несомненно, будет интересен не только специалистам, но и кругу читателей, не безразличных к гражданской безопасности общества.

Выражаю сердечную благодарность тем, по чьей инициативе создан этот журнал, его авторам и читателям. Желаю всем творческих успехов в деле просвещения и популяризации научных знаний!

*С уважением,  
И.о. ректора ДонНТУ*



*А.Я. Аноприенко*

*Уважаемые коллеги и читатели журнала!*

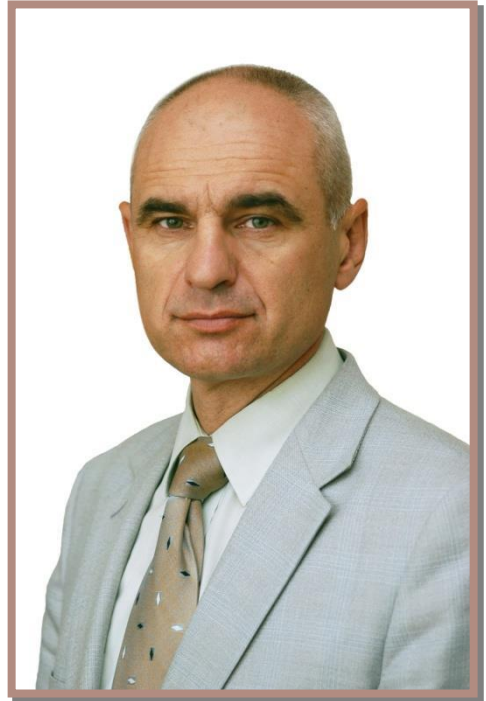
Искренне рад предоставленной возможности обратиться к вам с приветствием от имени коллектива редакционной коллегии периодического научного журнала «Вестник института гражданской защиты Донбасса»!

Сегодня перед системой высшего образования стоят серьезные задачи по реализации новых государственных программ обучения населения, в том числе в сфере гражданской обороны и защиты населения и территорий Донбасса от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В этой связи целью «Вестника ИГЗД» является информирование научной общественности и профильной читательской аудитории о новейших технических разработках и тенденциях в области предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий; развитие современных психолого-педагогических направлений подготовки студенческой молодежи и сотрудников МЧС ДНР; обеспечение научных дискуссий для апробации и популяризация приоритетных научных исследований и направлений отрасли.

В условиях перемен для всех нас особенно важно принимать участие в дискуссиях, знакомиться с мнениями оппонентов, обосновывать собственную позицию, доносить свою точку зрения до широкого круга читателей. «Вестник ИГЗД» предоставляет такую возможность, как состоявшимся ученым, так и представителям молодого поколения научных работников.

Уверен, что совместные усилия дружного высокопрофессионального коллектива, авторов и читателей журнала дадут достойные результаты в деле популяризации научных знаний во благо укрепления могущества нашего государства. Желаю всем нам успеха!



*С уважением,  
Главный редактор «Вестника ИГЗД»*



*П.В. Стефаненко*

## СОДЕРЖАНИЕ

Приветственное слово министра МЧС ДНР Кострубицкого Алексея Александровича  
Приветственное слово ректора ДонНТУ Аноприенко Александра Яковлевича  
Вступительное слово главного редактора Стефаненко Павла Викторовича

### ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

- Кострубицкий А.А., Пашковский П.С.** Моделирование тепловыделения при горении твердых материалов в помещениях ..... 8
- Гребёнкин С.С., Павлыш В.Н., Гуржий В.В.** Математическое моделирование процесса выделения метана на поверхность земли как источника пожароопасности при закрытии шахт..... 13

### БЕЗОПАСНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

- Булгаков Ю.Ф., Мельникова Я.В.** Теоретические аспекты взаимодействия распыленной воды с вентиляционными струями при пожарах в горных выработках ..... 20
- Пичахчи А.Г., Сложеницын А.** Методика прогнозирования взрывопожарной опасности газоздушных смесей ..... 26

### ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

- Стефаненко П.В.** Методика поэтапного формирования знаний и практических навыков у студентов Института гражданской защиты Донбасса ДонНТУ и слушателей учебно-методического центра МЧС ДНР..... 37
- Новикова Е.В.** Модульная система обучения как одно из педагогических условий формирования компетенций безопасности жизнедеятельности студентов ..... 45
- Игнатенко С.А.** Организация морально-психологической подготовки сотрудников МЧС к действиям в чрезвычайных ситуациях ..... 51

### РАДИОТЕХНИКА И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

- Паслён В.В., Яблоков С.А.** Разработка и исследование модели затухания радиоволн для помещений сложной формы ..... 57
- Толкачёв О.Э., Клычков А.А., Дикенштейн И.Ф.** Теплообмен приводного барабана и конвейерной ленты при ее полной пробуксовке..... 62
- Щербов И.Л., Тюрин Е.С., Якушина А.Е.** Проектирование системы безопасности в информационно-телекоммуникационной системе организации..... 67

### ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

История Института гражданской защиты Донбасса  
Информация от зарубежных коллег: Франсуа Морис. Биологическое оружие и биотерроризм

## CONTENTS

Welcoming speech of the Minister of MES DPR Kostrubitsky A.

Welcoming speech of the rector of DonNTU Anoprienko A.

Opening remarks by the chief editor Stefanenko P.

### FIRE TACTICS, PHYSICOCHEMICAL BASES OF COMBUSTION AND EXTINGUISHING PROCESSES

**Kostrubitsky A., Pashkovsky P.** Modeling of heat generation during the combustion of solid materials in the premises ..... 8

**Grebyonkin S., Pavlysh V., Gurzhiy V.** The mathematical modeling of methane extraction to earth surface as the danger of fire during mine elimination ..... 13

### SAFETY OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS, TECHNOLOGIES AND INDUSTRIES

**Bulgakov Y., Melnikova Y.** Theoretical aspects of interaction sprayed water to the vent jets in fires in mines ..... 20

**Pichahchi A., Slozhenitsyn A.** Methods of predicting gas mixture explosion danger ..... 26

### PSYCHO-PEDAGOGICAL ASPECTS OF TRAINING EMERGENCY MINISTRY EMPLOYEES TO ACTION IN EMERGENCIES

**Stefanenko P.** The methodic of the gradual formation of knowledge and practical skills of students of the institute of civil protection of Donbass DonNTU and listeners of the teaching and methodical center MES DPR ..... 37

**Novikova E.** Modular learning system as one of the pedagogical formations of competence of life safety of students ..... 45

**Ignatenko S.** Organization of the moral and psychological preparation of emergency ministry employees to action in emergencies ..... 51

### RADIO ENGINEERING AND INFORMATION PROTECTION

**Paslyon V., Yablokov S.** Development and investigation of the model of attenuation of radio waves for complex shaped premises ..... 57

**Tolkachev O., Klychkov A., Dickenstein I.** The heat exchange of the drive drum and full slipped conveyor belt ..... 62

**Shcherbov I., Tyurin E., Yakushina A.** Designing of the security system in the informational-telecommunicational system of the organization ..... 67

### INFORMATION SECTION

History of the Institute of Civil Protection of Donbass

Information from foreign colleagues: Moris F. Biological weapons and bioterrorism



## ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.841.41

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОМЕЩЕНИЯХ

**Кострубицкий А.А.**, министр Министерства по делам гражданской обороны,  
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий  
Донецкой Народной Республики (МЧС ДНР),

**Пашковский П.С.**, д.т.н, проф.,  
первый заместитель директора по научной работе  
НИИГД «Респирактор» МЧС ДНР

*В статье рассмотрены процессы теплообразования при пиролизе и горении твердых материалов. Предложена математическая модель интенсивности теплового потока при пожаре с учетом его времени выхода на максимум в зависимости от пожарной нагрузки. Получена аналитическая зависимость величины теплового потока, удовлетворительно согласующаяся с экспериментальными данными.*

**Ключевые слова:** пиролиз, горение, тепловой поток, пожарная нагрузка, математическая модель, аналитическая зависимость, достоверность.

#### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Пожары в зданиях и сооружениях до сих пор приносят огромный материальный ущерб, исчисляемый десятками миллиардов долларов в год, в них гибнут десятки тысяч людей. Обеспечение пожарной безопасности – основная задача, которую необходимо выполнять как при постройке, так и при эксплуатации современных жилых и производственных зданий, торгово-развлекательных и масштабных деловых центров. Успехи борьбы с пожарами требуют более фундаментального научного и экспериментального подхода, который можно было бы использовать и на этапе проектирования объектов, и при их эксплуатации. В этом случае важно изучение динамики пожаров в помещениях, включая процессы пиролиза, образование газообразных продуктов термического разложения твердых материалов, процессы горения и тепловыделения, величина которого определяет динамику температуры в очаге пожара.

Моделирование теплообмена в помещениях и коридорах широко распространено для определения ожидаемых температуры, концентраций дыма и токсичных газов на стадиях проектирования зданий и их эксплуатации.

Однако, несмотря на постоянное совершенствование алгоритмов и программ расчета параметров пожара различными методами (интегральным, зонным или полевым), отраженными в работах авторов [1 – 5], они, по сути, не затрагивают моделирования процессов возникновения и развития горения твердых материалов, хотя экспериментальные данные по этому вопросу имеются в литературе [5].

Целью статьи является проведение теоретических исследований и получение аналитической зависимости интенсивности тепловыделения при горении твердых материалов, формирующей динамику температуры в очаге пожара.

**Изложение основного материала исследования.** Возникновение пламенного горения начинается от зажигания, представляющего собой такой процесс, при котором происходит быстрая экзотермическая реакция, вызывая изменения в горючем материале, приводящие к резкому повышению в нем температуры по сравнению с температурой окружающей среды. Различают два характерных вида возникновения процесса горения: 1) вынужденное зажигание с помощью некоторого источника, такого, как электрическая искра или постороннее пламя; 2) самовоспламенение, при котором изнутри происходит нагрев твердого вещества в результате химических реакций. Большинство пожаров связано с горением твердых материалов, хотя во многих случаях горят и жидкие, и газообразные вещества. Многообразие горючих веществ очень велико и включает в себя как простейшие газообразные углеводороды, так и твердые вещества с большой относительной массой и сложной химической структурой. Некоторые горючие вещества имеют естественное происхождение, такие как дерево, включающее в себя целлюлозу или другие вещества искусственного происхождения, например полиуретан и полиэтилен. Все эти вещества, перейдя в газообразное состояние и реагируя с кислородом в воздухе, образуют продукты горения и выделяют тепло в процессе окисления.

При термическом разложении некоторая, а то и значительная часть вещества при нагреве образует обугленную массу и тем самым мешает поступлению в пламя образующегося горючего газа. Различают два

режима горения: горючее вещество образует однородную смесь с воздухом, и горючее первоначально разделено с воздухом. Второй режим как раз и соответствует твердому материалу. В этом случае скорость горения пропорциональна скорости поступления летучих веществ, образующихся при пиролизе, и непосредственно связана с интенсивностью теплообмена между пламенем и горючим [3]. Термостойкость материалов может быть выражена количественно путем оценки скорости разложения в зависимости от температуры [6]:

$$\frac{dI}{d\tau} = -kI, \quad (1)$$

где  $I$  – расход продуктов пиролиза с единицы площади поверхности термического разложения,  $кг/(м^2 \cdot с)$ ;

$k$  – константа скорости реакции,  $1/с$ ;

$\tau$  – время с начала пиролиза,  $с$ .

Для константы скорости реакции используют соотношение Аррениуса:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (2)$$

где  $k_0$  – константа максимальной скорости реакции,  $1/с$ ;

$E$  – энергия активации,  $Дж/моль$ ;

$R$  – газовая постоянная,  $Дж/(К \cdot моль)$ ;

$T$  – абсолютная температура,  $К$ .

Подставляя выражение (2) в уравнение (1), получим

$$\frac{dI}{d\tau} = -k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) I. \quad (3)$$

Очевидно, при большой температуре показатель степени при экспоненте стремится к нулю, а сама экспоненте стремится к единице и интенсивность пиролиза становится максимальной.

Если считать скорость реакции при пиролизе максимальной, то решением уравнения (3) при начальном условии  $I(0) = I_0$  является экспоненциальная зависимость вида

$$I = I_0 \exp(-k_0 \tau), \quad (4)$$

где  $I_0$  – начальный расход продуктов пиролиза,  $кг/с$ .

Поступление продуктов пиролиза в поток воздуха связано с его диффузией и движением в порах и трещинах уравнением:

$$\frac{dm}{d\tau} = -k_1(m - I), \quad (5)$$

где  $m$  – массовый расход газообразных продуктов пиролиза, поступающих в поток воздуха или массовая скорость выгорания на единицу площади горения,  $кг/(м^2 \cdot с)$ ;

$k_1$  – коэффициент газообмена между потоком воздуха и газом в порах и трещинах в твердом материале,  $1/с$ .

Искомое решение уравнения (5) при начальном условии  $m(0) = 0$  имеет вид

$$m(\tau) = \frac{k_1 I_0}{k_1 - k_0} [\exp(-k_0 \tau) - \exp(-k_1 \tau)]. \quad (6)$$

При близких друг к другу значениях  $k_0$  и  $k_1$  вместо формулы (6) будем иметь

$$m(\tau) = I_0 k_1 \tau \exp(-k_1 \tau). \quad (7)$$

Поступая в поток воздуха, продукты пиролиза мгновенно вступают в химическую реакцию и в зависимости от концентрации кислорода выделяют тепло в единице объема с интенсивностью [3]

$$q = \chi \frac{mbH_c C}{V C_0}, \quad (8)$$

где  $q$  – интенсивность тепловыделения,  $\text{кВт}/\text{м}^3$ ;  
 $\chi$  – коэффициент неполноты сгорания горючего материала;  
 $H_c$  – теплота сгорания летучих веществ,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;  
 $b$  – ширина зоны горения,  $\text{м}$ ;  
 $l$  – длина зоны горения,  $\text{м}$ ;  
 $V$  – объем, например, помещения,  $\text{м}^3$ .

Полученная зависимость (8) используется в уравнении переноса энергии или тепла. Входящее в формулу (8) произведение  $bl$  представляет собой площадь горящей поверхности и может быть принята равной

$$bl = (v\tau)^2, \quad (9)$$

где  $v$  – линейная скорость горения,  $\text{м}/\text{с}$ .  
 Подставляя (6) и (9) в формулу (8), при  $C = C_0$  получим

$$q = \chi \frac{v^2 H_c}{V} \tau^3 \exp(-k_1 \tau). \quad (10)$$

Тогда в безразмерном виде вместо (10) получим

$$q/q_m = (\tau/\tau_m)^3 \exp[3(1 - \tau/\tau_m)], \quad (11)$$

где  $q_m$  – максимальная интенсивность тепловыделения в очаге пожара,  $\text{кВт}/\text{м}^3$ ;  
 $\tau_m = 3/k_1$  – время выхода тепловыделения на максимум,  $\text{с}$ .

Анализ полученной универсальной зависимости (11) показывает, что она имеет максимум при  $\tau = \tau_m$  и этот максимум равен единице. На рис. 1 представлена зависимость безразмерной плотности теплового потока при пожаре от безразмерного времени с момента возникновения.

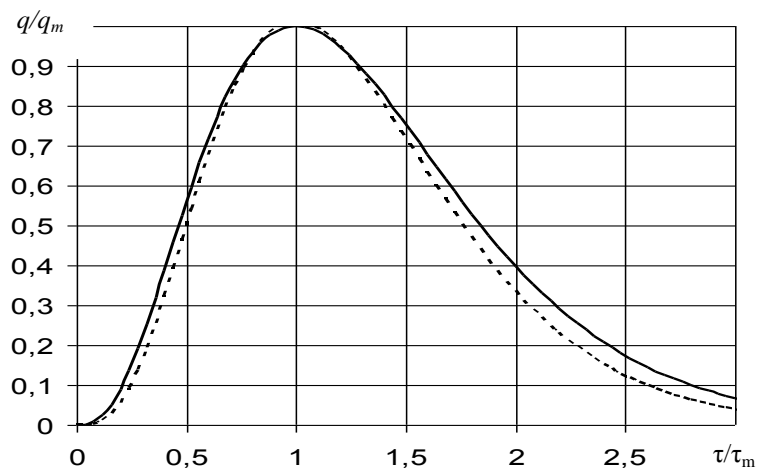


Рис. 1. Изменение плотности теплового потока из зоны горения от безразмерного времени с момента возникновения пожара (по экспериментальным данным [3] – штриховая линия, по формуле (11) – сплошная линия)

На рис. 1 представлена также эмпирическая зависимость, приведенная в работе [5]:

$$q/q_m = 37(\tau/\tau_m)^{3,6} \exp(-3,6\tau/\tau_m). \quad (12)$$

Как видно, кривые зависимостей (11) и (12) удовлетворительно согласуются друг с другом. Для определения положения максимума тепловыделения предложена в работе [5] зависимость

$$\tau_m = 32 - 8,1G^{3,2} \exp(-0,92G), \quad (13)$$

где  $G$  – пожарная нагрузка,  $кг/м^2$ .

Анализ предлагаемой формулы (13) и ее график (рис. 2), штриховая линия) показывает, что они не отражают физической сущности процесса. Во-первых, при отсутствии пожарной нагрузки ( $G = 0$ ) время максимума должно равняться нулю ( $\tau_m = 0$ ). Во-вторых, не может положение максимума температуры не превышать значения 32 мин. Все дело в том, что диапазон изменения пожарной нагрузки в экспериментах [5] находился в узких пределах  $0,8 - 14,4$   $кг/м^2$ . А как же быть, если пожарная нагрузка, будет составлять, к примеру,  $G = 100$   $кг/м^2$ ? Данные исследований, предложенных в научных разработках [1 – 5], показывают, что максимум температуры может наступать и через 1 час и через 2 часа.

Поэтому более правильно предположить с физической точки зрения, что максимум температуры наступает при полностью развитом пожаре, когда пламя охватывает максимально возможную площадь горения. Тогда справедливо равенство

$$\rho_c h (v \tau_m)^2 = \chi S_m G, \quad (14)$$

где  $\rho_c$  – плотность горючего материала,  $кг/м^3$ ;

$h$  – толщина пожарной нагрузки,  $м$ ;

$S_m$  – максимальная площадь пожарной нагрузки,  $м^2$ .

Разрешая формулу (14) относительно времени максимума, получим

$$\tau_m = \frac{1}{v_c} \sqrt{\frac{\chi S_m G}{\rho_c h}}. \quad (15)$$

На рис. 2 приведены результаты расчета по формулам (13) и (15) зависимости времени максимума температуры от пожарной нагрузки.

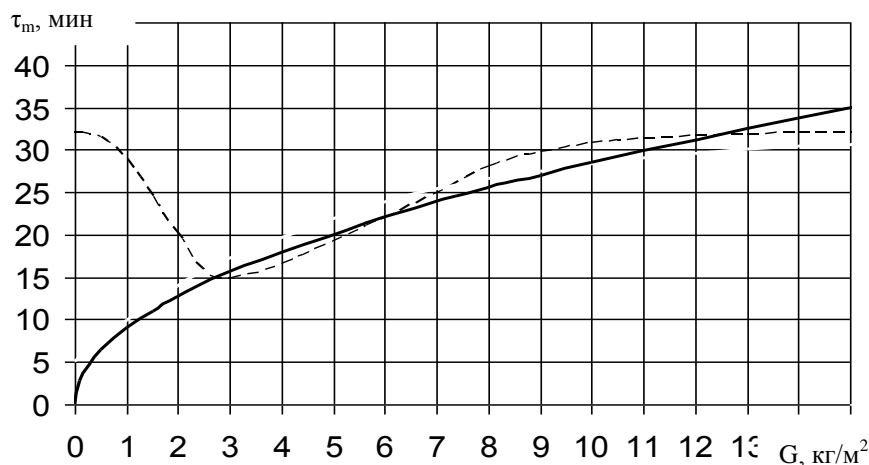


Рис. 2. Кривые зависимости времени максимума температуры от пожарной нагрузки (штриховая линия – по формуле (3.8), сплошная линия – по формуле (3.10))

При расчете по формуле (15) она была приведена к простому виду

$$\tau_m = 9\sqrt{G}. \quad (16)$$

Достоверность полученной зависимости (16) подтверждается еще данными при большой пожарной нагрузке. Так, по данным  $G = 50$   $кг/м^2$  максимум температуры наступает примерно через 1 час. Это же подтверждают расчеты по формуле (16). При еще большей пожарной нагрузке, как уже было отмечено, время

максимума температуры наступает через 1 час, а то и через 2 часа [2]. Об этом же говорят расчеты по формуле (16). Так, при пожарной нагрузке  $G = 100 \text{ кг/м}^2$  время максимума температуры  $\tau_m = 90$  мин.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Таким образом, полученные аналитические зависимости интенсивности тепловыделения при горении твердых материалов достоверно отражают реальную картину при пожарах в помещениях и могут быть использованы при расчетах температуры, а также дымообразования и концентраций токсичных газов на всех стадиях развития пожара.

#### Библиографический список

1. Пузач С.В. Математическое моделирование тепломассообмена при решении задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 150 с.
2. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.
3. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
4. Алексащенко А.А. Тепломассоперенос при пожаре / А.А. Алексащенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский. – М.: Стройиздат, 1982. – 173 с.
5. Астапенко В.М. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский, А.Н. Шевляков / Под ред. Ю.А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.
6. Ковалишин В.В. Математичне моделювання розвитку і гасіння пожеж різними засобами на об'єктах значної протяжності / В.В. Ковалишин. – Київ, Науковий вісник НДІПБ. – 2013. – №1 (27). – С. 153-160.

© А.А. Кострубицкий, П.С. Паиковский, 2015

E-mail: [mchs-dnr@mail.ru](mailto:mchs-dnr@mail.ru); [niigd@mail.ru](mailto:niigd@mail.ru)

Рецензент д.т.н., с.н.с. В.В. Мамаев

## MODELING OF HEAT GENERATION DURING THE COMBUSTION OF SOLID MATERIALS IN THE PREMISES

**Kostrubitskiy A.**, Minister for Civil Defense Affairs, Emergencies,  
and Liquidation of Consequences of Natural Disasters Ministry  
of the Donetsk People's Republic (MES DPR),

**Pashkovskiy P.**, Dr. Sci. (Tech.), prof.,  
first deputy director of science of The «Respirator» State Research Institute of Mine-rescue Work, Fire Safety and  
Civil Protection (NIIGD «Respirator») MES DPR

*Considered the processes of heat build-up by pyrolysis and combustion of the solid materials proposed. The mathematical model of the heat flow intensity by the fire taking into account the time of its maximization depending on the fire load. Received the analytical dependence of the heat flow value that satisfactorily conforms to the experimental data.*

**Keywords:** *pyrolysis, combustion, heat flow, fire load, mathematical model, analytical dependence, reliability.*



УДК 622.411.3:622.228

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТАНА НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗЕМЛИ КАК ИСТОЧНИКА ПОЖАРООПАСНОСТИ ПРИ ЗАКРЫТИИ ШАХТ

**Гребёнкин С.С.**, д.т.н., проф.,  
ведущий науч. сотр. научно-исследовательского отдела пожарной безопасности  
НИИГД «Респиратор» МЧС ДНР,

**Павлыш В.Н.**, д.т.н., проф.,  
зав. кафедрой вычислительной математики и программирования  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»,

**Гуржий В.В.**, с.н.с. научно-исследовательского отдела пожарной безопасности  
НИИГД «Респиратор» МЧС ДНР

*Известно и доказано практикой, что закрываемые шахты Донбасса потенциально опасны по проникновению шахтных газов на земную поверхность. Установлено работами многих институтов угольной отрасли, что проблема, связанная с выделением шахтных газов из закрытых (закрываемых) шахт, является актуальной для России, Украины и других угледобывающих стран Европы, поэтому материал, изложенный в предлагаемой статье, посвящен решению задачи повышения эффективности способов противодействия этому негативному процессу. В статье изложена суть современного способа борьбы с этими опасными проявлениями природных свойств угольных пластов методом математического моделирования процесса выделения шахтного метана на земную поверхность. Задача сводится к теоретическому исследованию проникновения шахтного газа на земную поверхность, в здания и сооружения. В результате выполненных исследований разработана математическая модель, применение которой дает возможность полномасштабных исследований рассматриваемого процесса, с определением основных его параметров без проведения дорогостоящих натурных экспериментов.*

**Ключевые слова:** шахта, газовыделение, трещиноватость горных пород, технологические и тектонические разрывы их массива, метан, взрыв, пожар, пожароопасность, конвективный перенос тепла, плотность газового потока, диффузия в угольном пласте.

### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Одной из проблем, связанных с ликвидацией шахт, является проникновение шахтных газов на земную поверхность, в здания и сооружения. Выделяющийся газ вызывает загазовывание подвалов, подполий, жилых и производственных помещений, что сопряжено с опасностью удушья людей и воспламенения метана. Следует отметить, что газ выделяется на поверхность и в период эксплуатационной деятельности шахт [1], но закрытие угледобывающих предприятий усугубляет эту проблему.

Многие закрываемые шахты в большей или меньшей степени потенциально опасны по выходу метана на земную поверхность. Их ликвидация существенно увеличивает вероятность этого процесса в связи с тем, что после прекращения проветривания выработок и засыпки стволов в выработанных пространствах газ накапливается, создавая там избыточное давление. Накапливающийся метан постепенно начинает проникать на поверхность по ликвидированным горным выработкам (стволам, шурфам, сбойкам). Из них в дни понижения атмосферного давления нередко выделяется «мертвый воздух» – газоздушная смесь с высоким (более 5 %) содержанием углекислого газа и низким (менее 12 %) содержанием кислорода.

Проблема, связанная с выделением шахтных газов из закрытых шахт, является актуальной для России, Украины и большинства угледобывающих стран.

Развитию научных основ и технологии процессов борьбы с газовыделением и возгоранием метановоздушной смеси посвящены работы многих научных учреждений и вузов (ДонНТУ, МГТУ, НГУ, ИГТМ, МакНИИ и др.), а также ряда известных ученых (А.С. Бурчаков, Э.М. Москаленко, А.Ф. Булат, К.К. Софийский, А.Д. Алексеев, Ю.Ф. Булгаков и др.). В работах, выполненных данными исследователями, обоснованы способы борьбы с опасными проявлениями природных свойств угольных пластов, предложены соответствующие технологические схемы и методы расчета их параметров [2, 3, 4].

Тем не менее, в связи с усложнением горно-геологических условий и технологии добычи угля, задача повышения эффективности способов противодействия данным негативным явлениям стоит по-прежнему остро. Одним из современных средств решения является математическое моделирование процессов, позволяющее наглядно исследовать технологии и параметры предлагаемых способов.

Цель статьи – совершенствование математического аппарата для исследования процесса и обоснования рациональных параметров технологических схем.

**Изложение основного материала исследования.** Основными причинами проникновения шахтных газов на земную поверхность на территориях закрываемых шахт являются: прекращение вентиляции шахт; повышение уровней подземных вод; изменение барометрического давления; подземные пожары.

Общий подход при оценке риска, связанного с эмиссией шахтных газов, включает следующие стадии: 1) изучение и картографирование пустот; 2) гидрогеологическая съемка; 3) оценка риска поднятия газов на поверхность; 4) разработка мероприятий по предотвращению выделения шахтного газа на земную поверхность.

Третья стадия, в свою очередь, состоит из следующих составляющих: изучение зафиксированных случаев выделения шахтных газов и локализация зон, в которых прогнозируется выход газов.

Специалистами всех стран, где существует данная проблема, отмечается, что основным фактором, определяющим масштабы, сложность и пути ее решения, являются горно-геологические условия закрываемой шахты.

В Донбассе систематическое изучение явлений, связанных с выходом метана на поверхность, началось с 1954 г. [5]. Впервые выделение метана на земную поверхность в Донецкой области было замечено в пос. Ольховчик (г. Шахтерск) в 1950 г. по его вспышкам в погребках и домах по улицам им. Петровского и Калинина. Особенно сильный взрыв газа произошел в мае 1954 г. в доме № 14 по ул. Петровского после того как помещения длительное время не проветривались. Ранее в этом доме неоднократно происходили слабые вспышки метана, на которые жильцы не обращали внимания [5].

Как правило, взрывы и вспышки метана, выделяющегося по трещиноватым осушенным породам и разрывным геологическим нарушениям, происходили в течение периода от нескольких месяцев до нескольких лет после подработки источников газовой выделенной ниже поверхности метановой зоны (ПМЗ). Взрывы газа, выделяющегося по погашенным, заброшенным стволам, шурфам, сбойкам, происходили в различные периоды времени после вывода выработки из эксплуатации или ликвидации (от одного года до десятков лет).

Газовыделения зафиксированы и в других районах Донбасса. Так, в г. Первомайск Луганской области выделение газа из выработанных пространств закрытой шахты «Центральная Первомайская» привело к пяти случаям взрывов и вспышек метана в жилых и производственных помещениях. Газовыделение из закрытой шахты «Максимовка Пологая» в г. Стаханов явилось причиной четырех вспышек метана в жилых помещениях и подвалах. Дважды в жилом доме № 17 по пер. Демьяна Бедного взрывался метан, выделяющийся из закрытой шахты «Парком» в г. Стаханов. Зарегистрированы вспышки метана, выделяющегося из закрытых шахт: «Чудная Мария» в г. Стаханов; «Запорожская Комсомольская» № 1 в пос. Запорожье; им. Крупской в г. Первомайск и др. Газовыделение в подавляющем большинстве случаев обнаруживалось после взрывов, вспышек и гибели людей от удушья. Поэтому можно утверждать, что участков газовой выделенной существенно больше, чем зафиксировано до настоящего времени. Не исключено, что на многих шахтах, в том числе и ликвидируемых, метан выделяется на поверхность и на сегодняшний момент.

К настоящему времени в Донецкой области газовой выделенной было зафиксировано на 38 участках земной поверхности (табл. 1). В Стахановском районе Луганской области в период эксплуатации шахт выделение метана на поверхность отмечалось с 1959 г. на 9 участках земной поверхности. В пяти случаях газ проникал на поверхность из выработанных пространств по тектоническим трещинам в замковых частях антиклиналей, в двух – из газонасыщенных водоносных песчаников, и в двух – из подработанных угольных пластов по тектоническим трещинам в зонах затухания и пересечения тектонических нарушений.

Таблица 1

Распределение опасных по выделению метана зон по путям движения газа к поверхности

Геолого-промышленный район	Общее количество опасных зон	Канал движения метана к поверхности			
		осушенная трещиноватая порода	тектонические трещины разрывных нарушений	погашенные, заброшенные шурфы, стволы, сбойки	другие
Торезско-Снежнинский	18	10	5	2	1
Донецко-Макеевский	9	3	2	4	-
Центральный	11	5	1	4	1
Стахановский	9	7	2		-
Всего:	47	25	10	10	2

Анализ горно-геологических условий и наблюдения за газовой выделенной позволили установить, что каналами миграции метана к поверхности служили:

- трещиноватые осушенные породы (песчаники, известняки, алевролиты);

- тектонические трещины разрывных геологических нарушений в зонах их затухания или пересечениях с другими разрывами;
- погашенные, заброшенные шурфы, стволы, сбойки, выходящие на поверхность;
- некачественно затампонируемые геологоразведочные скважины.

Источниками метановыделения являлись:

- подработанные ниже ПМЗ газоносные угольные пласты;
- мощные газодоносные песчаники;
- скопления газа в выработанных пространствах отработанных пластов и закрытых шахт.

Для повышения уровня экологической безопасности процессов ликвидации угольных шахт необходимо изучать процессы самонагрева угольных скоплений в выработанных пространствах. Отсутствие требуемого прикладного математического обеспечения существенно затрудняет выяснение физической сущности процессов самонагрева угольных скоплений в выработанном пространстве, так как при проведении шахтных опытов или физических экспериментов (физического моделирования) практически невозможно оценить степень влияния отдельных параметров и явлений на общий характер процесса. Исследование физико-химических процессов самонагрева угольных скоплений в выработанных пространствах лав пологих пластов, склонных к самовозгоранию, имеет важное теоретическое и практическое значение.

Как известно, на процессы самонагрева угольных скоплений влияет множество факторов, которые естественным образом можно разделить на два класса: физико-химические факторы и факторы вентиляционного характера. К первому классу, очевидно, могут быть отнесены различные свойства углей и окружающих его пород: теплопроводность угля и пород, окислительная способность угля, геометрические размеры угля и т.д. Ко второму классу факторов могут быть отнесены различные параметры окружающего уголь воздушного потока: величина и направление скорости фильтрации в выработанном пространстве, концентрация метана в утечках воздуха через выработанное пространство, концентрация кислорода в омывающем уголь воздушном потоке.

Исследование процесса самонагрева угольных скоплений имеет практический смысл, очевидно, только в области температур ниже критических, т.е. до начала процесса самовозгорания. Следовательно, в математической модели исследуемых процессов может не учитываться влияние процессов самонагрева угля на величину и направление утечек воздуха через выработанное пространство и, таким образом, также на величину массовой концентрации метана в выработанном пространстве. Это позволяет расчленив поставленную задачу на две квазинеzависимые задачи:

- расчет утечек воздуха и концентрации метана в выработанном пространстве;
- расчет поля температур и концентрации кислорода в угольном скоплении с учетом поглощения углем кислорода при его окислении.

Расчет утечек воздуха через выработанное пространство и концентрации метана в них должен осуществляться для выемочных участков, обрабатываемых прямым ходом, при произвольном изменении фильтрационных характеристик выработанного пространства. Идентификация фильтрационных параметров, дебита метана и закона его распределения осуществлялась с использованием вычислительных экспериментов по данным шахтных экспериментов в условиях 1-ой западной лавы пласта  $m_3$  шахты им. В.И. Бажанова.

Расчет температур следует производить до температур, на 20-70 К больше температуры окружающих пород. Для этого диапазона изменения температуры расчет поля температур в угольном скоплении должен осуществляться в соответствии со следующей математической моделью:

$$(1 - \Pi_i) \cdot \rho_j \cdot \beta_j \cdot \frac{\partial T_j}{\partial \tau} = \lambda_j \cdot \text{divgrad} T_j - \varepsilon_1 \cdot \text{div}(\rho \cdot \beta \cdot T_j) - (1 - \Pi_i) \cdot K_C \cdot \rho_j \times \\ \times (W_{kn} - W_p) \cdot q \cdot (1 + m_C \cdot T_j) \cdot \exp(-K_C \cdot \tau) + \varepsilon_2 \cdot \rho_j \cdot (1 - \Pi_i) \cdot M_\tau ; \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\Pi_j \cdot \rho c)}{\partial \tau} + \text{div}(\rho c U - D \text{grad} c) = -\varepsilon_3 \cdot \rho_j \cdot M_\tau ; \quad (2)$$

где  $\rho_j$  - плотность угля ( $j = 1$ ), пород в зоне беспорядочного обрушения ( $j = 2$ ), вышележащих пород ( $j = 3$ ), пород почвы ( $j = 4$ );

$\Pi_j$  - пустотность для соответствующих слоев ( $\Pi_1=0,35$ ,  $\Pi_2=0,5$  при удалении от лавы на расстоянии 50 м и  $\Pi_2=0,2$  при большем удалении от лавы,  $\Pi_3=0$ ,  $\Pi_4=0$ );

$\beta_j$  - удельная теплоемкость ( $\beta_j = 10^3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ );

$T_j$  - температура;  $\tau$  - время, с;

$\lambda_j$  - коэффициент теплопроводности;

$$\varepsilon_1 = \begin{cases} 1 \text{ при } j = 1, 2 \\ 0 \text{ при } j = 3, 4 \end{cases}$$

$\rho$  – плотность газовой смеси, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\beta$  – теплоемкость газовой смеси;  
 $U$  – вектор скорости смеси, м/с;  
 $K_c$  – коэффициент сушки ( $K_c = 1,8 \cdot 10^{-6}$  л/с);  
 $W_{КП}$ ,  $W_P$  – соответственно приведенное и равновесное влагосодержание в угле;  
 $q$  – удельная теплота испарения влаги ( $q = 2,26 \cdot 10^6$  Дж/кг);  
 $m_c = 1/30$  – коэффициент увеличения испарения с температурой, 1/К;

$$\varepsilon_2 = \begin{cases} 1 \text{ при } j = 1 \\ 0 \text{ при } j = 2, 3, 4 \end{cases}$$

$\varphi = 8,8 \cdot 10^6$  – коэффициент удельной теплоты окисления, Дж/кг;  
 $T_{II}$  – абсолютная температура пород;  
 $c$  – массовая концентрация кислорода;  
 $D$  – коэффициент диффузии кислорода. Принять  $D = 1,8 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с;

$$\varepsilon_3 = \begin{cases} 1 \text{ при } j = 1 \\ 0 \text{ при } j = 2, 3, 4 \end{cases}$$

$$\frac{3 \cdot \rho \cdot c}{\rho_1} \cdot \sum_{i=1}^9 \frac{\alpha_i \cdot \gamma_i}{r_{oi}} \cdot H \cdot D_1 \cdot \left[ \frac{r_{oi} - \sqrt{D_1/K} \cdot th \sqrt{D_1/K} \cdot r_{oi}}{r_{oi} + (B_i - 1) \cdot \sqrt{D_1/K} \cdot th \sqrt{D_1/K} \cdot r_{oi}} + \frac{2D_1}{r_{oi}} \cdot \frac{H \cdot \mu_{ni}^2}{\sum_{m=1}^{\infty} (B_i^2 - B_i + \mu_{ni}^2) \cdot (K + \mu_{ni}^2 \cdot D / r_{oi}) \times \exp(-(K + \mu_{ni}^2 \cdot D / r_{oi}) \cdot \tau)(1 + m_1 \cdot T_j)} \right]; \quad (3)$$

где  $B_i = r_{oi} \cdot H$ ;

$$tg \mu_{ni} = \frac{\mu_{ni}}{1 - B_i};$$

$$m_1 = 0,01 \div 0,03;$$

$$K = 3 \cdot 10^{-4};$$

$$\gamma_i = 1, 2;$$

$H = 25$  1/м – коэффициент кислородообмена;

$D_1$  – коэффициент диффузии в угольном пласте ( $D_1 = 10^{-8}$  м<sup>2</sup>/с);

$r_{oi}$  – радиус  $i$ -ой фракции, м;

$\alpha_i$  – массовый выход  $i$ -ой фракции угля.

При расчетах следует принимать:  $\alpha_1 = 0,046$ ;  $\alpha_2 = 0,054$ ;  $\alpha_3 = 0,093$ ;  $\alpha_4 = 0,231$ ;  $\alpha_5 = 0,202$ ,  $\alpha_6 = 0,117$ ;  $\alpha_7 = 0,135$ ;  $\alpha_8 = 0,094$ ;  $\alpha_9 = 0,028$ ,

и соответственно:

$r_{01} = 0,1$ ;  $r_{02} = 0,065$ ;  $r_{03} = 0,035$ ;  $r_{04} = 0,018$ ;  $r_{05} = 0,009$ ;  $r_{06} = 0,005$ ;  $r_{07} = 0,002$ ;  $r_{08} = 0,001$ ;  $r_{09} = 0,0003$ .

Проведение вычислительных экспериментов на математической модели процессов самонагрева угольных скоплений в исходной трехмерной постановке (1) связано с большими затратами машинного времени и вряд ли оправдано, так как достаточная для технических исследований точность моделирования может быть получена и на упрощенной численной модели. Анализ задачи (1) показывает, что она может быть упрощена и сведена к двумерной, если учесть следующие физические особенности исследуемых процессов:

- движение утечек в плоскости пласта является плоскопараллельным;

- распространение тепла между углем и породой по нормали к плоскости пласта происходит только за счет теплопередачи.

В упрощенной математической модели процессов изменения температуры и концентрации кислорода в выработанном пространстве члены уравнений (1) – (3), учитывающие конвективный перенос по нормали к плоскости пласта, будут отсутствовать, так как  $V_z = 0$ . Теплопередачу по нормали к плоскости пласта предлагается учитывать приближенно. Для этого вычислим плотность потока тепла  $Q = \lambda \frac{\partial T}{\partial z}$  по нормали к плоскости пласта. Для определения рассмотрим одномерное уравнение теплопроводности для полуограниченной прямой:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}; \quad (4)$$

со следующим краевым и начальным условиями:

$$\begin{aligned} T(0, t) &= \mu(t) \\ T(z, 0) &= T_0, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $a^2 = -\lambda_{II} / \rho_{II} \cdot \beta_{II}$ .

Задача (4), (5) может быть решена аналитически:

$$T(z, t) = \frac{a^2}{2 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \int_0^t \frac{z}{[a^2 \cdot (t - \tau)]^{3/2}} \cdot e^{-\frac{z^2}{4 \cdot a^2 \cdot (t - \tau)}} \cdot \mu(\tau) d\tau \quad (6)$$

Для определения плотности потока тепла при  $z = 0$  необходимо из (5) найти производную при  $z = 0$ :

$$\frac{\partial T}{\partial z} = \frac{a^2}{2 \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \int_0^t \frac{\mu(\tau)}{[a^2 \cdot (t - \tau)]^{3/2}} \cdot \left[ 1 - \frac{2 \cdot z^2}{4 \cdot a^2 \cdot (t - \tau)} \right] \cdot e^{-\frac{z^2}{4 \cdot a^2 \cdot (t - \tau)}} d\tau \quad (7)$$

Для вычисления (7) при  $z = 0$  введем замену переменных:

$$x^2 = \frac{z^2}{4a^2 \cdot (t - \tau)}$$

Тогда (7) примет вид

$$\frac{2}{z \cdot \sqrt{\pi}} \int_{z/2 \cdot a \cdot \sqrt{t}}^{\infty} \mu \cdot \left( t - \frac{z^2}{4 \cdot a^2 \cdot x^2} \right) \cdot [1 - 2 \cdot x^2] \cdot e^{-x^2} dx \quad (8)$$

Интегрируя (5), (8) по частям и возвращаясь к старым переменным, получим

$$\left. \frac{\partial T}{\partial \tau} \right|_{z=0} = \frac{-\mu(0)}{a \cdot \sqrt{\pi} \cdot t} - \frac{1}{a \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \int_0^t \frac{1}{\sqrt{t - \tau}} \cdot \frac{d\mu(\tau)}{d\tau} d\tau \quad (9)$$

Из (9) получим выражение для вычисления плотности теплового потока из угольного скопления в породы, примыкающие к пласту по нормали

$$Q = -\frac{1}{a \cdot \sqrt{\pi} \cdot t} - \frac{1}{a \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \int_0^t \frac{1}{\sqrt{t - \tau}} \cdot \frac{d\mu(\tau)}{d\tau} d\tau \quad (10)$$

При известной величине плотности теплового потока в породы, примыкающие к пласту по нормали, уравнение (1) принимает вид

$$\begin{aligned} (1 - \Pi_j) \cdot \rho_j \cdot \beta_j \cdot \frac{\partial T_j}{\partial \tau} &= \frac{\partial}{\partial x} \cdot (\lambda_j \cdot \frac{\partial T_j}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} \cdot (\lambda_j \cdot \frac{\partial T_j}{\partial y}) + \frac{2 \cdot Q}{H_M} - \varepsilon_1 \cdot \rho \cdot \beta \cdot U_2 \cdot \frac{\partial T_j}{\partial y} - \\ &- (1 - \Pi_j) \cdot K_C \cdot \rho_j \cdot (W_{kn} - W_p) \cdot q \cdot (1 - m_C \cdot T_j) \cdot \exp(-K_C \cdot \tau) + \varepsilon_2 \cdot \rho_j \cdot (1 - \Pi_i) \cdot M_\tau \cdot \end{aligned} \quad (11)$$

где  $H_M$  – мощность пласта.



С учетом принятых допущений уравнение (1) примет вид:

$$\Pi_j \frac{\partial \rho c}{\partial \tau} = D_1 \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_2 \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - U_1 \cdot \frac{\partial \rho c}{\partial x} - U_2 \cdot \frac{\partial \rho c}{\partial y} - \varepsilon_3 \cdot \rho_j \cdot (1 - \Pi_j) \cdot M_\tau \quad (12)$$

Машинную модель процессов самонагрева угольных скоплений в выработанном пространстве будем строить в соответствии с системой уравнений (11), (12). Численное значение плотности теплового потока может быть рассчитано из выражения (10) при известном законе изменения температуры в угольном скоплении. Поскольку закон изменения температуры в угольном скоплении на всем интервале интегрирования системы уравнений (11), (12) нам неизвестен и должен быть определен, при расчете величины  $Q$  будем исходить из предположения, что изменение температуры в угольном скоплении может быть аппроксимировано кусочно-линейной функцией. Таким образом, принимаем, что на интервале интегрирования  $(0, t)$  выражения (10) температура изменяется по линейному закону:

$$\mu(t) = T_H = B \cdot t$$

где  $T_H$  – начальное значение температуры на интервале интегрирования;  
 $B$  – тангенс угла наклона прямой.

При таком предположении значение  $Q$  может быть рассчитано по формуле:

$$Q = -\frac{\rho_{II} \cdot \beta_{II}}{\sqrt{\pi}} \cdot \left( \frac{T_H}{\sqrt{t}} + 2 \cdot B \cdot \sqrt{t} \right) \quad (13)$$

Решение системы уравнений (11), (12) возможно только численными методами. При разработке машинной модели будем использовать численные методы типа «дискретное время - дискретное пространство». При этом выбирается шаг  $\Delta t$  дискретизации временной координаты. На каждом временном шаге рассчитывается температурное поле и поле концентрации кислорода в исследуемой области. Интервал интегрирования (10) при этом необходимо брать равным  $\Delta t$ . При расчете температуры и концентрации кислорода на первом временном шаге значение коэффициента  $B$  рассчитывается по формуле:

$$B = \left[ \varepsilon_2 \cdot M - K_C \cdot (W_{KC} - W_P) \cdot q \cdot (1 + m_C \cdot T_j \cdot (\tau)) \cdot \exp(-K_C \cdot \tau) \right] \cdot \beta_j^{-1} \quad (14)$$

На каждом временном шаге порядок расчета должен быть следующим:

- по выражению (13) рассчитывается значение плотности теплового потока  $Q$ ;
- численным методом решается система разностных уравнений аппроксимирующих (11) и (12);
- корректируется величина  $B$  по формуле:

$$B = \left[ T_j \cdot (\tau + \Delta \tau) - T_j(\tau) \right] \cdot \Delta \tau^{-1} \quad (15)$$

Производится корректировка значения плотности теплового потока и вновь выполняется решение задачи для нового временного слоя. Решение задачи заканчивается после достижения требуемого значения времени, определяемого длительностью исследуемых теплофизических процессов.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** В результате выполненных теоретических исследований разработана математическая модель процесса выделения метана на поверхность в зоне воздействия закрываемой шахты, основанная на уравнениях в частных производных. С целью обеспечения возможности расчетов без применения компьютерной техники произведено упрощение модели и выведены аппроксимирующие выражения для определения основных параметров. Применение предложенной математической модели дает возможность полномасштабных исследований процесса без проведения дорогостоящих натурных экспериментов.

#### Библиографический список

1. ДНАОП 1.1.30-1.XX-04. Безопасное ведение горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (1-я редакция). – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 268 с.
2. Павлыш В.Н. Развитие теории и совершенствование технологии процессов воздействия на угольные пласты: Монография. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2005. – 347 с.
3. Павлыш В.Н., Гребенкин С.С. Физико-технические основы процессов гидравлического воздействия на угольные пласты: монография / Донецк: «ВИК», 2006. – 269 с.

4. Геомеханические и математические методы принятия решений по обеспечению экологически безопасных технологий закрытия угольных шахт: монография / под. общ. ред. д.т.н., проф. Гребенкина С.С. и Павлыша В.Н. – Донецк: «ВИК», 2009. – 361 с.

5. Сохранение окружающей природной среды на горнодобывающих предприятиях: монография / под. общ. ред. С.С. Гребенкина и В.К. Костенко. – Донецк: «ВИК», 2009. – 505 с.

© С.С. Гребёнкин, В.Н. Павлыш, В.В. Гуржий, 2015

E-mail: pavlyshvn@mail.ru

Рецензент д.т.н., проф. П.С. Пашковский

## THE MATHEMATICAL MODELING OF METHANE EXTRACTION TO EARTH SURFACE AS THE DANGER OF FIRE DURING MINE ELIMINATION

**Grebyonkin S.**, Dr. Sci. (Tech.), prof.,

leading researcher of the Department of Fire Safety

of The «Respirator» State Research Institute of Mine-rescue Work, Fire Safety and Civil Protection  
(NIIGD «Respirator») MES DPR,

**Pavlysh V.**, Dr. Sci. (Tech.), prof.,

head of the Department of Computational Mathematics and Programming  
SHEI «Donetsk National Technical University»,

**Gurzhii V.**, Senior Researcher of the Department of Fire Safety

of The «Respirator» State Research Institute of Mine-rescue Work, Fire Safety and Civil Protection  
(NIIGD «Respirator») MES DPR

*It is well known and proved by practice that Donbass under closing are potentially dangerous for penetrate on the earth's surface. Established by the work of many institutions of the coal industry that the problem associated with the release of mine gas from closed (locked) mines is relevant for Russia, Ukraine and other coal-producing countries in Europe. Therefore, the material presented in the present paper is devoted to the task of enhancing the effectiveness of ways to counteract this negative process. The article describes the essence of the modern way to combat these dangerous manifestations of the natural properties of coal seams by mathematical modeling of the process of mining reveals to the Earth's surface. The problem is reduced to the theoretical study of the penetration of mine gas on the Earth's surface, in buildings and structures. As a result of the research developed a mathematical model, which allows the use of full-scale study of the process, from the definition of its basic parameters without the need for costly field experiments.*

**Keywords:** mine gas emission, fracture rock, technological, and tectonic fractures of the array, the methane explosion, fire, fire, convective heat transfer, the density of the gas flow, diffusion in the coal seam.

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ, ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 622.45:622.822.3

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПЫЛЕННОЙ ВОДЫ С ВЕНТИЛЯЦИОННЫМИ СТРУЯМИ ПРИ ПОЖАРАХ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Булгаков Ю.Ф., д.т.н., проф.,

проректор по научно-педагогической работе ДонНТУ, директор ИГГ,

Мельникова Я.В., к.т.н., доц., доцент кафедры охраны труда и аэрологии

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*Разработана математическая модель аэродинамического взаимодействия капельной жидкости с вентиляционным потоком при автоматическом включении установок водяного пожаротушения вдоль выработки с определенным шагом друг от друга, зависящим от пожарной нагрузки. Реализация разработанной модели на ЭВМ позволяет прогнозировать вероятность опрокидывания вентиляционной струи вследствие внезапного включения установок водяного пожаротушения, и заранее разработать мероприятия по устойчивому проветриванию выработок, оборудованных ленточными конвейерами. На базе данной математической модели будет разработано программное обеспечение для системы аварийной вентиляции шахт.*

**Ключевые слова:** *распыленная вода, пожар, горная выработка, аэродинамическое сопротивление выработки, устойчивость проветривания, установки водяного пожаротушения.*

#### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Эффективность применения аварийных вентиляционных режимов в угольных шахтах во многом зависит от уровня знаний о процессах возникновения и развития аварий, наличия математического аппарата, позволяющего моделировать эти процессы и рассчитывать последствия изменения режима проветривания горных выработок.

Выбор оптимального аварийного вентиляционного режима при пожаре возможен только в тех случаях, когда есть возможность оценить и учесть особенности развития пожара, а также последствия, связанные с применением современных средств пожаротушения, в частности установок водяного пожаротушения. Разработка математической модели взаимодействия распыленной воды с вентиляционными струями позволит создать на их основе современное программное обеспечение для автоматизированного решения задач аварийной вентиляции.

**Изложение основного материала исследования.** Как огнетушащее вещество вода является основным средством тушения подземных пожаров. Диспергирование или тонкое измельчение жидкостей (воды) в окружающей среде (вентиляционном потоке) приводит к образованию дисперсной системы. Диспергирование жидкостей в газах (воздухе), обычно называемое еще распылением, требует затраты работы тем большей, чем выше требуемая степень измельчения и поверхностная энергия на границе измельчаемой жидкости с окружающей средой. При диспергировании жидкостей турбулентное (вихревое) перемешивание для получения однородных смесей, тем более в нескольких местах горной выработки, не может не привести к нарушению их вентиляционного режима. Для получения дисперсной системы НИИГД «Респиратор» создал распылители воды со струйно-центробежными форсунками типа РВ, которые предназначены для комплектования установок водяного пожаротушения УВПК-Б или УВПС [1]. Для локализации и тушения пожаров в выработках, оборудованных ленточными конвейерами, установки водяного пожаротушения включаются автоматически при повышении температуры более 72 °С, образуя водяную завесу. Такая завеса, как указывается в работе [1], перекрывает все поперечное сечение выработки на протяжении не менее 8 м. Автоматические установки водяного пожаротушения распределяются вдоль выработки с определенным шагом друг от друга, зависящим от пожарной нагрузки (рис. 1).

Появление жидких частиц в вентиляционном потоке приводит к необходимости рассмотрения движения двухфазной среды (воздух + жидкость). Наиболее существенными особенностями процессов, происходящих в двухфазных средах, следует считать: а) тепловое и механическое взаимодействие фаз между собой и с твердыми границами (стенками выработки); б) наличие фазовых переходов как в одну сторону (испарение), так и в другую (конденсация). Наиболее интенсивно эти факторы проявляются при больших температурах. Специфической особенностью рассматриваемой среды является также тот факт, что если жидкость можно считать несжимаемой, то воздух при больших температурах и перепадах давлений ведет себя

как сжимаемая жидкость. Таким образом, формы движения двухфазных потоков значительно многообразнее и законы существования намного сложнее, чем формы и законы гидроаэродинамики однородных сред. Поэтому методы обобщенного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований имеют в этой области огромное значение. При изучении этих процессов будем основываться на теории течения двухфазных сред каплевой и пузырьковой структуры в соплах и трубах [2-4]. Поскольку данные исследования проводились в основном при решении вопросов испарения жидкости и конденсации ее паров на лопатках турбин, разработанная теория требует соответствующих упрощений и доработок, после чего может быть использована для изучения процессов аэродинамического взаимодействия каплевой жидкости с вентиляционным потоком.

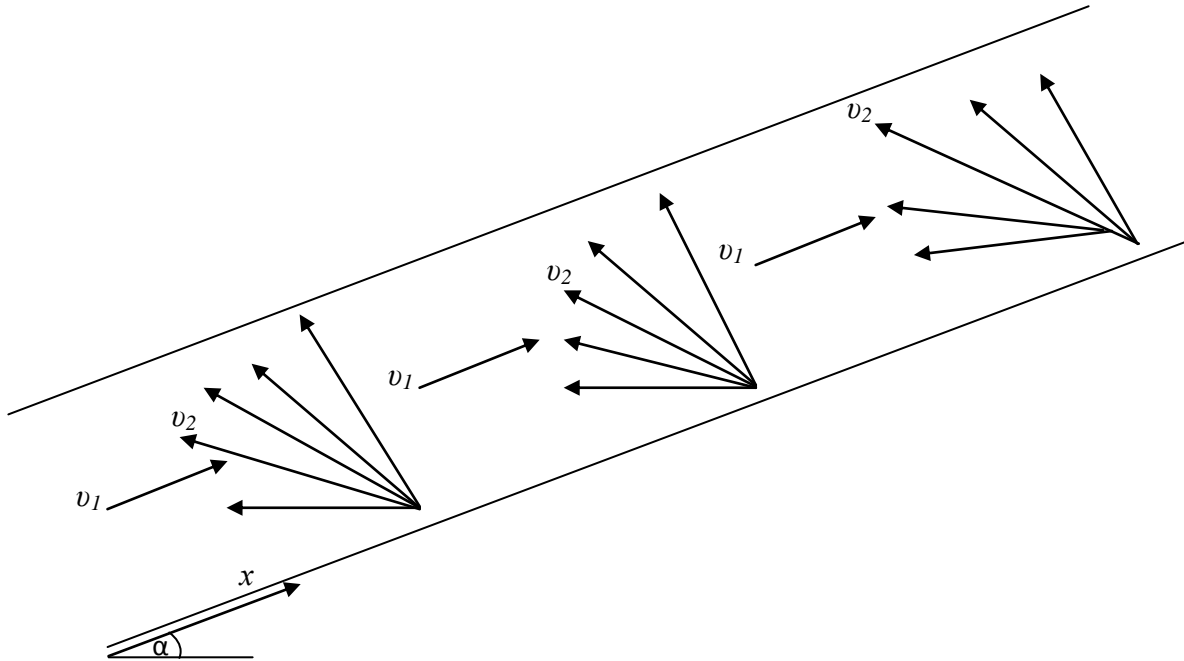


Рис. 1. Схема наклонной выработки с восходящим потоком воздуха ( $v_1$ ) при работе установок водяного пожаротушения со скоростью подачи воды  $v_2$

При разработке математической модели примем следующие допущения:

- 1) на входе в произвольно ориентированную выработку воздух представляет собой однородную среду, не содержащую каких-либо добавок;
- 2) в струю воздуха, имеющего дозвуковую скорость, впрыскиваются с большей скоростью сонаправлено или противоположно распыленные струи жидкости;
- 3) участки перемешивания струй воздуха и жидкости имеют расчетную протяженность и находятся на заданном расстоянии друг от друга;
- 4) образующаяся при перемешивании среда является смесью воздуха и капель жидкости (коагуляция и дробление не учитываются);
- 5) несущая непрерывная фаза – воздух; дискретная фаза – капли несжимаемой жидкости, равномерно распределенные в вентиляционном потоке;
- 6) вязкие эффекты в пределах каждой фазы не учитываются, рассматривается только вязкое межфазное взаимодействие;
- 7) механическое взаимодействие капель жидкости с воздухом сводится к газодинамическому сопротивлению, возникающему при рассогласовании векторов скоростей движения фаз;
- 8) в общей постановке поток нестационарный и одномерный, направленный вдоль выработки произвольной длины (рис. 1).

Как известно [5, 6], уравнение неразрывности вентиляционного потока в целом (смеси воздуха с каплями жидкости) можно представить в виде

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho v}{\partial x} = -I_2, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность смеси,  $кг/м^3$ ;  
 $v$  – скорость потока смеси,  $м/с$ ;

$I_2$  – потери массы жидкости при столкновении ее капель со стенками выработки и оседании на почве выработки под действием сил гравитации,  $кг/(с*м^3)$ ;

$\tau$  – время с момента включения установок водяного пожаротушения,  $с$ ;

$x$  – координата в направлении движения вентиляционного потока,  $м$ .

Поскольку поток состоит из двух фаз: 1 – непрерывной фазы (воздуха) и 2 – дискретной фазы (капель жидкости в потоке), то каждую фазу можно рассматривать в отдельности, присвоив вышеуказанные индексы тем параметрам, к фазе которых они относятся.

Каждая фаза в сечении потока будет занимать некоторую его часть, которую назовем удельным содержанием фазы

$$\varepsilon_i = S_i / S, \quad (2)$$

где  $S_i$  – часть площади сечения выработки, занимаемая  $i$ -й фазой,  $м^2$ .

Очевидно, в турбулентном вентиляционном потоке, ограниченном стенками выработки, витание капель воды в воздухе будет пульсирующим. В результате капли будут дробиться, сталкиваться друг с другом и со стенками выработки и оставаться на них. Это приведет к тому, что по мере движения капель вместе с вентиляционным потоком их будет оставаться все меньше и меньше в результате не только испарения, а из-за столкновения капель со стенками. Предположим, как и во всех процессах массообмена [6], что изменение жидкой фазы вдоль выработки пропорционально ее периметру и расходу жидкости, проходящей через сечение выработки:

$$I_2 = \frac{k_{cm}\Pi}{S} \varepsilon_2 \rho_2 v_2, \quad (3)$$

где  $k_{cm}$  – коэффициент, характеризующий частоту столкновения капель со стенками выработки и потери под действием сил гравитации на ее почве;

$\Pi$  – периметр выработки,  $м$ ;

$S$  – площадь поперечного сечения выработки,  $м^2$ .

Уравнение неразрывности (1) распадается на два уравнения для каждой фазы и с учетом потерь жидкости при столкновении капель со стенками выработки (3) имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon_1 \rho_1}{\partial \tau} + \frac{\partial \varepsilon_1 \rho_1 v_1}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial \varepsilon_2 \rho_2}{\partial \tau} + \frac{\partial \varepsilon_2 \rho_2 v_2}{\partial x} &= -\frac{k_{cm}\Pi}{S} \varepsilon_2 \rho_2 v_2 \end{aligned} \quad (4)$$

Введем в рассмотрение массовые содержания фаз (воздуха и жидкости) в единице объема выработки ( $кг/м^3$ )

$$m_1 = \varepsilon_1 \rho_1; \quad m_2 = \varepsilon_2 \rho_2$$

Выражая соответствующие параметры через массовые содержания фаз, вместо уравнений (4) получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial m_1}{\partial \tau} + \frac{\partial m_1 v_1}{\partial x} &= 0; \\ \frac{\partial m_2}{\partial \tau} + \frac{\partial m_2 v_2}{\partial x} &= -\frac{k_{cm}\Pi}{S} m_2 v_2 \end{aligned} \quad (5)$$

Из второго уравнения (5) следует, что масса капель жидкости в потоке будет уменьшаться и теряться на стенках выработки пропорционально массовому расходу жидкости.

Уравнение движения вентиляционного потока в целом (смеси воздуха с каплями жидкости) в поле силы тяжести представим в виде [5, 6]:

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial \tau} + v \frac{\partial v}{\partial x} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} - \rho g \sin \alpha - F_1 \quad (6)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $м/с^2$ ;



$\alpha$  – угол наклона выработки к горизонту, рад;

$F_1$  – силы трения потока о стенки выработки, Па/м.

Формула для определения сил трения, возникающих в непрерывной фазе при ее соприкосновении со стенками выработки, с учетом знака имеет вид [5]

$$F_1 = \frac{\lambda l}{8S} \varepsilon_1 \rho_1 v_1 |v_1| \quad (7)$$

Здесь  $\lambda$  – коэффициент сопротивления трения.

Вместо уравнения (5) получим систему уравнений движения для двух фаз с учетом их механического взаимодействия [2] и потерь на трение:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 \rho_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) &= - \frac{\partial \varepsilon_1 P}{\partial x} - F_1 - F_2; \\ \varepsilon_2 \rho_2 \left( \frac{\partial v_2}{\partial \tau} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) &= - \frac{\partial \varepsilon_2 P}{\partial x} - \varepsilon_2 \rho_2 g \sin \alpha + F_2 \end{aligned} \quad (8)$$

где  $F_2$  – сила аэродинамического взаимодействия между фазами, Па/м<sup>3</sup>.

Определим силу аэродинамического взаимодействия между фазами. В механике твердого тела сила, действующая со стороны потока на тело, равна [5]

$$F = C_x \frac{\pi d_k^2}{4V} \rho v^2,$$

где  $V$  – некоторый объем выработки, м<sup>3</sup>; Па\*м<sup>2</sup>;

$C_x$  – коэффициент сопротивления движению тела;

$d_k$  – диаметр тела (капли) шаровидной формы, м.

Используем эту формулу при относительном движении всех капель жидкости, находящихся в единице объема выработки, и с учетом знака получим

$$F_2 = C_x \frac{S_{II}}{V} \rho_1 |v_1 - v_2| (v_1 - v_2), \quad (9)$$

где  $S_{II}$  – площадь поверхности всех капель в некотором объеме канала, м<sup>2</sup>.

Так как объемное содержание жидкой фазы можно представить в виде

$$\varepsilon_2 = \frac{n \pi d_k^3 / 6}{V},$$

то отношение площади миделевого сечения капель жидкости к некоторому объему выработки будет равно

$$\frac{S_{II}}{V} = \frac{n \pi d_k^2 / 4}{V} = \frac{n \pi d_k^3 / 6}{V} \frac{n \pi d_k^2 / 4}{n \pi d_k^3 / 6} = 3 \varepsilon_2 / 2 d_k,$$

где  $n$  – число капель жидкости в единице объема.

В результате получим

$$F_2 = \frac{3 C_x}{4 d_k} \varepsilon_2 \rho_1 |v_1 - v_2| (v_1 - v_2) \quad (10)$$

Формула (10) находится в полном соответствии с формулой, приведенной в работе [2] – с учетом знака направления действия силы сопротивления. Из формулы (10) следует, что наибольшее влияние на вентиляционный поток будут оказывать капли малого диаметра при встречном их движении, что объясняется увеличением их количества, т.е. общей площади при том же объемном содержании капель в потоке.

Подставляя формулы (7) и (10) в уравнения (8), будем иметь

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 \rho_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial \varepsilon_1 P}{\partial x} - \frac{\lambda \Pi}{8S} \varepsilon_1 \rho_1 v_1 |v_1| - \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|; \\ \varepsilon_2 \rho_2 \left( \frac{\partial v_2}{\partial \tau} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial \varepsilon_2 P}{\partial x} - \varepsilon_2 \rho_2 g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \varepsilon_2 \rho_1 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2| \end{aligned} \quad (11)$$

Полученная система уравнений несколько упрощается, если ввести в рассмотрение, как и ранее, массовые содержания фаз, в результате чего получим

$$\begin{aligned} m_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial \varepsilon_1 P}{\partial x} - \frac{\lambda \Pi}{8S} m_1 v_1 |v_1| - \frac{3C_x}{4d_k} \frac{1}{\varepsilon_1 \rho_2} m_1 m_2 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|; \\ m_2 \left( \frac{\partial v_2}{\partial \tau} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) &= -\frac{\partial \varepsilon_2 P}{\partial x} - m_2 g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \frac{1}{\varepsilon_1 \rho_2} m_1 m_2 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2| \end{aligned} \quad (12)$$

При переходных аэродинамических процессах воздух становится сжимаемым и ведет себя как идеальный газ, уравнение состояния которого представим в виде [5]

$$P = \rho_1 R T_0, \quad (13)$$

где  $P$  – давление в произвольной точке выработки, Па;

$R$  – универсальная газовая постоянная, Па·м<sup>3</sup>/(кг·К);

$T_0$  – средняя температура в местах установки в выработке водяных завес, К.

Подставляя в уравнения (12) формулу (13), будем иметь

$$\begin{aligned} m_1 \left( \frac{\partial v_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) &= -R T_0 \frac{\partial m_1}{\partial x} - \frac{\lambda \Pi}{8S} m_1 v_1 |v_1| - \frac{3C_x}{4d_k} \frac{1}{\varepsilon_1 \rho_2} m_1 m_2 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2|; \\ m_2 \left( \frac{\partial v_2}{\partial \tau} + v_2 \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) &= -\frac{R T_0}{\varepsilon_1 \rho_2} \frac{\partial m_1 m_2}{\partial x} - m_2 g \sin \alpha + \frac{3C_x}{4d_k} \frac{1}{\varepsilon_1 \rho_2} m_1 m_2 (v_1 - v_2) |v_1 - v_2| \end{aligned} \quad (14)$$

Полученная система уравнений (5) и (14) является замкнутой, так как содержит четыре функции: массовые содержания фаз ( $m_1$  и  $m_2$ ) и их скорости ( $v_1$  и  $v_2$ ). Остальные параметры можно принять в некотором приближении за константы. Так, поскольку объемное содержание воды в потоке воздуха ничтожно мало, положим  $\varepsilon_1 \approx 1$  в уравнениях (14).

К системе уравнений (5) и (14) необходимо добавить начальные и граничные условия:

$$1) \quad m_1(x, 0) = m_{10}; \quad m_2(x, 0) = 0; \quad v_1(x, 0) = v_{10}; \quad v_2(x, 0) = 0;$$

$$2) \quad m_1(0, \tau) = m_n; \quad m_2(0, \tau) = m_B; \quad v_1(0, \tau) = v_0; \quad v_2(0, \tau) = v_B, \quad (15)$$

где параметры с индексами «10» означают начальное распределение массового содержания воздуха в выработке и его скорости, а параметры с индексами «н» и «В» означают заданные в начале водяной завесы массовые содержания и скорости воздуха и воды. При этом принимается, что до включения водяных завес в вентиляционном потоке отсутствовала влага в виде капель.

Решение системы уравнений неразрывности (5) и движения (14) дискретной системы с начальными и граничными условиями (15) производится численным методом поэтапно для каждой водяной завесы с выбором начала координат в месте установки завесы. Задание массового содержания воздуха на границе корректируется таким образом, чтобы оно соответствовало приложенной к выработке депрессии:

$$m_n = \rho_0 + h / R T_0, \quad (16)$$

а скорость воздуха на входе в выработку соответствовала условию  $m_1(L, \tau) = \rho_0$ ,

где  $\rho_0$  – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$h$  – депрессия, приложенная к выработке, Па.

Решение поставленной задачи еще более усложняется, если происходит испарение влаги в зоне высоких температур. Этот фактор можно учесть введением к расходу воздуха дополнительного расхода пара, соответствующего заданной температуре.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Таким образом, разработанная математическая модель аэродинамического взаимодействия капельной жидкости с вентиляционным потоком и ее реализация на ЭВМ позволяют прогнозировать последствия, вызванные внезапным включением установок водяного пожаротушения, и заранее разработать мероприятия по устойчивому проветриванию выработок, оборудованных ленточными конвейерами.

#### **Библиографический список**

1. Ющенко Ю.Н., Лапин Л.И. Автоматические установки пожаротушения и локализации для горных выработок шахт. // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. / НИИГД. – Донецк, 2002. – С. 312–317.
2. Дейч М.Е., Филиппов Г.А. Газодинамика двухфазных сред. – М.: Энергия, 1968. – 424 с.
3. Влияние дисперсности жидкой фазы на характеристики двухфазных потоков. / Г.А. Филиппов, Л.И. Селезнев, Л.А. Беляев, А.И. Никольский. // Теплоэнергетика, 1979, №11. – С. 55.
4. Кутателадзе С.С., Стрыкович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.
5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1969. – 824 с.
6. Лыков А. В. Тепломассообмен (Справочник). – М.: Энергия, 1971. – 560 с.

© Ю.Ф. Булгаков, Я.В. Мельникова, 2015

E-mail: byf@mine.donntu.org

Рецензент д.т.н., проф. П.С. Пашковский

## **THEORETICAL ASPECTS OF INTERACTION SPRAYED WATER TO THE VENT JETS IN FIRES IN MINES**

**Bulgakov Y.**, Dr. Sci. (Tech.), prof.,

vice-rector of scientific and pedagogical work of the Donetsk National Technical University,  
director of the Institute of Mining and Geology,

**Melnikova Y.**, Ph. D., associate professor of the Department of labor protection and aerology  
SHEI «Donetsk National Technical University»

*The mathematical model of aerodynamic interaction of drop liquid with ventilation flow with automatic switching on of water fire-extinguishing formulation along with a certain pitch from each other, depending on fire load is carried our mines. Implementation of the developed model on a computer allows to predict veroyatnosti overturning of the air flow due to the sudden inclusion of water fire-extinguishing, and to develop measures for the sustainable ventilation of mine workings equipped with belt conveyors. Nice be developed on this mathematical model base software system for emergency ventilation.*

**Keywords:** water mist, fire, excavation, aerodynamic resistance formulation, stability, ventilation, water extinguishing systems.

УДК 622.822.22

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

**Пичахчи А.Г.**, ст. преподаватель кафедры управления  
и организации деятельности в сфере гражданской защиты,  
Институт гражданской защиты Донбасса  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

**Сложеницын А.**, студент гр. ИУС-15м,  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*В статье предложена логически обусловленная методика, позволяющая прогнозировать последствия чрезвычайной ситуации, связанной со взрывопожарной опасностью. Первый этап расчетов позволяет спрогнозировать последствия взрывов газовоздушных смесей на объектах повышенной опасности как барическое воздействие на людей и объекты. Второй этап методики позволяет рассчитать последствия термического воздействия на людей и материалы. Третий этап методики связан с определением размеров зоны токсического задымления при пожаре. В результате расчетов по приведенной методике определяется полный спектр показателей, связанных с последствиями взрывов газовоздушных смесей на объектах повышенной опасности.*

**Ключевые слова:** взрывопожарная опасность, параметры пожара, радиус зоны действия, продолжительность пожара, температура внутреннего и открытого пожара, безопасный радиус, взрывное горение, зона теплового воздействия, зона задымления, фронт сплошного пожара, избыточное давление.

### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Количество аварий во всех сферах производственной деятельности растет в связи с широким использованием новых технологий и материалов, массовым применением опасных веществ в промышленности и сельском хозяйстве. Расширение и интенсификация производства приводит к накоплению и вовлечению в технологические процессы все большего количества пожаровзрывоопасных энергоносителей различного типа, к внедрению новых технологий и материалов, потенциальная взрывоопасность которых не достаточно изучена и зачастую трудно прогнозируема [1]. Все чаще аварии принимают катастрофический характер, приводя к уничтожению объектов и тяжелыми экологическими последствиями. Статистические мировые данные говорят о том, что ежегодно около 65 % чрезвычайных ситуаций носят техногенный характер. Как правило, следствием крупных аварий и катастроф являются пожары и взрывы, в результате которых разрушаются здания, повреждается техника и оборудование. В ряде случаев они вызывают загазованность атмосферы, разлив нефтепродуктов, а также агрессивных жидкостей и опасных химических веществ.

Целью данного исследования является разработка и расчетное апробирование методики, позволяющей прогнозировать последствия чрезвычайной ситуации, связанной со взрывопожарной опасностью.

**Изложение основного материала исследования.** Пожары характеризуются следующими параметрами:

- продолжительность пожара – время с момента его возникновения до полного прекращения горения;
- температура внутреннего пожара – среднеобъемная температура газовой среды в помещении;
- температура открытого пожара – температура пламени;
- площадь пожара – площадь проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость;
- зона горения – часть пространства, в котором происходит подготовка горючих веществ к горению и их горение;
- зона теплового воздействия – часть пространства, примыкающего к зоне горения, в котором тепловое воздействие приводит к заметному изменению состояния материалов и конструкций и делает невозможным пребывание в нем людей без специальной тепловой защиты;
- зона задымления – часть пространства, примыкающего к зоне горения и заполнения дымовыми газами в концентрациях, создающих угрозу жизни и здоровью людей или затрудняющих действия пожарных подразделений;
- фронт сплошного пожара – граница сплошного пожара, по которой огонь распространяется с наибольшей скоростью;
- скорость распространения сплошного пожара – скорость его перемещения;
- распространение пожара – процесс распространения зоны горения по поверхности материалов за счет теплопроводности, тепловой радиации и конвекции. Основную роль в распространении пожара играет тепловая радиация пламени. Тепло в окружающую среду передается за счет теплопроводности, конвекции и излучения.

Последствия пожаров обусловлены воздействием поражающих факторов, основными из которых являются непосредственное действие огня на горящий предмет (горение) и дистанционное воздействие на

предметы и объекты высоких температур за счет излучения. В результате такого воздействия происходит сгорание предметов и объектов, их обугливание, разрушение либо выход из строя; уничтожаются все элементы зданий и конструкций, выполненных из сгораемых материалов. Действие высоких температур вызывает пережог, деформацию и обрушение металлических ферм, балок перекрытий, других конструктивных деталей сооружений. Кирпичные стены и столбы деформируются. В кладке из силикатного кирпича при длительном нагреве до 500- 600 °С наблюдается расслоение кирпича трещинами и разрушение материала. При пожарах полностью или частично уничтожается технологическое оборудование и транспортные средства; гибнут домашние и сельскохозяйственные животные; погибают или получают ожоги различной тяжести люди.

Вторичными последствиями пожаров могут быть:

- взрывы;
- утечка ядовитых или загрязняющих веществ в окружающую среду;
- большой ущерб не затронутым пожаром помещениям может принести вода, примененная для тушения пожара.

К тяжелым социальным и экономическим последствиям пожара относится прекращение объектом народного хозяйства выполнения своих хозяйственных и иных функций.

Последствия производственных аварий, вызванных пожарами, по своему характеру аналогичны последствиям светового излучения в очагах ядерного поражения, а по выделяемой массовыми пожарами энергии могут превосходить эффект мегатонных ядерных взрывов.

Анализ имеющихся на данный момент методологических материалов по прогнозированию последствий взрывопожарной опасности позволил разработать логически взаимосвязанную методику для конкретной чрезвычайной ситуации и вполне определенного объекта за счет ввода реальных условно-расчетных данных.

Первый этап расчетов позволяет спрогнозировать последствия взрывов газозвушных смесей на объектах повышенной опасности (барическое воздействие на людей и объекты).

Он включает в себя ряд расчетов с использованием формул, приведенных ниже.

1. Определение радиуса зоны детонационной волны  $r_I$ , м

$$r_I = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{m \cdot k}{M_k \cdot C}}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса взрывоопасного вещества, кг;

$k$  – коэффициент, учитывающий долю активного газа ( $k = 1$  для резервуаров с газообразным веществом);

$M_k$  – молярная масса газа, кг/кмоль;

$C$  – стехиометрическая концентрация газа в смеси, %.

Характеристики газозвушных смесей, необходимые для расчетов (молярная масса вещества, стехиометрическая концентрация газа в смеси, энергия взрыва газа), приведены в табл. 1.

2. Определение радиуса зоны действия продуктов взрыва  $r_{II}$ , м

$$r_{II} = 1,7 \cdot r_I. \quad (2)$$

3. Определение избыточного давления в зоне рассматриваемого объекта на заданном расстоянии от центра взрыва  $\Delta P_\phi$ , кПа.

Для этого предварительно необходимо определить относительную величину  $\psi$

$$\psi = 0,24 \cdot \frac{L}{r_I}, \quad (3)$$

где  $L$  – расстояние заданного объекта от центра взрыва, м.

Избыточное давление в зоне рассматриваемого объекта на заданном расстоянии от центра взрыва  $\Delta P_\phi$ , равно

$$\Delta P_{\phi} \begin{cases} = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8\psi^3} - 1)}, \text{при } \psi \leq 2 \\ = \frac{22}{\psi \cdot (\sqrt{1g\psi + 0,158})}, \text{при } \psi > 2. \end{cases} \quad (4)$$

4. Определение радиуса безопасной зоны для человека, который находится во время взрыва на открытой местности  $R_{без}$  (избыточное давление меньше 10 кПа), м

$$R_{без} = 12,08 \cdot r_I. \quad (5)$$

5. Определение радиуса зоны летальной (смертельной) опасности для человека, который находится во время взрыва на открытой местности  $R_{лет}$  (избыточное давление больше 100 кПа), м

$$R_{лет} = 2,91 \cdot r_I. \quad (6)$$

6. Определение прогнозируемого результата барического воздействия на человека, который находится во время взрыва на открытой местности, и заданные объекты (с учетом  $\Delta P_{\phi}$ ) производится при помощи данных таблиц 2-3, приведенных ниже.

7. Определение прогнозируемых барических потерь людей, которые находятся во время взрыва на открытой местности:

- безвозвратные потери, чел

$$N_{безв.откр} = P_n \cdot m_{тнт}^{2/3}, \quad (7)$$

где  $P_n$  – плотность населения на открытой местности в очаге взрыва, тыс.чел/км<sup>2</sup>;

$$m_{тнт} = \eta \cdot \frac{Q_{газ}}{Q_{тнт}} \cdot m, \quad (8)$$

где  $\eta$  – коэффициент, который зависит от способа хранения вещества (для газа  $\eta = 1$ );

$Q_{газ}$  – энергия взрыва газа, кДж/кг;

$Q_{тнт}$  – энергия взрыва тротила ( $Q_{тнт} = 4520$  кДж/кг);

- санитарные потери, чел

$$N_{сан.откр} = 4 \cdot N_{безв.откр}; \quad (9)$$

- общие потери, чел

$$N_{общ.откр} = N_{безв.откр} + N_{сан.откр}. \quad (10)$$

8. Определение прогнозируемых барических потерь людей, находящихся во время взрыва в зданиях (жилой и производственный сектор):

- безвозвратные потери, чел

$$N_{безв.зд} = N_{ж.зд} \cdot k_{безв.ж} + N_{пр.зд} \cdot k_{безв.пр}, \quad (11)$$

где  $N_{ж.зд}$  – количество людей в жилом здании, чел;

$k_{безв.ж}$  – коэффициент, позволяющий определить безвозвратные потери людей в разрушенном жилом здании;

$N_{пр.зд}$  – количество людей в производственном здании, чел;



$k_{безв.пр}$  – коэффициент, который позволяет определить безвозвратные потери людей в разрушенном производственном здании;

- санитарные потери, чел

$$N_{сан.зд} = N_{ж.зд} \cdot k_{сан.ж} + N_{пр.зд} \cdot k_{сан.пр}, \quad (12)$$

где  $k_{сан.ж}$ ,  $k_{сан.пр}$  – коэффициенты, позволяющие определить санитарные потери людей в разрушенном жилом и производственном здании;

- общие потери, чел

$$N_{общ.зд} = N_{безв.зд} + N_{сан.зд} \quad (13)$$

9. Определение прогнозируемых суммарных барических потерь людей:

- безвозвратные потери, чел

$$N_{\Sigma безв} = N_{безв.откр} + N_{безв.зд}; \quad (14)$$

- санитарные потери, чел

$$N_{\Sigma сан} = N_{сан.откр} + N_{сан.зд}; \quad (15)$$

- общие потери, чел

$$N_{\Sigma общ} = N_{общ.откр} + N_{общ.зд} \quad (16)$$

Второй этап методики позволяет спрогнозировать последствия взрывов газозвудушных смесей на объектах повышенной опасности (термическое воздействие на людей и материалы). Он включает следующие подэтапы.

1. Определение радиуса зоны взрывного горения («огненного шара»)  $R_{ои}$ , м

$$R_{ои} = 2,25 \cdot \sqrt[3]{m}. \quad (17)$$

2. Определение времени свечения «огненного шара»  $t_{ои}$ , с

$$t_{ои} = 0,92 \cdot m^{0,303}. \quad (18)$$

3. Определение интенсивности теплового излучения «огненного шара»  $J_{ои}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·с)

$$J_{ои} = \frac{133 \cdot \sqrt[3]{m^2}}{R_{ои}^2} \quad (19)$$

4. Определение теплового импульса «огненного шара»  $U_{ои}$ , кДж/м<sup>2</sup>

$$U_{ои} = J_{ои} \cdot t_{ои}, \quad (20)$$

где  $t_{ои}$  – время свечения «огненного шара», с.

5. Определение безопасного радиуса действия теплового излучения «огненного шара»  $R_{без.ои}$ , м

$$R_{без.ои} = \sqrt{\frac{133 \cdot \sqrt[3]{m^2}}{J^*}}. \quad (21)$$

где  $J^*$  – безопасная интенсивность теплового излучения (для человека  $J^* = 1,5$ ),  $\text{кДж}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

6. Определение радиуса зоны теплового поражения «огненного шара»  $R_{\text{пораж.ош}}$ , м

$$R_{\text{пораж.ош}} \approx 3,6 \cdot R_{\text{ош}}. \quad (22)$$

7. Определение прогнозируемого результата термического воздействия на людей, которые находятся во время взрыва на открытой местности, и материалы (с учетом  $U_{\text{ош}}$ ) производится на основе данных, приведенных в табл. 5-6.

8. Определение эффективного диаметра «огненного шара»  $d_{\text{ош}}$ , м

$$d_{\text{ош}} = 5,33 \cdot m^{0,327}. \quad (23)$$

9. Определение углового коэффициента излучения  $F$

$$F = \frac{\frac{h}{d_{\text{ош}}} + 0,5}{4 \cdot \left[ \left( \frac{h}{d_{\text{ош}}} + 0,5 \right)^2 + \left( \frac{L}{d_{\text{ош}}} \right)^2 \right]^{1,5}}, \quad (24)$$

где  $h$  – высота центра «огненного шара» над поверхностью земли, м;

$L$  – удаление людей от точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

10. Определение коэффициента прозрачности атмосферы  $\tau$

$$\tau = \exp \left[ -7 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \sqrt{L^2 + h^2} - \frac{d_{\text{ош}}}{2} \right) \right]. \quad (25)$$

11. Определение плотности теплового потока  $q$ ,  $\text{кВт}/\text{м}^2$

$$q = E \cdot F \cdot \tau, \quad (26)$$

где  $E$  – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени (при оперативном прогнозировании допускается принимать  $E = 450 \text{ кВт}/\text{м}^2$ ).

12. Определение величины пробит-функции при прогнозировании термических потерь:

- болевой порог

$$Pr_{\text{б.п}} = -8,74 + 2,99 \ln (q^{4/3} \cdot t_{\text{ош}}); \quad (27)$$

- ожог I степени

$$Pr_I = -9,16 + 2,99 \ln (q^{4/3} \cdot t_{\text{ош}}); \quad (28)$$

- ожог II степени

$$Pr_{II} = -11,4 + 2,99 \ln (q^{4/3} \cdot t_{\text{ош}}); \quad (29)$$

- ожог III степени

$$Pr_{III} = -12,6 + 2,99 \ln (q^{4/3} \cdot t_{\text{ош}}); \quad (30)$$

- летальный исход

$$Pr_{лет} = -14,9 + 2,56 \ln(q^{4/3} \cdot t_{ош}). \quad (31)$$

13. Определение процента прогнозируемых термических потерь  $П_{m,n}$ , %. Данный параметр рассчитывается в зависимости от величины пробит-функции (табл. 7).

14. Определение прогнозируемых термических потерь  $N_{m,n}$ , чел.

$$N_{m,n} = \frac{N_L \cdot П_{m,n}}{100}, \quad (32)$$

где  $N_L$  – количество людей, находящихся на расстоянии от точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», чел;

$П_{m,n}$  – процент прогнозируемых термических потерь, %.

Третий этап методики связан с определением размеров зоны токсического задымления при пожаре.

Значения токсодоз и коэффициентов, учитывающих долю массы токсических продуктов в первичном и вторичном облаке, некоторых опасных химических веществ приведены в табл. 8.

Этот этап расчетов подразумевает выполнение следующих шагов.

1. Определение расстояния от фасада и торца горящей постройки безопасное для человека  $R_{без}$ , м

$$R_{без} = 0,282 \cdot R^* \cdot \sqrt{\frac{q_{соб}}{q_{кр}}}, \quad (33)$$

где  $R^*$  – характерный размер очага пожара, м;

$q_{соб}$  – плотность потока собственного излучения пламени пожара (для горящей древесины  $q_{соб} = 260 \text{ кВт/м}^2$ );

$q_{кр}$  – плотность потока критическая для рассматриваемого объекта при данной степени термического воздействия (для человека безопасным является  $q_{кр} = 1,5 \text{ кВт/м}^2$ )

$$R^* = \sqrt{L \cdot h}, \quad (34)$$

где  $L$  – длина фасада или торца, м;

$h$  – высота постройки, м.

2. Определение глубины зоны токсического задымления  $\Gamma$ , м

$$\Gamma = \frac{34,2}{k_1} \cdot \left[ \frac{m \cdot (a+b)}{k_2 \cdot w \cdot D} \right]^{\frac{2}{3}}, \quad (35)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, учитывающие долю массы токсических продуктов в первичном и вторичном облаке соответственно;

$k_1$  – коэффициент неровности поверхности (для открытой местности  $k_1=1$ , для закрытой местности  $k_1=3,3$ );

$k_2$  – коэффициент степени вертикальной устойчивости воздуха (при инверсии  $k_2=1$ ; при изотермии  $k_2=1,5$ ; при конвекции  $k_2=2$ );

$w$  – скорость ветра, м/с;

$D$  – токсодоза, мг · мин/л.

3. Определение ширины зоны задымления  $Ш$ , м

$$Ш = B + 2 \cdot \Delta B, \quad (36)$$

где  $B$  – ширина зоны горения (равна длине фасада здания  $L_{\text{фас}}$ ), м;  
 $\Delta B$  – боковое рассеивание (в зависимости от скорости ветра  $w$ ), м.

при  $w \geq 1$

$$\Delta B = 0,1 \cdot G, \quad (37)$$

при  $w < 1$

$$\Delta B = 0,4 \cdot G. \quad (38)$$

Расчеты по приведенной методике прогнозирования негативных последствий, связанных с взрывами газоздушных смесей на объектах повышенной опасности и определением размеров зоны токсического задымления при пожаре, должны основываться на реальных условиях, т.е. учитывать исходные данные ситуации (местность, тип зданий, количество людей и т.п.). Все вспомогательные характеристики, значения и другие необходимые для расчетов данные приведены ниже (табл. 1-8).

Таблица 1

Характеристики газоздушных смесей

Взрывоопасное вещество	Молярная масса $M_k$ , кг/кмоль	Стехиометрическая концентрация газа в смеси $C$ , %	Энергия взрыва газа $Q_{\text{газ}}$ , кДж/кг
Аммиак	15	19,72	16660
Ацетилен	26	7,75	48300
Бутан	58	3,13	45800
Водород	2	29,59	120000
Метан	16	9,45	50000
Пропан	44	4,03	46000
Этилен	28	6,54	47200

Таблица 2

Степени поражения людей, находящихся на открытой местности, в зависимости от  $\Delta P_{\phi}$ , кПа

Степень и характер поражения человека	$\Delta P_{\phi}$ , кПа
Для человека безопасно	< 10
Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия)	10-40
Среднее поражение (контузия головного мозга, повреждение органов слуха, разрыв барабанных перепонки, кровотечение из носа и ушей)	40-60
Сильное поражение (сильная контузия всего организма, потеря сознания, переломы конечностей, повреждения внутренних органов)	60-100
Порог смертельного поражения (крайне тяжелые травмы)	100
Летальный исход (50 % случаев)	250-300
Безусловное смертельное поражение	> 300

Таблица 3

Степени разрушения объектов в зависимости от избыточного давления ударной волны  $\Delta P_{\phi}$ ,  $\kappa\text{Па}$

Объект	Разрушение			
	Слабое	Среднее	Сильное	Полное
<i>Жилое здание</i>				
Кирпичное многоэтажное	8-10	10-20	20-30	30-40
Кирпичное малоэтажное	8-15	15-25	25-35	35-45
Деревянное	6-8	8-12	12-20	20-30
<i>Производственное здание</i>				
С тяжелым металлическим или железобетонным (ЖБ) каркасом	20-40	40-50	50-60	60-100
С легким металлическим каркасом или бескаркасные	20-30	30-50	40-50	60-80
Теплоэлектростанция (ТЭС)	10-15	15-20	20-25	25-45
Котельная	10-15	15-25	25-35	35-45
Трубопровод наземный	–	20	50	130
Трубопровод на эстакадах	–	20-30	30-40	40-50
Трансформаторная подстанция	10-20	20-40	40-60	100
Линия электропередач (ЛЭП)	20-40	50-70	80-120	120-200
Водонапорная башня	10-20	20-40	40-60	70
<i>Резервуар</i>				
Стальной наземный	35	55	80	90
Газгольдер и емкость горюче-смазочных (ГСМ) и химических веществ	20	25	35	40
Частично заглубленный для нефтепродуктов	20	40	75	100
Подземный	40	75	150	200
<i>Транспорт</i>				
Железнодорожные пути	125	175	250	400
Тепловоз с массой до 50 т	40	50	70	90
Цистерна	30	50	70	80
Вагон цельнометаллический	30	60	90	150
Вагон товарный деревянный	15	30	35	40
Автомашина грузовая	10	35	50	70
Легковой автомобиль	10-20	20-30	30-50	50

Таблица 4

Коэффициенты, которые позволяют определить потери людей в разрушенных зданиях

Разрушение здания	$k_{безв}$ для безвозвратных потерь	$k_{сан}$ для санитарных потерь
Слабое	0,03	0,05
Среднее	0,09	0,03
Сильное	0,25	0,55
Полное	0,3	0,7

Таблица 5

Характеристика ожогов открытых участков тела человека  
в зависимости от теплового импульса  $U_{ош}$ , кДж/м<sup>2</sup>

Степень ожога	Тепловой импульс $U_{ош}$ , кДж/м <sup>2</sup>	Характер поражения	Последствия ожогов
Первая	100...200	Покраснение и припухлость кожи, сопровождающиеся некоторой болезненностью	Человек не теряет работоспособность и не нуждается в специальном лечении. Ожоги заживают быстро
Вторая	200...400	Образование на коже пузырей, наполненных жидкостью	Человек теряет работоспособность и нуждается в лечении
Третья	400...600	Полное разрушение кожного покрова по всей его толщине, образование язв	Человек нуждается в длительном лечении. Если не применять пересадку кожи, на месте поражения образуются шрамы
Четвертая	> 600	Омертвление подкожной клетчатки, мышц и костей, обугливание	Человек нуждается в длительном лечении. Возможен летальный исход

Таблица 6

Граничные значения теплового импульса  $U_{ош}$ ,  
которые приводят к воспламенению или устойчивому горению различных материалов

Наименование материалов, находящихся на расстоянии $R_{ош}$ , м	Тепловой импульс $U_{ош}$ , кДж/м <sup>2</sup>	
	Воспламенение, обугливание	Стойкое горение
Бумага газетная	–	более 170
Бумага белая	420-750	более 750
Сухое сено, солома, стружка (опилки)	500-840	более 840
Хвоя, опавшая листва	590-1100	более 1100
Хлопчатобумажная (х/б) ткань:		
- темная	420-670	более 670
- цвета хаки	590-1000	более 1000
- светлая	750-1500	более 1500
Автомобильная резина	420-840	более 840
Укрывочный брезент	500-840	более 840
Брезент белого цвета	1700	2500
Дерматин	340-690	более 690
Доски сосновые (сухие, неокрашенные)	670-2100	более 2100
Доски, окрашенные в белый цвет	1900-6300	более 6300
Доски, окрашенные в темный цвет	420-1200	более 1200
Кровля мягкая (толь, рубероид)	840-1700	более 1700
Черепица красная	1700	–



Таблица 7

Процент прогнозируемых термических потерь в зависимости от величины пробит-функции

<i>P</i> , %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Таблица 8

Значения токсодоз и коэффициентов, учитывающих долю массы токсических продуктов в первичном и вторичном облаке, некоторых опасных химических веществ

Опасные химические вещества	Токсодоза <i>D</i> , <i>мг · мин/л</i>		Коэффициенты	
	летальная <i>D<sub>лет</sub></i>	пороговая <i>D<sub>пор</sub></i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Аммиак	60	18	0,2	0,15
Угарный газ	60	25	1	0
Оксид азота	3	1,5	0	0,03
Диоксид серы (серный ангидрид)	70	1,8	0,2	0,15
Фосген	6	0,2	0,07	0,15
Хлор	6	0,6	0,2	0,15

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Таким образом, разработан алгоритм, который позволяет прогнозировать последствия взрывов газоздушных смесей на объектах повышенной опасности (барическое и термическое воздействие на людей и объекты, размеры зон токсического задымления при пожаре и т.д.).

Данная методика расчетов использована на практических занятиях со студентами Донецкого национального технического университета по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» [2 – 3]. Для проведения расчетов студентам предлагались персональные, приближенные к реальным, исходные данные.

Методика может быть рекомендована для использования в высших и профессиональных технических заведениях при проведении практических занятий по нормативным дисциплинам «Гражданская защита» и «Безопасность жизнедеятельности».

Дальнейшие исследования по приведенной тематике связаны с применением реальных исходных данных для практической апробации методики.

**Библиографический список**

1. Акинин Н.И. Методические основы прогнозирования и предотвращения взрывов легковоспламеняющихся и взрывчатых материалов на опасных производственных объектах металлургических и коксохимических предприятий: автореф. дис. по безопасности жизнедеятельности: спец. 05.26.03. – М., 2005. – 21 с.
2. Навчальний посібник «Безпека життєдіяльності» (для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»). / Укл. Старостенко М.Б., Зубков В.О., Артьомова А.Ю. та ін. – Донецьк: ДонНТУ, 2014. – 151 с.
3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Безпека життєдіяльності» (для студентів заочної форми навчання / Укл. Старостенко М.Б., Зубков В.О., Пічахчі А.Г. та ін. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – 85 с.

© А.Г. Пічахчи, А. Сложеницын, 2015  
E-mail: bgdicz\_pichahchy@mail.ru  
Рецензент д.т.н., с.н.с. В.В. Мамаев

**THE METHOD OF PREDICTING THE DANGER OF EXPLOSION**

**Pichahchi A.**, senior lecturer of the Department of Management  
and Organizing Activities in the Field of Civil Protection,  
Institute of Civil Protection of Donbass,  
SHEI «Donetsk National Technical University»

Slozhenitsyn A., student,  
SHEI «Donetsk National Technical University»

*In the article is devoted to the methodology used to predict the effects emergency associated with a risk of explosion. The first stage of calculations allows to predict the consequences of explosions of gas-air mixtures at high pressure as a hazard impacts on people and objects. The second stage of the method allows to calculate the impacts of thermal effects on people and materials. The third stage of the method involves determining the size of the zone of toxic smoke in a fire. The result of the calculation is determined by the full range of indicators related to the consequences of gas-air mixtures explosions at high risk.*

**Keywords:** explosion hazard, fire parameters, the radius of coverage, the duration of fire, temperature and internal open fire, safe range, the explosive combustion, the zone of thermal influence, zone of smoke, a solid front of fire, excessive pressure.

## ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 159.9.072.4

### МЕТОДИКА ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ У СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ДОНБАССА ДОННТУ И СЛУШАТЕЛЕЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ЦЕНТРА МЧС ДНР

**Стефаненко П.В.**, д.пед.н., проф.,

проректор по научно-педагогической работе ДонНТУ, директор ИГЗД  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*В статье рассмотрены вопросы подготовки пожарных и пожарных-спасателей в учебно-методическом центре МЧС с использованием прогрессивной и эффективной методики обучения, основанной на теории планомерного (поэтапного) формирования умственных действий и понятий у студентов ИГЗД и слушателей учебно-методического центра МЧС ДНР. Данная методика может послужить средством оптимизации и интенсификации процесса качественной подготовки специалистов МЧС ДНР, что очень значимо и актуально для Донбасса.*

**Ключевые слова:** методика обучения, условия, методы формирования, спасатели, устойчивость, психика, стихийные бедствия, сотрудники МЧС, чрезвычайные ситуации, аварии, катастрофы, стрессообразующий фактор, психологическая работа.

#### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Коренные качественные изменения, происходящие в техническом оснащении подразделений МЧС, а также в формах и способах борьбы с чрезвычайными ситуациями, предъявляют повышенные требования к подготовке личного состава подразделений МЧС, его морально-политическим качествам, психологической стойкости и физической выносливости.

Сложность средств и оборудования, поступающих в подразделения МЧС в последние годы, их непрерывное качественное обновление и совершенствование все более усложняет задачи подготовки специалистов МЧС. Растут требования к уровню профессиональной обученности студентов Института гражданской защиты Донбасса (ИГЗД) ДонНТУ, пожарных и пожарных-спасателей в учебно-методическом центре МЧС ДНР, в то время как сроки подготовки остаются весьма сжатыми. Возникает необходимость как можно быстрее готовить из вчерашних школьников умелых пожарных и спасателей, в совершенстве владеющих современной техникой, способных ликвидировать последствия стихийных бедствий в любых условиях обстановки.

В этих условиях на первый план выдвигаются вопросы совершенствования методик обучения, использования в процессе обучения специалистов МЧС, последних достижений педагогики и психологии.

Среди методик обучения, неоправданно малоиспользуемых и забытых в последнее время, хотелось бы выделить методики, основанные на теории планомерного (поэтапного) формирования умственных действий и понятий. Эта теория была детально разработана видным советским ученым-психологом П.Я. Гальпериным [1].

В данной статье рассматриваются вопросы подготовки пожарных и пожарных-спасателей в учебно-методическом центре МЧС с использованием этой прогрессивной и эффективной методики обучения.

В настоящее время подразделения МЧС ДНР испытывают острый дефицит в высококвалифицированных специалистах данных профессий. Отсюда следует, что дать им знания и привить практические навыки, которые обеспечили бы сознательное выполнение ими своих функциональных обязанностей, необходимо в самые сжатые сроки. В связи с этим традиционное поэтапное обучение, включающее сообщение знаний обучаемому, их запоминание, практическое закрепление и формирование устойчивых навыков, не обеспечивает решение задачи подготовки специалистов в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Как показывает практика и констатируют психологи, около 30 % знаний, необходимых специалисту МЧС, теряется на пути от их сообщения до непосредственного применения. Для устранения этих недостатков знания обучаемому необходимо давать не для заучивания, а организовать обучение таким образом, чтобы процесс их получения и практическое усвоение происходили одновременно и в сжатые сроки. При этом система обучения должна обеспечивать формирование безошибочных устойчивых знаний и навыков.

Исходя из вышеперечисленных условий учебный процесс необходимо строить с таким расчетом, чтобы

в сравнительно короткое время подготовить обучаемого как высококлассного специалиста.

Известно, что на первоначальное обучение возлагается основная задача овладения специальностью. В процессе же дальнейшей службы происходит только совершенствование знаний, умений и навыков специалистов.

Таким образом, система знаний, умений и навыков выступает основой для повседневной служебной деятельности, так как изученное сегодня может тут же потребоваться для решения практических задач. Следовательно, обучение осуществляется в неразрывном единстве со службой. Это способствует, в свою очередь, не только закреплению знаний, но и требует высокой прочности их усвоения на первоначальном этапе обучения.

Данное обстоятельство серьезно влияет на структуру учебного процесса. Соотношение теоретических и практических знаний необходимо определять в зависимости от того, в какой мере теория нужна для понимания смысла практических действий. Однако такой практический характер обучения не должен подменяться механическим натаскиванием по специальности. Пожарный должен быть готов в любой обстановке гибко применять полученные ранее знания, умения и навыки. Кроме того, обучение должно обеспечить быстроту подготовки специалистов.

Порядок прохождения службы в МЧС требует заблаговременной замены каждому, кто уходит в запас. А ликвидация последствий стихийных бедствий – немедленной и равноценной замены выбывших из строя специалистов. Поэтому перед учебным центром стоит другая, не менее важная, задача – подготовка специалистов по смежным специальностям. Это еще более усложняет процесс обучения, так как и без того напряженная программа подготовки специалистов дополняется вопросами подготовки по смежным специальностям. Решение данной проблемы возможно лишь при высококачественном и быстром достижении конечных результатов по основной специальности на основе внедрения более эффективных методик обучения.

**Изложение основного материала исследования.** Составные элементы профессиональной подготовки специалистов МЧС – это знания, умения и навыки. Они имеют конкретное содержание и строго определенное место в процессе обучения.

Знания – это приобретенные в процессе обучения сведения (теории, правила, факты, положения), необходимые для выполнения функциональных обязанностей в ходе служебной деятельности.

Навыки – это точная, безошибочная деятельность, которая в силу многократного повторения становится доведенной до автоматизма.

Умения – способность целенаправленно творчески использовать приобретенные знания и навыки в практической деятельности.

Теория и практика обучения показывают, что знания сами по себе отнюдь не предполагают получение навыков и умений.

Можно многое знать, но не уметь применять знания на практике. Но, тем не менее, правомерно утверждение, что без конкретно определенных знаний не может быть навыков и умений.

Умение всегда предполагает осознанное, контролируемое умом человека действие. Обучаемый вначале должен понять, осмыслить изучаемый прием, и лишь потом он в состоянии выполнять его практически. Однако чтобы умения стали прочными, их необходимо постоянно и систематически совершенствовать, доводить действия до автоматизма. Только при выполнении данного условия специалист сможет решить любую задачу в самой сложной обстановке.

Большой вред формированию прочных навыков наносят всякого рода упрощения на занятиях и послабления. Учеба в облегченных условиях – забвение суворовского правила: «Тяжело в учении – легко в бою».

Следовательно, чтобы в настоящее время справиться в обучении с указанными выше проблемами, необходимо активно и настойчиво внедрять передовые методики, в частности, методику, основанную на применении принципов теории планомерного и поэтапного формирования умственных действий и понятий. Принципиальный смысл теории планомерного и поэтапного формирования умственных действий и понятий заключается в том, что процесс усвоения знаний, а также формирование соответствующих умений и навыков рассматривается как процесс овладения действием с определенными его показателями (разумность, сознательность). В этом плане самообучение выступает не как заучивание знаний и их последующее применение, а как овладение обучаемыми самой деятельностью. Это приводит к тому, что традиционное, тормозящее весь процесс обучения, «заучивание» усваиваемого материала как таковое исключается, а взамен организуется содержательная, безошибочная деятельность обучаемых. Процесс обучения делится на этапы, на каждом из которых обучаемый овладевает определенной частью нового действия и знаний.

Рассмотрим общую характеристику этапов обучения.

Теория планомерного (поэтапного) формирования умственных действий и понятий выделяет шесть последовательных этапов, причем формирование нового действия на каждом этапе она рассматривает не как стихийный, а как управляемый руководителем занятия процесс. Кроме того, руководитель занятия превращается в самого главного и активного участника этого процесса.

Первый этап – формирование мотивационной основы действия.

Главным содержанием данного этапа является формирование у обучаемого желания и стремления овладеть конкретной специальностью. Любые внешние воздействия, любые воспитательные влияния лишь в том случае действительны и имеют должный эффект, когда они созвучны и соответствуют потребностям обучаемых. С.Л. Рубинштейн выразил эту психологическую закономерность следующим образом: «Для того чтобы учащийся по настоящему включился в работу, нужно, чтобы задачи, которые перед ним ставятся в ходе учебной деятельности были не только понятны, но внутренне приняты, т.е. чтобы они приобрели значимость для всех учащихся и нашли, таким образом, отклик и опорную точку в его переживаниях» [3].

Существует два основных пути формирования у обучаемых нужной мотивации.

Первый путь, который иногда называют путем «снизу вверх», состоит в создании таких условий, которые ведут к формированию у обучаемых нужной мотивации. Этот путь подразумевает шаги «от простого к сложному», т.е. от самостоятельного усвоения легковыполнимых действий, на которых обретается уверенность в своих возможностях и крепнет удовлетворенность от их самостоятельного выполнения, к последующим. Вследствие этого появляется потребность выполнения новых действий. Вот тогда руководитель начинает постепенно увеличивать трудность задач и таким образом ему удается сформировать у обучаемых стойкую положительную мотивацию к решению задач по выполнению тех или иных действий.

Второй путь – это механизм формирования мотивации «сверху вниз». Он связан с методами убеждения, разъяснения, внушения, информирования и примера. Особую роль в действии второго способа мотивации имеет коллектив, социальная среда, в которой живет и действует обучаемый, характер и содержание его общения с товарищами по службе и начальством. Если он видит, что товарищи и начальство относятся к овладению профессии как к особой ценности, направляют, всю свою деятельность на достижение высоких результатов в учебе и службе, то он может перенять этот взгляд на обучение. У него возникает особое отношение к своей подготовке, стремление достичь вершин мастерства, быть в числе лучших.

Формирование мотивации требует от руководителя настойчивости, терпения, подлинной заинтересованности в самой учебно-воспитательной деятельности. Исследования психологов показали, что лишь тот педагог, который проявляет глубокий интерес к содержанию излагаемых знаний и процессу обучения, может добиться формирования у обучаемых стойкой положительной мотивации к обучению.

Исследования показали, что познавательные интересы существенно зависят и от способа раскрытия учебного материала. Так, например, в одном из исследований В.М. Матюхиной сказано, что «успешно можно формировать учебно-познавательную мотивацию, используя отношения между мотивом и целью деятельности. Цель, поставленная руководителем должна стать целью обучаемого. Между мотивами и целями существуют весьма сложные отношения. Наилучший путь – движение от мотива к цели, т.е. когда обучаемый уже имеет мотив, побуждающий его стремиться к заданной руководителем цели [2]. К сожалению, в практике обучения такие ситуации редки. Как правило, движение идет от цели, поставленной руководителем, к мотиву. В этом случае важно, прежде всего, использовать саму цель, как источник мотивации, превратить ее в мотив-цель. Следует четко определять цель. Очень важно при этом, чтобы обучаемые принимали участие в ее постановке, анализе и обсуждении условий ее достижения.

Второй этап – знакомство обучаемого с содержанием осваиваемой специальности (этап формирования и схемы ориентировочной основы действия – ООД). На данном этапе могут быть использованы те же методы, что и на предыдущем: объяснение, беседа, демонстрация. При методе объяснения руководитель сам выделяет существенные связи и отношения, которые подлежат усвоению, показывает, как их использовать при решении возникающих задач, представляет обучаемым модель деятельности, которую намеревается у них сформировать. Второй этап практически очень схож с первым – мотивационным, но здесь проблема усвоения выполняет уже функции раскрытия деятельности специалиста, подлежащей усвоению.

Схема ООД представляет собой систему знаний о будущей специальности обучаемого и составляет основу его действий при подготовке непосредственно на технике.

Обучение на этом этапе предусматривает совместную интенсивную деятельность руководителя и обучаемых. Руководитель должен объяснить, почему те или иные элементы, ориентиры или указания на порядок выполнения отдельных операций и на их контроль вошли в состав схемы ООД. Обучаемым необходимо показать, что ориентировочная основа действий – это система ориентиров, на которую реально опирается человек при выполнении действия. В силу сказанного она может быть полной или сокращенной, правильной или неправильной. В зависимости от полноты и способа овладения обучаемыми ООД П.Я. Гальперин в своей работе [1] выделяет три типа ориентировочной основы, и соответственно три типа учения.

I тип учения заключается в том, что обучаемым дается в готовом виде неполная система указаний и ориентиров, по сравнению с той, которая необходима для правильного выполнения действия. Это приводит к тому, что обучаемый учится выполнять это действие методом «проб и ошибок». И на тех участках действия, для которых у обучаемого нет нужных указаний и ориентиров, он действует вслепую, часто ошибается и лишь в результате многочисленных проб осваивает данные действия.

II тип учения отличается тем, что обучаемому в готовом виде дается полная ООД. Здесь уже нет слепых проб, ошибки в действиях возникают лишь по невнимательности, становятся случайными и несущественными.



Схемы ООД разрабатываются и оформляются руководителем занятия. Однако возникает вопрос, можно ли научить самого обучаемого самостоятельно, составлять ООД для каждого нового задания. Оказалось, что можно. Тем самым был разработан еще один тип учения.

III тип учения отличается тем, что ориентировочная основа имеет полный состав, ориентиры предоставлены в обобщенном виде, характерном для целого класса явлений. В каждом конкретном случае ООД составляется обучаемым самостоятельно с помощью общего метода. Действию, сформированному на ориентировочной основе учения III-го типа, присущи не только быстрота и безошибочность, но и большая устойчивость знаний, умений и навыков, т.к. обучаемый самостоятельно логически подходит к выполнению обучаемого действия. На данном этапе обучения обучаемым необходимо разъяснить, как они должны пользоваться схемой ООД и руководствоваться содержащимися в ней указаниями при выполнении учебных заданий, т.е. дать обучаемому общее представление о выполняемом действии; сконцентрировать внимание на узловых моментах в осваиваемом действии; уяснить систему дисциплинирующих условий, ограничений и требований, предъявляемых к выполняемым операциям на технике и ко всему действию в целом.

Эффективность обучения на данном этапе целиком зависит от того, насколько правильно оформлена схема ООД, правильно ли в ней учтены те условия, в которых должен находиться обучаемый, соответствуют ли они требованиям, которые предъявляются к данной категории специалистов. Ведь весь смысл отработки формируемых действий заключается в том, чтобы обучаемые, выполняя задания, непроизвольно усваивали бы содержание схемы ООД и научились бы безошибочно выполнять действия, соответствующие этому содержанию.

Таким образом, в процессе знакомства со схемой ООД организуется выполнение обучаемыми отдельных простейших операций с тем, чтобы обучаемые как бы «входили» в осваиваемую деятельность и начинали бы в ней ориентироваться с опорой на схему ООД.

Схемы ООД, т.е. отражение в умственном плане системы условий, на которые обучаемые фактически ориентируются при выполнении действия, принято называть «учебно-тренировочными картами» (УТК).

Обучение с использованием УТК сводится, к тому, что в интересах конечной цели обучения, специалисту сообщаются и он запоминает только те действия, которые необходимы ему для успешного, своевременного и качественного выполнения конечных задач. УТК выполняет при этом роль ориентира для обучаемого, для безошибочного освоения незнакомого ему ранее действия с первого раза, хотя и в медленном темпе. Формирование нового действия происходит не стихийно, а как управляемый УТК процесс.

После такого ознакомления со схемой ООД обучаемые уже представляют ее общую структуру и знают, каких действий требуют указания этой схемы, а также как ею необходимо пользоваться при решении поставленных задач, что позволяет перейти к непосредственной отработке формируемого действия на технике.

Третий этап – обучение непосредственно на материальной части или ее макетах (выполнение действия в материализованной форме). Обучение на этом этапе является основной формой для освоения любой специальности. При этом необходимо выполнить два условия: обучение вести на технике, макете, тренажере и иметь УТК с комплектом учебных заданий, с помощью которых обучаемый познает и приобретает необходимые знания и навыки. Главным на этом этапе является то, что обучаемый, выполняющий задачу, проговаривает вслух, развертывает в речевой форме все входящие в действие операции.

Обучение на этом этапе должно идти в специально замедленном темпе, чтобы обучаемый мог уяснить ориентировочную основу и правильно выполнять действие. От обучаемых необходимо требовать неторопливого и обязательно безошибочного выполнения операций, входящих в действие. Чтобы не вызвать непроизвольной спешки, на этом этапе не рекомендуется на виду у обучаемых вести хронометраж времени, вносить в учебный процесс элементы соревнования. Медленный темп работы в начале обучения не удлиняет общего срока обучения, а сокращает его.

Занятие организуется на учебных местах, которые в свою очередь делятся на учебные точки. Обучаемых целесообразно разделить на учебные группы по два-три человека в каждой.

Известно, что принцип подбора обучаемых при комплектовании малых групп имеет большое мотивационное значение. Если обучаемых с нейтральным отношением к предмету объединить с обучаемыми, которые не любят данный предмет, то после совместной работы первые существенно повышают свой интерес к данному предмету. Если же включить обучаемых с нейтральным отношением к предмету в группу с положительным отношением, то отношение у первых к предмету не меняется. В этом же исследовании показано, что большое значение для повышения интереса имеет групповая сплоченность обучаемых, работающих малыми группами. В связи с этим при комплектовании групп кроме успеваемости и общего развития должно учитываться и желание обучаемого. Влияние групповой сплоченности объясняется тем, что при работе малыми группами на первый план выходят не отношения «руководитель – обучаемый», а отношение между обучаемыми. В группах с «благоприятным» микроклиматом профессиональное становление обучаемых протекает динамичнее, чем в группах, члены которой испытывают затруднение во взаимоотношениях друг с другом. Это связано с тем, что равные справедливые взаимоотношения, построенные на доверии и уважении друг к другу, создают полную основу для объективных оценок и самооценок обучаемых.



После комплектования групп, обучаемые по команде руководителя, приступают к работе с УТК.

После того как каждый обучаемый научится при помощи полной УТК быстро и безошибочно выполнять операции, обучаемые переходят к выполнению учебного задания с помощью сокращенной карты.

Основная задача сокращенных схем и карт – ориентировать обучаемых в очередности выполнения операций без подробного указания технологии выполнения каждой операции.

От работы по сокращенным схемам обучаемые переходят к работе без УТК. Это означает, что обучаемый усвоил все необходимые знания о выполняемом действии. Если обучаемый что-то забыл, в чем-то сомневается, то он всегда может вернуться к полной или сокращенной УТК, прочитать вслух, как выполняется та или иная операция, или уточнить их очередность и выполнить практически. Этап заканчивается тогда, когда обучаемый выполнит все операции изучаемого действия без УТК с проговариванием (пояснением) каждой входящей в действие операции.

Четвертый этап – выполнение действия с опорой на речь без УТК, который характеризуется тем, что в процессе выполнения каждой операции обучаемый громко ее проговаривает и объясняет, что является обязательным условием этапа, но уже без УТК или с использованием сокращенной УТК.

При работе обучаемых по УТК, последние служат им опорой для выполнения действия. При переходе к работе без опоры, такой опорой становится громкая речь, которая, кроме того, позволяет руководителю занятия контролировать выполнение обучаемым каждой операции, а также передавать в понятной форме содержание выполняемой операции другому человеку.

На этом этапе обучаемый начинает рассуждать и логически мыслить.

Руководитель занятия должен обращать особое внимание на четкое, внятное и полное проговаривание своими словами всех выполняемых операций. Чтобы проговаривание было понятно другим, его целесообразно организовать как доклады о проделанной работе другому лицу.

По мере освоения действия быстрота выполнения операций будет возрастать, и громкое проговаривание каждой отдельной операции становится ненужным, оно начинает тормозить процесс, замедлять его. Поэтому обучаемый перестает громко проговаривать отдельные операции и непроизвольно переходит к их проговариванию «во внешней речи про себя». Появляется возможность переводить обучаемых на следующий этап.

Пятый этап – формирование действия с речью «про себя», который характеризуется тем, что звук как опора исключается, обучаемый перед выполнением операции проговаривает ее содержание «про себя».

Правильность выполнения операции можно контролировать только по конечному результату.

В дальнейшем обучаемый выполняет операции слитно, не проговаривая каждую из них по отдельности, а начинает проговаривать «про себя» более крупные операции или их «блоки», а затем такое проговаривание и вовсе прекращается. Выполнение операций приобретает автоматическое течение, членораздельность речи начинает мешать обучаемому быстро выполнять действия. Происходит переход на последний этап освоения действия.

Шестой этап – формирование действия во внутренней речи. Достижение этого этапа означает, что незнакомое действие постепенно оказалось освоенным и теперь у обучаемого есть знание об этом действии. Оно сформировалось в процессе деятельности обучаемого, в результате его тренировок.

Можно предложить обучаемому рассказать об изученном действии без аппаратуры. Если он проговаривает и показывает жестами всю последовательность операций выполняемого действия, то можно сделать вывод, что действие сформировано.

Кроме полных и сокращенных схем ООД (УТК) для подготовки специалистов большое распространение получили специально разрабатываемые наглядные пособия в виде мнемонических схем. Мнемосхемы служат хорошим дополнением к схемам ООД на завершающей стадии обучения. Они должны вытекать из более развернутых схем ООД. Переход к ним в процессе обучения должен определяться соответствующим условием освоения развернутых (подробных) схем ООД, когда эти схемы начинают тормозить действия обучаемых и необходимость в них постепенно исчезает. В этом случае мнемосхемы выполняют функции сокращенных ООД. Если при переходе от сокращенных УТК к работе с мнемосхемами у обучаемых возникают трудности, рекомендуется использовать УТК с фрагментами передней панели изучаемой аппаратуры. Таким образом, прежде чем перейти к использованию мнемосхем, обучаемым необходимо дать определенный запас знаний и навыков в осваиваемых действиях с использованием полных и сокращенных схем ООД, познакомить их с соответствующими знаками и символами, используемыми в схемах, их смысловым содержанием.

Разработка УТК (мнемосхем) является достаточно сложным делом, поэтому предлагается подробно рассмотреть методику составления УТК.

Содержание любой УТК определяется последовательностью и объемом операций, входящих в выполняемое действие. Любое действие можно представить как преобразование какого-либо исходного состояния в заданный конечный результат. В качестве исходного состояния могут быть: положения органов управления, показания приборов контроля и т.д. Исходное состояние должно быть отражено в УТК, кроме того, в ней указываются все возможные ситуации (условия), влияющие на выбор режима работы.

Конечный результат может достигаться не сразу, т.е. отрабатываемое действие может состоять из нескольких сложных операций, которые также могут расчленяться на элементы. В этом случае при составлении УТК необходимо правильно определить степень детализации каждой операции.

Критерием полноты УТК будет являться степень достижения полной ориентировки обучаемых в выполняемом действии.

При разработке УТК рекомендуется придерживаться следующей методики:

- 1) четко определить, для каких целей разрабатывается УТК, т.е. какими умениями должен овладеть специалист в конце обучения и какие знания ему для этого надо получить;
- 2) определить последовательность и содержание операций в соответствии с технологией выполнения действия;
- 3) выделить операции изучаемого действия, которые можно выполнить без дополнительной подготовки;
- 4) рельефно выделить каждую операцию, а в каждой операции – ключевые ориентиры, необходимые для правильного выполнения этих операций, кратко описать их или обосновать;
- 5) выделить (в случае необходимости) дополнительные ориентиры;
- 6) определить очередность логических операций, начиная с наиболее общей (логические операции следует формировать в вопросительной форме, практические операции – в повелительной форме: сделать что-то, включить что-то);
- 7) пояснить порядок использования ориентиров и способов, выполнения каждой операции;
- 8) для быстрого перехода от одной логической операции к другой выбрать разрешающий признак, в качестве которого лучше использовать ответ «да»; для большей наглядности ответы «да» и «нет» выделить соответствующими знаками, например: «да», «нет».

Для создания полной ориентировки обучаемых в предстоящем действии УТК, кроме текста и знаков «да» и «нет» должны содержать рисунки, схемы, диаграммы, надписи, создающие вводный образ предстоящего действия. Они делают УТК более наглядными и интересными, что повышает эффективность их использования.

Говоря о наглядности в обучении, необходимо иметь в виду, что у человека различные анализаторы обладают разной пропускной способностью. В силу высокой пропускной способности зрительного анализатора, около 95 % сведений об окружающем нас мире мы получаем через зрение. Следовательно, передача знаний на основе зрительного восприятия обучаемых позволяет в одно и то же время сообщать больший по объему учебный материал, чем при словесной его передаче. Поэтому при составлении УТК необходимо стремиться выразить изучаемый материал в более наглядной форме.

Если аппаратура имеет небольшое количество четко обозначенных органов, то УТК может состоять из текстуальных указаний по выполнению отдельных операций.

При больших количествах органов управления или значительном объеме манипуляций на аппаратуре при ее эксплуатации УТК могут быть построены в виде таблиц, состоящих из 3-х разделов:

- наименование операции;
- положение органов в управлении и коммутации;
- состояние элементов контроля и сигнализации.

При разработке УТК должны строго учитываться требования техники безопасности. Содержание карты должно воспитывать у обучаемых привычку неукоснительного соблюдения этих требований. В УТК меры безопасности должны выступать в качестве условий выполнения соответствующих операций и действия в целом. Поэтому условные обозначения можно подразделить на запрещающие, предупреждающие и предписывающие.

В УТК необходимо избегать сложных и длинных предложений при описании сущности той или иной операции, максимально использовать наряду с текстом простейшие рисунки и схемы, а также добиваться того, чтобы лист с конкретной УТК был по возможности равномерно насыщен материалом. Выполнение этих требований облегчает усвоение учебного материала обучаемыми, позволяет активно использовать в процессе познания их зрительную память.

Рассмотренные выше УТК целесообразно использовать для обучения:

- развертыванию аппаратуры;
- подготовке аппаратуры к работе;
- последовательности включения питания;
- настройке и проверке работоспособности аппаратуры в различных режимах;
- последовательности работы на аппаратуре;
- инструментальной проверке работоспособности аппаратуры;
- организации контроля над соблюдением мер безопасности.

Приведенная методика составления учебно-тренировочных карт, естественно, не охватывает всего многообразия возникающих при этом проблем, но в то же время позволяет выработать некоторую систему в подходе к данному вопросу. Теперь остановимся на практическом применении УТК в учебном процессе.

Учебный процесс, включающий применение УТК, организуется с соблюдением определенных

принципов:

1. Содержание УТК должно усваиваться в процессе обучения.
2. Цели и содержание подготовки обучаемых должны соответствовать их профессиональному назначению.
3. Полноценная профессиональная подготовка возможна лишь при строго последовательном построении учебного процесса.

Указанные принципы в учебном процессе реализуются следующим образом:

- с самого начала обучения традиционный метод проведения занятий (опрос – объяснение – закрепление) заменяется работой с УТК, при этом обучаемые не заучивают содержание УТК, а сразу начинают с их помощью изучать устройство агрегатов, блоков, узлов и выполнять операции, связанные с их эксплуатацией;

- усвоение каждой УТК обучаемые начинают со знакомства с содержанием УТК, после чего с ее помощью переходят к непосредственной работе на технике.

Важная роль в организации и методике проведения занятий отводится руководителю занятий. Основными его функциями становятся организация самостоятельной работы обучаемых и контроль их активности при изучении вопросов занятия. Руководитель занятия на протяжении всего времени должен непосредственно участвовать в процессе познания, быть готовым дать ответ на возможные вопросы, помочь обучаемым разобраться с содержанием УТК, добиваться их высокой активности при изучении материала занятий.

Свою подготовку к очередному занятию руководитель строит в следующей последовательности:

- уточняет тему и содержание занятия по расписанию;
- определяет характер того учебного материала, который предстоит изучить;
- с учетом характера учебного материала определяет, какие УТК необходимо подготовить к данному занятию;

занятию;

- проверяет готовность УМБ;
- производит расчет учебного времени и составляет план проведения занятия;
- производит разбивку учебной группы на группы по два-три человека (и более) в зависимости от наличия материального обеспечения;
- проверяет подготовку инструкторов.

План проведения занятия имеет некоторое отличие от традиционного плана конспекта. Отличие состоит в том, что в плане проведения занятия только перечисляются учебные вопросы, а их содержание не раскрывается, т.к. оно предоставлено в соответствующих УТК к занятию. В плане больше внимания уделяется графе «методические указания», где фактически должен быть расписан сценарий занятия и произведен расчет учебного времени.

Методика проведения занятия с использованием полной УТК состоит в следующем. Каждому обучаемому учебного расчета присваивается номер. Первому и второму номеру выдается по одному набору соответствующих УТК (схем ООД).

Обучаемый под номером 1 громко читает по схеме ООД УТК технологию выполнения операции, после чего выполняет ее. Обучаемый под номером 2 по имеющемуся у него комплексу схем проверяет правильность действия первого номера. Обучаемый под номером 3 занимается активной работой, выступая в роли дополнительного контролера, действующего номера расчета и мысленно выполняет его действия. Если номер 1 неправильно прочитал технологию выполнения операции или нарушил очередность ее выполнения, то номер 2 должен прервать его и указать на характер ошибок. Номер 1 обязан вторично громко прочитать технологию выполнения операции (при чтении или выполнении которой он допустил ошибку) и после этого вновь выполнить ее.

При выполнении всех операций, предусмотренных схемой (или частью ее), производится смена в действии номеров расчета, пока каждый из них не отработает функции, выполнявшиеся обучаемыми под номером 1 и 2. При отработке действий по УТК громкое проговаривание своих действий обязательно. Громкая речь способствует более быстрой выработке необходимых навыков при работе без УТК. Одновременно проговаривание служит как бы докладом о проделанной работе старшему на рабочем месте.

Выполнение действия обучаемым должно быть медленным, все внимание надо обращать не на скорость, а на безошибочность действий обучаемого. Поэтому от него надо требовать неторопливого и обязательно безошибочного действия. Чтобы не вызвать произвольной спешки, на первоначальном этапе обучения не рекомендуется каким-либо образом стимулировать ускоренное освоение обучаемым действия, превышающего по скорости индивидуальные возможности данного обучаемого.

По мере усвоения содержания полных УТК обучаемые могут переходить к работе с сокращенными УТК, а затем – к отработке действий по мнемосхемам.

Методика использования учебным расчетом сокращенных УТК заключается в следующем. Первый номер расчета громко читает название очередного действия по сокращенной УТК и, громко проговаривая каждую операцию, выполняет ее. Контролирующий (второй номер расчета) следит за его действиями с

помощью полной схемы ООД (УТК). Если обнаружена ошибка технологии или очередности выполнения какой-либо операции, то контролирующий должен доложить по полной схеме сведения об этой операции. Если обучаемый не выполняет действия контроля, то ему предлагается заново выполнить данное действие по полной УТК.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Применение УТК позволяет значительно увеличить интенсивность занятия, но здесь необходимо отметить, что важным элементом в реализации многих преимуществ методики, основанной на теории планомерного (поэтапного) формирования умственных действий и понятий, является разработка руководителем занятия заданий для обучаемых. Без таких заданий обучение становится ненаправленным и неконкретным. Задания необходимо составлять после того, как сделаны полные схемы ООД (УТК), которые помогают быстро и просто определять типы заданий, позволяют не упустить из содержания того, что необходимо для усвоения учебного материала.

При разработке учебные задания могут быть 4-х типов:

- 1) в условии задания есть все необходимые данные для его выполнения;
- 2) в задании есть не все данные для его выполнения;
- 3) в задании есть все необходимые данные и «лишние» данные для «затушевания» хода его выполнения;
- 4) в задании отсутствуют некоторые необходимые данные, но имеются лишние.

Разрабатывая учебные задания, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- содержание задания должно быть таким, чтобы обучаемый мог самостоятельно выполнить его, пользуясь УТК;
- составляя задание, необходимо сопоставить его со схемой ООД (УТК), выразив в нем конкретную цель деятельности и конечный результат.

Таким образом, рассмотренная методика поэтапного формирования знаний и практических навыков у студентов ИГЗД и слушателей учебно-методического центра МЧС ДНР должна послужить средством оптимизации и интенсификации процесса качественной подготовки специалистов МЧС ДНР, что очень значимо и актуально для Донбасса.

#### Библиографический список

1. Гальперин П.Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий. – М., 1966 // Введение в психологию. – М., 1976.
2. Матюхина В.М. Возрастная и педагогическая психология. Учебное пособие для студентов педагогических институтов. – М.: Просвещение, 1984. – 256 с.
3. Рубинштейн С.Л. Очередные задачи психологического исследования мышления // Исследования мышления в советской психологии. – М., 1966.

© П.В. Стефаненко, 2015

E-mail: spv@igzd.dgtu.donetsk.ua

Рецензент д.пед.н., проф. О.Г. Каверина

## THE METHODICS OF THE GRADUAL FORMATION OF KNOWLEDGES AND PRACTICAL SKILLS OF STUDENTS OF THE INSTITUTE OF CIVIL PROTECTION OF DONBASS DON NTU AND LISTENERS OF THE TEACHING AND METHODOLOGICAL CENTER MES DPR

**Stefanenko P.**, doctor of pedagogics, professor,  
vice-rector of scientific and pedagogical work of the Donetsk National Technical University,  
director of the Institute of Civil Protection of Donbass  
SHEI «Donetsk National Technical University»

*In the article examined the questions of the fire and fire rescuers training in the learning-mythological center of the Emergency Ministry DPR. On the bases of the program and effective learning methodic, grounded on the theory of planned (stage) formation of the mental activities and concepts of the students of the Institute of the Emergency Defends of Donbass Region and s listeners of the learning-mythological center of DPR. The proposed methodic can be used as the means of optimization and intensification of the quality professional training process being very essential and actual for the Donbass region.*

**Keywords:** *the learning methodic, the methods of formation, rescuers, methods of formation, the rescuers, safety, state of mind, natural disasters, The Ministry of Emergency Situations workers, emergency situations, accidents, disasters, stressforming factor, psychological work.*



УДК 378:37.011.32

## МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ КАК ОДНО ИЗ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

**Новикова Е.В.**, аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности  
Институт гражданской защиты Донбасса  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*В статье рассмотрена возможность использования модульной системы обучения в учебном процессе подготовки студентов ВУЗов в области безопасности жизнедеятельности. Проанализированы этапы активного процесса использования модульной системы, а также ее отличия от других педагогических технологий. Изложена и раскрыта классификация основных принципов модульного подхода в образовании студентов. Сформулированы наиболее важные базовые компетенции безопасности жизнедеятельности, которыми должен обладать студент. Выявлены противоречия, сложившиеся в теории и практике образования, направленного на формирование компетенций безопасности жизнедеятельности, которые позволили определить проблему данного исследования.*

**Ключевые слова:** модульная система обучения, компетенции, образование, безопасность жизнедеятельности, модуль, классификация принципов модульного обучения, интенсификация, индивидуализация обучения, гибкость обучения, взаимодействие, противоречия.

### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными или практическими исследованиями.**

Обеспечение безопасности всегда являлось серьезным вопросом для специалистов во всех сферах деятельности. Говоря о современном обществе, нельзя не согласиться с мнением М.Д. Оганесян и П.В. Шумакова, что оно «развивается в условиях нарастающего кризиса взаимоотношений человека и окружающей среды, поэтому обеспечение безопасности природного, техногенного, антропогенного, биологического, социального и экологического характера в настоящее время стало важнейшей проблемой человечества. Воздействие человека на окружающую среду за последние годы по своим масштабам, интенсивности и сложности сравнивают со стихийными бедствиями. Только за последнее десятилетие ущерб от природных и техногенных катастроф вырос в девять раз, а их частота – в пять раз. Количество опасностей непрерывно возрастает, что демонстрирует ошутимый рост техногенных и социально обусловленных катастроф и чрезвычайных ситуаций» [9].

Образование, в частности инженерное, по мнению Н.В. Миклашевич, является одним из ведущих факторов социального и экономического прогресса общества, а подготовка нового поколения специалистов, создающих безопасную и комфортную среду жизнедеятельности человека, является неотложным требованием современности [4].

«В современных условиях, при увеличивающемся числе опасностей, главной задачей сохранения жизни и здоровья граждан является формирование компетенций безопасности жизнедеятельности при подготовке специалистов в высших учебных заведениях. Данные компетенции подготовят их к безопасным действиям в условиях производства» [8], но, к сожалению, настоящая организация обучения студентов безопасности жизнедеятельности недостаточно обеспечивает выполнение всех требований, предъявляемых к формированию компетенций студентов университета в данной отрасли.

Изучение теории и практики высшей школы позволяет судить о наличии противоречий, которые тормозят развитие системы высшего образования и снятие которых требует коренных изменений в существующих педагогических системах. К таким противоречиям можно отнести: потребность в высококвалифицированных специалистах и использование низкорезультативных педагогических технологий; уровень требований к качеству подготовки высококвалифицированных специалистов и наличие несовершенной учебно-программной документации (учебных планов, программ, учебников и учебных пособий, специальных методик и рекомендаций); объективно существующая задача интенсификации учебно-воспитательного процесса (потребность в современных эффективных педагогических технологиях) и несовершенная материально-техническая база учебных заведений; потребность в специалисте, способном самостоятельно решать разнообразные задачи профессионального характера и слабое внимание к формированию в учебно-воспитательном процессе такого важного качества личности, как самостоятельность [11, с. 4].

Проанализировав стандарты образовательно-квалификационных характеристик, образовательно-профессиональных программ, учебные планы и программы инженерных специальностей, можно выделить ряд наиболее важных базовых компетенций безопасности жизнедеятельности, которыми должен обладать студент:

- ценностно-смысловая (сформированность положительной мотивации, осознание своей роли, умение выбирать целевые и смысловые установки для действий и поступков, принимать решения);

- информационная (умение самостоятельно добывать, анализировать и отбирать необходимую информацию, систематизировать, структурировать и передавать ее, принимать осознанные решения на основе критически осмысленной информации);

- технологическая (позволяет осваивать и грамотно применять новые технологии в профессиональной деятельности и в тех или иных жизненных ситуациях);

- коммуникативная (позволяет достигать поставленных целей коммуникации: получать необходимую информацию от других людей, убеждать, влиять на принятие решений и т.п. на основе толерантного отношения к ценностям и интересам других людей);

- социальная (позволяет использовать ресурсы других людей для решения задач, достигать результатов профессионального взаимодействия независимо от личных симпатий и антипатий);

- исследовательская (способность и готовность обобщать, переосмысливать, корректировать свой опыт на основе анализа; умение экспериментировать, диагностировать, творчески использовать положительные результаты продуктивной работы коллег в своей профессиональной деятельности; навык работать с научно-методической и психологической литературой, постоянное стремление к самосовершенствованию) [8].

К противоречиям, сложившимся в теории и практике образования, направленного на формирование компетенций безопасности жизнедеятельности, опираясь на мнение Т.В. Мельниковой, можно отнести следующие:

- между необходимостью становления культуры безопасности жизнедеятельности с детства и отсутствием образовательной технологии, позволяющей достигать гарантированного результата в этом направлении;

- между необходимостью переосмысления ценностей - целей и результатов школьного образования, созданием условий для развития личности ребенка и не разработанностью технологии внедрения в практику школы современных форм организации образовательного процесса, обеспечивающих формирование культуры безопасности жизнедеятельности;

- между необходимостью обеспечения эффективной организации образовательного процесса и отсутствием научно обоснованной технологии модульного обучения, позволяющей оптимально сформировать у учащихся навыки самообразования, самооценки, самоорганизации, гибкости мышления, повышающей ответственность в обучении;

- между необходимостью формирования осознанного отношения к личной безопасности и отсутствием научно обоснованных способов формирования культуры безопасности учащихся в процессе обучения [3].

Вышеперечисленные противоречия позволили нам определить проблему исследования, которая заключается в необходимости поиска путей повышения качества образования в области формирования компетенций безопасности жизнедеятельности студентов.

Наиболее эффективным решением данных противоречий, по нашему мнению, является внедрение современных педагогических технологий для подготовки специалистов, имеющих высокое качество и объем знаний. Поэтому, исходя из анализа современного состояния педагогической науки в области изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», предлагаем осуществлять организацию обучения студентов, построенную на модульной системе обучения и, несомненно, являющуюся эффективной и прогрессивной.

**Изложение основного материала исследования.** Анализ научной педагогической литературы, раскрывающей пути интенсификации образования, в частности высшего, позволяет судить о серьезном внимании ученых к проблеме внедрения в систему образования новых педагогических технологий, в том числе модульного обучения [11, с. 6].

Модульный подход в обучении студентов может широко применяться в традиционных формах изучения на различных предметных дисциплинах. Немаловажным является его использование для обучения студентов безопасности жизнедеятельности.

Для эффективной работы студента с модулем учебное содержание должно быть представлено таким образом, чтобы студенты результативно его усвоили. Необходимо, чтобы преподаватель беседовал со студентами, привлекал каждого к рассуждению, поиску, ориентировал на успех.

Основы модульного подхода в образовании на постсоветском пространстве разработаны П.А. Юцявичене в монографии «Теория и практика модульного обучения». Под модулем автор понимает «целевой функциональный узел, в котором учебное содержание и технология овладения им объединены в систему высокого уровня целостности», и считает, что «модульное обучение зародилось как альтернативное направление обучения, базирующееся на позициях деятельного, активного, гибкого взгляда на педагогический процесс в противоположность традиционному обучению, в процессе которого преобладают негибкие стандарты содержания обучения, мелочно регламентируется обучающийся, ему передают пассивные знания, которые обучающийся затрудняется применить на практике» [15].

Принципиальными отличиями модульного подхода в образовании от других технологий обучения, по мнению Э.Ф. Насыровой, являются следующие:

- «содержание обучения представляется в законченных, самостоятельных комплексах – модулях, одновременно являющихся банком информации и методическим руководством по его усвоению;



- с помощью модулей обеспечивается осознанное самостоятельное достижение обучающимися определенного уровня предварительной подготовленности к каждому занятию;  
- неизбежно соблюдаются паритетные субъект-субъектные взаимоотношения между педагогом и обучающимися в учебном процессе» [7].

При построении модульной программы, считает Э.Ф. Насырова, необходимо придерживаться алгоритма с последовательными шагами.

1. Определение комплексной дидактической цели (КДЦ) и названия модульной программы. Название дисциплины соответствует названию модульной программы, для которой определяется комплексная дидактическая цель изучения дисциплины.

2. Определение интегрирующих дидактических целей (ИДЦ) и названий соответствующих им модулей. Модульная программа дисциплины разбивается на крупные блоки – модули, т.е. производится структурирование содержания дисциплины по крупным темам или разделам. Определяются интегрирующие дидактические цели, т.е. цели изучения каждого модуля.

3. Построение структуры модульной программы: определяется последовательность расположения модулей и порядок их изучения.

4. Определение структуры частных дидактических целей (ЧДЦ) в составе каждой интегрирующей дидактической цели и выделение учебных элементов (УЭ). Производится структурирование каждого модуля, т.е. он разбивается на части, определяются частные дидактические цели, на основе которых формируются учебные элементы.

5. Построение структуры конкретного модуля на основе структуры частных дидактических целей. Модульная технология обучения – это обучение с использованием модулей. Модуль – структурная часть программы обучения, которая включает в себя содержание обучения и организацию познавательной деятельности обучающихся» [7].

Исследователь П.И. Третьяков в своей работе «Технология модульного обучения в школе» отмечает, что в «модульной системе активный процесс обучения состоит из таких важных этапов, как принятие цели студентом; подготовка к восприятию нового; практическая учебная деятельность; анализ содержания, построение доказательств; подведение итогов учения, оценка; постановка новых целей» [12].

Опираясь на мнение В.Н. Михелькевич, согласимся, что в связи с разнообразием вариантов модульного обучения и его широким распространением, затруднительно дать точное определение даже самому термину «модуль» [6]. В толковых словарях можно найти различные интерпретации этого термина в зависимости от области знаний, в которой он используется.

Первоначальное значение слова «модулюс» (от *лат.* *modulus* – мера, образец) пришло с античных времен из строительства и архитектуры, где под «модулем» было принято считать некую условную единицу, используемую для координации размеров частей сооружения.

Историческими корнями модульной технологии обучения является онтология философских категорий «часть» и «целое», а переход к ней был подготовлен становлением в педагогике системного подхода и возросшими потребностями в использовании высокоэффективных педагогических технологий.

Содержание модуля составляется так, чтобы обучаемый четко представлял себе, что он должен знать и уметь после изучения модуля, как он сможет достичь этих знаний и умений, и как он будет доказывать наличие у него этих знаний и умений. Учебный модуль представляет собой отдельный пакет, содержащий всю необходимую для студента информацию, обеспечивающую направленное изучение по определенному разделу рабочей программы изучаемой дисциплины. Причем значение при этом придается не только содержанию, но и оформлению данного пакета.

Критерий построения модуля – структурирование деятельности студента в логике этапов усвоения знаний: восприятие → понимание → осмысление → запоминание → применение → обобщение → систематизация.

Для изучения характера управления познавательной деятельностью, рассмотрим классификацию принципов модульного обучения, которую сформулировал известный западный специалист Д. Рашелл. По его мнению, к числу данных принципов относятся: индивидуализация обучения; гибкость обучения; свобода в обучении; активное участие обучаемых в педагогическом процессе; усиленная мотивация; взаимодействие обучающихся в педагогическом процессе [16].

В условиях профессиональной высшей школы немаловажное значение приобретает проблема индивидуализации обучения личности, выявление мотивационной составляющей будущего специалиста, определение социальных и психологических факторов, обуславливающий процесс профессионального становления личности студента.

Исследователь В.С. Почекаенков, занимаясь проблемами индивидуального подхода в обучении, отмечает, что «индивидуализация процесса обучения обычно трактуется как особая организация учебной деятельности, которая направлена на осуществление требования индивидуального подхода» [10].

Опираясь на мнение Н.А. Юровой выделим особенности, которые при индивидуализации учебной работы следует учитывать в первую очередь.

1. Обучаемость, которая включает в себя общие умственные способности, а также специальные способности. Сюда относятся способность запоминать материал, способность проведения логических операций, а также способность творческого мышления.

2. Учебные умения. Нагляднее всего они проявляются в самостоятельной работе студентов с учебным материалом: при восприятии и обработке нового материала, при выделении из него существенного, его структурировании и связывании нового материала, повторении и его применении. Таким образом, они связаны со всей учебно-познавательной деятельностью студентов в процессе обучения.

3. Обученность, которая состоит как из программных, так и внепрограммных знаний, умений и навыков.

4. Познавательные интересы (на фоне общей учебной мотивации). Интересы являются мощным побудителем активности личности, а также это такие качества личности, при которых формирование индивидуальных различий является специальной воспитательной задачей [14].

Согласно принципу индивидуализации обучения, содержание модулей может предназначаться для индивидуального обучения одного учащегося или для группы студентов с учетом использования методических приемов индивидуального подхода к каждому. «Основной сущностью данного принципа, как отмечает профессор П.В. Стефаненко, является характер технологии управления познавательной деятельностью. Здесь заложена определенная технология разработки (разбивки) учебного материала без учета конкретного «индивида», но с учетом создания необходимого оптимального методического обеспечения («унифицированных узлов», «модулей», «пакетов», «учебных единиц»), позволяющего и способствующего организации необходимых условий для любого индивида» [11, с. 46].

Принцип индивидуализации основывается на педагогических и психологических закономерностях, определяется содержанием, методами, организацией образовательного процесса, индивидуальными особенностями студентов и представляет собой совокупность приемов, способов их реализации, осуществляемых на этапах мотивации, определения содержания, характера, степени сложности образовательных задач, способов действия, контроля и самоконтроля [5].

Таким образом, сущность индивидуализации обучения состоит в том, что студент выступает как субъект обучения. Он, основываясь на своей индивидуальности, находит в содержании и процессе обучения, соответствующие его интересам и способностям цели и возможности их самостоятельной реализации в собственной учебной деятельности.

Переходя к рассмотрению принципа гибкости модульного обучения, необходимо отметить, что он требует построения модульной системы обучения и соответственно модулей таким образом, чтобы легко обеспечивалась возможность приспособления содержания обучения и путей его усвоения к индивидуальным потребностям учащихся. По мнению автора, данный принцип «означает возможность использования одного и того же модуля в различных курсах, а также возможность выбора учащимся количества модулей из совокупности всех имеющихся, для освоения материала данного раздела дисциплины» [11, с. 46-47].

Опираясь на мнение авторов [2], необходимо отметить, что реализация принципа гибкости требует выполнения таких педагогических правил: при индивидуализации содержания обучения необходима начальная диагностика знаний; для индивидуализации содержания обучения нужен анализ потребностей обучения со стороны студента; методическая часть модуля должна строиться таким образом, чтобы обеспечивалась индивидуализация технологии обучения; нужен индивидуальный контроль и самоконтроль после достижения определенной цели обучения.

В своей работе будем придерживаться мнения П.В. Стефаненко, что «данный принцип отражает одну из идей, предполагающих возможность осуществления принципа дифференциации в данной дидактической системе (как по содержанию обучения, так и по его динамичности)» [11, с.47].

Следующий принцип – «свобода в обучении», который также является важной характеристикой модульного обучения. Ученый Д. Рашелл в своей работе утверждает, что модульное обучение требует прямой ответственности учащегося за результаты учения, так как для него создаются самые благоприятные условия для усвоения [16]. При этом акцентированной является деятельность учащегося, а не деятельность педагога.

Согласно П.В. Стефаненко, «свобода выбора модуля, его сложности по содержанию, возможность выбора темпа работы с учебным материалом с учетом индивидуальных способностей, свобода выбора наиболее удобного времени работы, а также возможность самостоятельно предусмотреть самоконтроль и контроль своих знаний, умений и др. предполагает предоставление учащемуся возможности работать самостоятельно с разработанным для него учебным материалом, что повышает ответственность учащегося за результаты учения» [11, с. 47].

Не менее важным принципом является «активное участие учащихся в педагогическом процессе». Это связано с тем, что любой изучаемый материал становится более усваиваемым, если он происходит во время деятельности. Так, П.А Юцявичене полагает, что «модули всегда должны создавать условия для активной познавательной деятельности, заменяя пассивное чтение текста или слушание голоса преподавателя управлением учебными материалами со стороны учащегося, то есть его активной деятельностью» [15].

Принцип «усиленной мотивации» подразумевает под собой активное усиление роли педагога в процессе изучения модуля. Вместо скучного и однообразного повторения одного и того же материала, на первый план выдвигается формирование мотивации обучения и значительно увеличиваются личные контакты в процессе изложения материала.

И последний из рассматриваемых принципов – «взаимодействие обучающихся в педагогическом процессе» безусловно является важным показателем модульной системы. Д. Рашелл, говоря о данном принципе, предлагает стимулировать обучающихся к совместной работе по усвоению материалов модуля [16].

Иными словами, опираясь на мнение автора, можно сказать, что принцип взаимодействия обучающихся в педагогическом процессе предполагает стимулирование обучающихся к совместной работе по усвоению сложных вопросов модуля, по взаимной проверке усвоенных знаний [11, с. 48].

Хотелось бы отметить, что вышеизложенные принципы модульного обучения взаимосвязаны между собой. Они отражают особенности построения содержания обучения, характеризуют взаимодействие педагога и обучающегося, складывающееся в ходе реализации модульного подхода в процессе обучения.

Модульная технология обучения студентов, как отмечает Т.И. Шамова, «интегрирует в себе все то прогрессивное, что накоплено в педагогической теории и практике:

1. Из программизированного обучения заимствуется идея активности обучающегося в процессе его четких действий в определенной логике, постоянное подкрепление своих действий на основе самоконтроля, индивидуализированный подход к учебно-познавательной деятельности. Из теории поэтапного формирования умственных действий используется самая ее суть – ориентировочная основа деятельности. Кибернетический подход обогатил модульное обучение идеей гибкого управления деятельностью учащихся, переходящего в самоуправление.

2. Из психологии используется рефлексивный подход.

3. Накопление обобщение теории и практики дифференциации, оптимизации обучения.

4. Проблемности – все это интегрируется в основах модульного обучения, в принципах его построения, отборе методов и форм его построения и осуществления процесса обучения» [13].

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Изучив теоретические аспекты использования модульной системы обучения в учебном процессе подготовки студентов ВУЗов в области безопасности жизнедеятельности, нельзя не согласиться, что модульная система обучения существенно изменяет весь процесс обучения, предполагает новые подходы к построению содержания обучения, к взаимодействию педагога и учащихся, требует роста ответственности за обучение учащегося, а также его максимальной самостоятельности в процессе обучения. Одной из основных целей модульного подхода к обучению студентов является формирование навыков самообразования, поэтому весь образовательный процесс строится на основе осознанной познавательной деятельности. Преподаватель превращается из информатора в консультанта, хотя, как и при традиционном подходе, его ведущая роль сохраняется. Модульная система позволяет структурировать изучаемый материал, что обеспечивает каждому студенту возможность достичь поставленных дидактических целей, имеет законченность материала в модуле и интеграцию всех форм обучения.

Целью курса безопасности жизнедеятельности является развитие представлений, умений, навыков и способов деятельности, обеспечивающей социально приемлемый уровень безопасности при взаимодействии людей между собой и окружающей средой. В свою очередь, использование модульного обучения студентов в ВУЗе безопасности жизнедеятельности состоит в интенсификации обучения, содействии развитию самостоятельности студентов, их умения работать с учетом индивидуальных способов обработки учебного материала. Анализ модульного обучения данной дисциплины позволяет утверждать, что преподаватель получает также возможность реализовать индивидуальный (лично-ориентированный) подход, управляя процессом обучения каждого учащегося в зависимости от темпов освоения ими учебных элементов. Важно отметить, что в процессе управления модульным обучением осуществляется новый подход к его организации, так как технологии управления познавательной деятельностью связывается с реализацией управленческих функций (планирование, организация, контроль, регулирование, учет и анализ познавательной деятельности), что позволяет моделировать механизмы управленческого воздействия и внедрять их на практической основе. Главной особенностью модульного обучения является его ориентация на академическую самостоятельность студентов. Таким образом, для разработки модульной системы обучения как одного из педагогических условий формирования компетенций безопасности жизнедеятельности студентов необходимы системный анализ и глубокая методическая проработка содержания и структуры дисциплины, при которых будет обеспечиваться требуемый квалификационной характеристикой объем знаний, навыков и умений студентов.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что внедрение в процесс обучения студентов ВУЗов модульной системы как одного из педагогических условий формирования компетенций безопасности жизнедеятельности позволит интенсифицировать учебный процесс и повысить качество подготовки студентов.

#### **Библиографический список**

1. Комишан А. І. Визначення освітнього рейтингу у курсантів вищих військових навчальних закладів в умовах модульної системи навчання. Дис. ... канд. пед. наук – Х., 2005. – 258 с.

2. Кукушин В.С. Педагогические технологии: Учебное пособие для студентов педагогических специальностей. – Серия «Педагогическое образование». – М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. – 336 с. (Серия «Педагогическое образование»)
3. Мельникова Т.В. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности учащихся на основе технологии модульного обучения: Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 СПб. – 2006. – 193 с.
4. Миклашевич Н.В. Организация процесса дистанционного обучения будущих специалистов инженерно-строительного профиля в высшем учебном заведении. дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.04 теория и методика профессионального образования / Н.В. Миклашевич: Луганский национальный университет им. Т. Шевченко – Луганск: ЛНУ, 2012. – 271 с.
5. Митяева А.М. Технология индивидуализации содержания образовательной деятельности студентов // Вестник ОГУ 5'2004. – С. 50-54.
6. Михелькевич В.Н. Целевая функционально-ориентированная подготовка специалистов в техническом университете: Концепция, технология, опыт реализации / В.Н. Михелькевич, П.Г. Кравцов. – Самара: СамГТУ, 2001.
7. Насырова Э.Ф. Дидактические цели модульного обучения студентов // Современные исследования социальных проблем. – Выпуск № 4, том 8. – 2011.
8. Новикова Е.В. Критерии оценки сформированности компетенций безопасности жизнедеятельности // История и перспективы развития транспорта на севере России. Сборник научных статей / Под ред. проф. О.М. Епархина, Ярославль: изд-во «Министерство печати», 2015. – С. 151-155.
9. Оганесян М.Д., Шумаков П.В. Актуальность формирования компетенций студентов в области безопасности жизнедеятельности в системе профессионального образования (Московский государственный индустриальный университет) // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-formirovaniya-kompetentsiy-studentov-v-oblasti-bezopasnosti-zhiznedeyatelnosti-v-sisteme-professionalnogo-obrazovaniya>.
10. Почкаенков В.С. Формирование индивидуального стиля самостоятельной учебной деятельности студентов педагогических институтов: дис. ... канд. пед. наук. – М., 1979. – 166 с.
11. Стефаненко П.В. Технология управления познавательной деятельностью студентов в условиях модульного обучения. Дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01 / Донецкий технический ун-т. – Донецк, 1995. – 191 с.
12. Третьяков П.И., Сенновский И.Б. Технология модульного обучения в школе: Практико-ориентированная монография. – М.: Новая школа, 2001. – С. 103.
13. Шамова Т.И., Третьяков П.И., Капустин Н.П. Управление образовательными системами. Учебное пособие для вузов. – М.: Владос, 2002. – 320 с.
14. Юрова Н.А. Индивидуализация обучения как условие гармоничного развития студентов. (Ивановский государственный университет, Россия) // [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.rusnauka.com/11\\_EISN\\_2008/Psihologia/30591.doc.htm](http://www.rusnauka.com/11_EISN_2008/Psihologia/30591.doc.htm).
15. Юцвявичене П.А. Теория и практика модульного обучения. – Каунас: Швиеса, 1989. – 272 с.
16. Russell J.D. Modular Instruction. A Guide to the Design, Selection, Utilization and Evaluation of Modular Materials. Minneapolis, MN: Burgess Publishing Company, 1974. – 164 p.

© Е.В. Новикова, 2015

E-mail: [bgdicz\\_novikova@mail.ru](mailto:bgdicz_novikova@mail.ru)

Рецензент д.пед.н., проф. П.В. Стефаненко

## MODULAR LEARNING SYSTEM AS ONE OF THE PEDAGOGICAL FORMATIONS OF COMPETENCE OF LIFE SAFETY OF STUDENTS

Novikova E., graduate student of the Department of Life Safety  
Institute of Civil Protection of Donbass  
SHEI «Donetsk National Technical University»,

*The article describes the use of a modular training system in the educational process of training university students in the field of life safety. The stages of active process of using a modular system and its differences from other educational technologies are analysed. Moreover, it sets out the basic principles of the classification revealed a modular approach in the education of students. Formulated the most important core competence of life safety, which should have a student. Revealed the contradictions existing in the theory and practice of education, aimed at the formation of the competences of life safety, which allowed defining the problem of the study.*

**Keywords:** modular training, competencies, education, life safety, module, classification principles of modular education, intensification, individualization of training, flexibility training, interaction, contradictions.



УДК 159.9.072

## ОРГАНИЗАЦИЯ МОРАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС К ДЕЙСТВИЯМ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Игнатенко С.А., ст. преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности  
Институт гражданской защиты Донбасса  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*В статье рассмотрены морально-психологические аспекты деятельности спасателей, виды и формы психологической работы, а также предложены условия и методы формирования морально-психологической подготовки сотрудников МЧС к действиям в чрезвычайных ситуациях. Внедрение данных методов на практике будет способствовать формированию у спасателей навыков саморегуляции в экстремальных условиях, быстрому преодолению утомления и восстановлению работоспособности, а также позволит повысить их эмоциональную устойчивость.*

**Ключевые слова:** *Морально-психологическая подготовка, условия, методы формирования, спасатели, устойчивость, психика, стихийные бедствия, сотрудники МЧС, чрезвычайные ситуации, аварии, катастрофы, стрессобразующий фактор, психологическая работа.*

### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

В связи с нарастанием общественно-политических и социально-экономических противоречий, кризисных ситуаций природного и техногенного характера, дальнейшего ускорения фундаментальных социальных, экономических, политических и научно-технических процессов, роста угроз международного терроризма, четко отлаженное функционирование силовых и правоохранительных структур государства приобретает все большее значение.

На основании имеющегося опыта установлено, что в современных условиях происходит возрастание объема и сложности задач обеспечения безопасности жизнедеятельности, гражданской обороны, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [1].

Последствия крупных аварий и катастроф, а также стихийных бедствий, могут вызывать у лиц, которые участвуют в их ликвидации, значительное эмоциональное напряжение и даже привести к посттравматическому синдрому [2]. Реально существующая угроза жизни, тяжелая картина разрушений, человеческие жертвы, крайне негативно воздействуют на психику спасателей, от морально-психологической устойчивости которых зависят качество и сроки проведения спасательных работ. По мнению М.В. Леви, примерно у 90 % неподготовленных спасателей отмечаются различные психические расстройства, приводящие к потере трудоспособности на срок от десятков минут до нескольких месяцев [11]. Паническое состояние, проявление страха и растерянность в момент развития чрезвычайной ситуации приводят к тяжелым и непоправимым последствиям. По мнению современных авторов, подавляющее большинство людей в первый период после внезапно возникшей опасной для жизни ситуации, даже при отсутствии физических травм, только вследствие психогенных расстройств будут практически нетрудоспособными [10].

Стрессобразующий характер работы спасателей, которые постоянно подвергаются действию экстремальных факторов и находятся в условиях перенапряжения адаптационных психофизиологических возможностей, предопределяет необходимость формирования психологической готовности сотрудников Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС) к действиям в сложных ситуациях [6].

В связи с этим важной целью является подготовка компетентных специалистов, сотрудников МЧС, готовых к решению задач по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, и не только в профессиональном плане, но и в морально-психологическом отношении.

Целью нашего исследования является изучение условий и методов формирования морально-психологической подготовки сотрудников МЧС.

**Изложение основного материала исследования.** Начиная изучение данной проблемы, рассмотрим понятие морально-психологического состояния. Согласно Г.М. Андреевой [3], под морально-психологическим состоянием следует понимать качественную определенность личности, коллектива, характеризующую направленность и динамику психических процессов, межличностных отношений в коллективе. Необходимо отметить, что морально-психологическое состояние выступает конкретной формой проявления и реализации морального духа и боевых возможностей сил гражданской обороны, формирований спасателей и т.д. Морально-психологическое состояние определяет устойчивость, предсказуемость и управляемость поведением людей и коллективов в чрезвычайных условиях, отличающихся от повседневной мирной жизни, а также является основным фактором, обеспечивающим эффективное и успешное функционирование подразделений и коллективов МЧС [4].

Важно отметить тот факт, что морально-психологические аспекты деятельности сотрудника МЧС реализуются путем осознания профессионального и человеческого долга, а также понимания степени ответственности за качество процесса и результаты профессиональной деятельности [8]. По мнению О.В. Баженова, правильная оценка роли морально-психологического фактора – это принципиальный вопрос, имеющий как теоретическое, так и большое практическое значение, ведь от этого зависит успешное решение многих поставленных задач. Для этого во всех структурах МЧС, в независимости от ставящихся задач и местных условий, должна реализовываться система морально-психологического обеспечения [5]. Воплощение его содержания реализуется при помощи разнообразных организационных форм воздействия на поведение и сознание коллектива спасателей. Осуществление мер по защите спасателей от воздействия стрессогенных факторов, которые возникают при чрезвычайных ситуациях, комплекс мероприятий психологической, социально-профилактической, информационно-воспитательной направленности, а также психологических и социологических исследований ложатся в основу морально-психологического обеспечения [7].

Психологическая подготовка, сопровождение, помощь и реабилитация входят в структуру психологической работы с коллективом. Таким образом, психологическая подготовка является всего лишь одним из элементов психологической работы. Для более глубокого понимания сути психологической подготовки необходимо рассмотреть роль и назначение психологической реабилитации и психологического сопровождения. По сути, психологическое сопровождение спасателей направлено на препятствование развитию посттравматических расстройств и предотвращение сопутствующих отрицательных состояний, а также на поддержание психологической устойчивости к воздействию стрессогенных факторов [14].

По мере необходимости личному составу может быть оказана безотлагательная психологическая помощь, которая является одной из составляющих психологического сопровождения и представляет собой комплекс мероприятий, направленных на преодоление психотравмирующих последствий воздействия сложившейся обстановки на психику и скорейшее восстановление психологической устойчивости и профессиональной пригодности спасателей.

Психологическая помощь включает в себя регулярную диагностику психических процессов и состояний личности спасателя, психологическую профилактику, психогигиену, своевременное психологическое консультирование и коррекцию, а в случае необходимости и психологическую реабилитацию.

Существует определенная взаимосвязь между системами психологической, профилактической и медицинской помощи. Психологическая помощь оказывается квалифицированными психологами, психиатрами, психотерапевтами и медицинскими работниками [17].

Психологическая реабилитация как составляющая психологической работы представляется собой целый комплекс медицинских, психологических, социальных и педагогических мероприятий, которые направлены на своевременную компенсацию и восстановление психологических функций организма людей, подвергшихся психотравмирующей ситуации в ходе проведения спасательных работ.

Следует отметить, что психологическая подготовка спасателей имеет тесную связь со всем комплексом психологической работы, элементами которой являются психологическая реабилитация, психологическая помощь и психологическое консультирование. Главная цель психологической подготовки заключается в формировании психологической устойчивости спасателя, его готовности противостоять стрессовым ситуациям и преодолевать чувство страха.

Основными задачами психологической подготовки спасателей являются:

- формирование способности противостоять воздействию психотравмирующих ситуаций при проведении спасательных работ;
- формирование психологической устойчивости к воздействию стрессогенных факторов в экстремальных условиях;
- повышение эмоциональной готовности к проведению спасательных работ;
- улучшение способности ориентирования и адаптации в быстро меняющейся ситуации и ситуации дефицита времени; своевременное оказание психологической помощи и поддержки коллегам при отсутствии квалифицированной помощи;
- формирование и развитие у спасателей таких профессионально важных качеств, как устойчивость восприятия, способность к самоконтролю и контролю за ситуацией, хорошо развитое пространственное мышление, эмоциональная стабильность, высокий уровень субъективного контроля, терпимость к стрессу и фрустрации, уверенность в себе, умеренная склонность к риску, а также средний уровень личной и ситуативной тревожности;
- формирование способности к восстановлению нарушенных в ходе проведения спасательных работ психических функций.

По мнению А.А. Вишневого и М.И. Шрайбера, психологическую подготовку следует условно разделить на общую, специальную и целевую [7].

Общая психологическая подготовка предполагает вооружение личного состава необходимыми профессионально-психологическими знаниями о специфике возможного отрицательного воздействия на психику и сознание в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и заключается в формировании у

спасателей высокой самооценки и профессиональной активности, конкретной мотивации, направленности и целеустремленности, а также готовности к самопожертвованию. На этом этапе ведущая роль отводится командирам подразделений, которые должны суметь сформировать у личного состава умение работать в команде, чувство профессионального долга, целеустремленность, положительную целенаправленность и мотивацию для добросовестного и качественного выполнения профессиональных обязанностей [7].

Специальная психологическая подготовка осуществляется в процессе обучения, а также приобретения умений и навыков в ходе проведения специальных психофизических тренировок, направленных на формирование у личного состава спасателей физической и психоэмоциональной готовности к конкретным видам аварийно-спасательных и других неотложных работ, а также эмоционально-волевой устойчивости, позволяющей сохранять спокойствие и самообладание в критических и представляющих угрозу для жизни ситуациях, не поддаваться панике и чувству страха, а также быть готовым к решительным действиям и ответственности за них [7].

Специальная психологическая подготовка спасателей предполагает:

- быструю адаптацию психики спасателя к обстановке в зоне чрезвычайной ситуации, а также переадаптацию в случае ее стремительного изменения;
- выработку высокой психоэмоциональной устойчивости, приобретение опыта действий в опасных ситуациях и экстремальных условиях;
- быстрое переключение и распределение внимания в условиях отвлекающих воздействий;
- способность быстро ориентироваться в новой и незнакомой обстановке;
- адекватную оценку степени важности поступающей информации;
- выполнение задач в условиях дефицита времени и необходимости принятия самостоятельных и ответственных решений;
- формирование способности преодолевать чувство страха и противостоять стрессовым воздействиям.

Целевая психологическая подготовка проводится с целью формирования у личного состава таких профессионально важных качеств, которые будут способствовать грамотному выполнению конкретных поставленных задач при проведении спасательных работ [7]. Среди этих качеств особо следует выделить следующие:

- способность избавляться от чувства страха и тревоги;
- способность переключаться с одного вида деятельности на другой, при этом, не теряя производительности;
- умение слажено работать в команде;
- владение разнообразными умениями с целью повышения универсальности спасателя, т.е. в нем должны сочетаться профессиональные качества альпиниста, пожарного, пловца, парашютиста, фельдшера, механика и т.д.;
- высокая эмоциональная устойчивость, активность действий и реалистичное отношение к сложившейся ситуации.

Важнейшей проблемой психологической подготовки является психологическая адаптация спасателей к обстановке в зоне чрезвычайной ситуации [7]. В переводе с латинского слово «адаптация» означает «приспосабливать», т.е. умение организма человека, личности или группы людей приспосабливаться к существующим или изменяющимся условиям внешней и внутренней среды.

По мнению исследователей, на протяжении всей своей жизни человек постоянно сталкивается с ситуациями, которые могут представлять угрозу для его жизни и здоровья. Одни связаны с проявлением природных факторов, другие могут возникать в результате неразумной деятельности или неосторожного поведения самого человека. Однако, несмотря на всю хрупкость организма, человек продолжает жить, действовать, созидать и творить [7]. В результате исследований было установлено, что выживание человека напрямую связано со способностью организма регулировать параметры внутренней среды и опосредованным образом отражать окружающую действительность [12]. Опираясь на мнение авторов, этой способностью человек обладает благодаря нервной системе и психике, которые в свою очередь обеспечивают процесс адаптации человека к условиям среды [15].

Специфика профессии спасателей заключается в том, что они постоянно выполняют работы в экстремальных условиях. А.А. Вишнеvский в своей работе отметил, что организм спасателя вынужден адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам внешней среды [7].

В ходе общей психологической подготовки проводятся практические занятия и тренировки, во время которых нервная система и психика спасателей функционирует в режиме, приближенном к действиям в обстановке чрезвычайной ситуации. К примеру, адаптация к работе на высоте, под водой, под землей, в условиях высокогорья, при воздействии нескольких экстремальных факторов; адаптация к работе в средствах защиты; адаптация к работе в условиях эмоционального напряжения (лимит времени, наличие пострадавших, травмированных, трупов); адаптация к работе в различных рабочих позах, в условиях потенциальной опасности, при воздействии значительных физических нагрузок; адаптация к работе в условиях изоляции; адаптация к работе при воздействии неблагоприятных погодных и климатических условий.



Сформированное в результате тренировок умение адаптироваться позволяет спасателям адекватно отреагировать на сложившуюся обстановку в зоне чрезвычайной ситуации и в кратчайшие сроки приступить к выполнению аварийно-спасательных работ. При этом их работоспособность сохраняется на достаточном уровне.

Согласно поставленной цели исследования, логическим продолжением изучения условий формирования морально-психологической подготовки, является разработка ее методов.

Высокий уровень подготовки специалистов и населения к действиям в чрезвычайных ситуациях существенно снижает количество пострадавших и погибших людей, а также и материальные потери. Автор А.А. Ильин считает, что даже само по себе информирование населения о психогенном воздействии события чрезвычайной ситуации и обязательном поведении людей существенно снижает силу психотравмирующего воздействия катастрофических явлений [9].

Также необходимо отметить, что кроме информирования о возможном событии, формах его проявления и динамики развития важным фактором повышения психической устойчивости населения является учет индивидуальных психологических особенностей людей. Например, руководители коллективов предприятий и учреждений, а также так называемые неформальные лидеры, пользующиеся большим и признанным авторитетом, обладающие влиянием на группу и особым психологическим складом, в чрезвычайных ситуациях могут оказаться организаторами целесообразных и осознанных действий людей или, наоборот, оказаться генераторами паники. По мнению А.А. Ильина, от их поведения в экстремальных условиях может зависеть поведение и действие всего коллектива. Важно отметить, что людей с явно выраженными признаками демонстративного типа характера не следует назначать на должности, которые связаны с возможностью воздействия на людей в экстремальных условиях [9].

Во избежание такого рода провокаций на предприятиях должны проводиться специальные тренинги, в результате которых личности эмоционально ярко окрашенные с выраженным демонстративным типом поведения обучаются адекватным и целесообразным действиям в чрезвычайных ситуациях, а члены коллектива обучаются не реагировать в критической обстановке на истерические реакции. Подобного рода тренировки особенно важны для людей с чувствительной психикой, для которых характерны впечатлительность, ранимость, тревожность и стеснительность. Тренировки закаляют психику таких людей, и в критических условиях они будут действовать с чувством сопереживания, чуткости, ответственности за результаты спасательных работ [16].

По мнению С.И. Кириленко, при профессиональном подборе и подготовке начальствующего состава, командиров формирований и спасателей следует учитывать влияние такого явления, как «синдром посттравматического стресса», тяжелого психического состояния, которое возникает в результате психотравмирующего воздействия. В результате наблюдения было выявлено, что примерно в течение тридцати дней после катастрофы у некоторых спасателей возникают нарушения, типичные для острой стадии психического заболевания, проявляющиеся в виде различных вегетативных неврозов с сопутствующим нарушением работы сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, сопровождающиеся функциональной недостаточностью иммунной и гормональной систем, повышенной усталостью, потерей аппетита, нарушением сна, навязчивыми мыслями, эмоциональными переживаниями. Возникают проявления так называемой «раздражительной слабости», при которой на фоне психической истощенности и тревожности повышается уровень эмоциональных проявлений. При удачном стечении обстоятельств через некоторое время нормальное психическое состояние людей восстанавливается и произошедшие события дают о себе знать лишь остаточными редкими и очень незначительными проявлениями [17].

Необходимо отметить, что картины человеческих страданий оставляют аффективный след в памяти людей и полностью не изглаживаются из сознания спасателей. Жизненные неудачи, серьезные заболевания, существенное ухудшение социального статуса могут привести к тому, что болезнь может перейти из ничем не проявляющейся скрытой в открытую острую форму, симптомы которой были приведены выше. Обострение может наступить внезапно через несколько лет и даже десятилетий. Вид разрушений и человеческих жертв, напоминающий образы пережитой катастрофы, воспоминания на встречах ветеранов, обсуждение различных действий в зоне чрезвычайной ситуации могут дать толчок для этого.

В «группе риска» находятся спасатели с низкой эмоционально-волевой устойчивостью, не прошедшие специальные психологические тренинги, а также те, кто ранее перенес глубокую психологическую травму.

Для предупреждения нежелательных явлений и возможности своевременного корректирования психического состояния спасателей процесс профессионального отбора спасателей должен включать тестирование глубинных психических свойств и особенностей личности, которые ориентированы преимущественно на бессознательные механизмы психики [9]. Кроме того, при профессиональном психологическом отборе следует применять специальные тестовые методики, позволяющие правильно оценить психологическую предрасположенность человека к тем или иным видам деятельности.

Особо важную роль играет освоение спасателями навыков аутогенной тренировки, т.е. своеобразной психотерапевтической методики, направленной на восстановление динамического равновесия гомеостатических механизмов человеческого организма, нарушенных в результате стресса [18].

Необходимо отметить, что психологические свойства и качества личности спасателя не являются неизменными и могут корректироваться в течение жизни. Разнообразные тренировки, внутригрупповое и межгрупповое взаимодействия, самостоятельные упражнения и приемы аутогенного психокоррекционного воздействия могут существенно изменить и развить уже имеющиеся специфические личностные психологические качества, а владение навыками саморегуляции позволит спасателю в экстремальных условиях быстро преодолевать усталость, сохранять стабильность на определенном относительно стабильном уровне и в кратчайшие сроки восстанавливать работоспособность.

Занятия на тренировочных полигонах с использованием специальных муляжей и звукового сопровождения, позволят повысить эмоциональную-психологическую устойчивость спасателя к таким психотравмирующим факторам, как вид обезображенных и погибших людей, крики и стоны. По мнению современных авторов, такой способ обучения может показаться слишком «жестоким», однако пренебрегать им не следует, так как в реальной обстановке спасатель в кратчайшие сроки адаптируется к ситуации и быстро, с достаточной эффективностью будет вести спасательные работы [16].

Существуют и другие методы психологической подготовки к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций. Например, создание моделей чрезвычайных ситуаций; проведение тренировок на учебно-тренировочных базах в экстремальных погодных и климатических условиях с применением комбинированного воздействия факторов огня, задымления, высоты, водных преград, химически опасных веществ; создание трудных ситуаций по спасению пораженных (манекенов) из-под завалов при наличии возгораний; тушение огня на манекенах; преодоление водных преград в специальном снаряжении; тренировки по решению задач с применением видеокомпьютерных имитаторов ситуаций аварий на химически и радиационно опасных объектах; принятие решений в условиях неопределенности, дефицита времени, внезапного изменения обстановки; психологическая закалка; посещение морга, анатомического театра, демонстрация учебных фильмов по подготовке врачей-травматологов [16].

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Таким образом, в результате проведенного исследования удалось установить, что морально-психологическая подготовка является важнейшим условием адекватных действий спасателей в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Она способствует быстрой адаптации спасателей к обстановке в зоне чрезвычайной ситуации, формирует профессионально важные качества спасателей, представление о характере подготовки и проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, психологическую устойчивость для работы в экстремальных условиях. Предложенные в статье методы в процессе психологического отбора и практического обучения в ситуациях, приближенных к реальным, помогут сформировать очень важные для спасателей качества и тем самым существенно снизить человеческие, а нередко и материальные потери.

#### **Библиографический список**

1. Аганов С.С. Совершенствование боевой и физической подготовки курсантов института ГПС МЧС России // Труды 54-й Военно-научной конференции. – СПб.: ВУС, 2004.
2. Александровский Ю.А. Пограничные психологические расстройства. – М.: Медицина, 1993.
3. Андреева Г.М. Социальная психология. – М., 2001. – 361 с.
4. Анашкин О.А. Совершенствование содержания воспитания военнослужащих ВС РФ. Автореф. дисс. ... д.пед.наук. – СПб, 2004.
5. Баженов О.В. Социальное воспитание личного состава МЧС России: Дисс. кандидата педагогических наук. – СПб., 2007.
6. Варов В.П., Назаренко Ю.Н., Колос И.В. Психическое состояние сотрудников правоохранительных органов, переживших землетрясение // Военно-медицинский журнал, 1991. – № 1.
7. Вишневецкий А.А., Шрайбер М.И. Военно-полевая хирургия. – М., 1999. – С. 25.
8. Воробьев А.И. Синдром посттравматического стресса у ветеранов войны, перенесших боевую психологическую травму // Военно-медицинский журнал, 1991. – № 8.
9. Ильин А. А. Школа выживания при авариях и стихийных бедствиях. – М., 2001.
10. Колос И.В., Назаренко Ю.Н., Вахов В.П. Психические нарушения у сотрудников службы обеспечения порядка, работавших в зоне аварии ЧАЭС // Военно-медицинский журнал, 1991. – № 9.
11. Леви М.В. Исследование посттравматических стрессовых расстройств у пожарных России / М. Леви. Социально-психологическая реабилитация населения, пострадавшего от экологических и техногенных катастроф: Материалы 4-й международной конференции. – Минск, 1999. – С. 120.
12. Меерсон Ф. З. Адаптация, деадаптация и недостаточность сердца. – М., 1978.
13. Методические рекомендации по оценке психологической готовности спасателей к действиям в экстремальных условиях. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2003.
14. Решетников М.М., Баранов Ю.А., Мухин А.П., Чармянин С.В. Психофизиологические аспекты состояния, поведения и деятельности людей в очагах стихийных бедствий и катастроф // Военно-медицинский журнал, 1991. – № 9.

15. Савченко В.Ю., Губин В.В., Ефимов В.М., Неотрович В.А. Особенности лечебно-эвакуационного обеспечения при ликвидации последствий смерча // Военно-медицинский журнал, 1991. – № 5.
16. Справочник спасателя: Книга 3: Спасательные работы при ликвидации последствий обвалов, оползней, селей, снежных лавин /ВНИИ ГОЧС. – М., 2006. – С. 158.
17. Чернобыльский след. Кириленко С.И. Психологические последствия Чернобыльской катастрофы. – М.: МГП «Вотум», 1992. – С. 15.
18. Шульц И.Г. Аутогенная тренировка. UbungscheftfurdasautogeneTraining / пер. с нем. С. Дземешкевич. – М: Медицина, 1985. – 32 с.

© С.А. Игнатенко, 2015

E-mail: bgdicz\_ignatenko@mail.ru

Рецензент д.пед.н., проф. П.В. Стефаненко

## **ORGANIZATION OF THE MORAL AND PSYCHOLOGICAL PREPARATION OF EMERGENCY MINISTRY EMPLOYEES TO ACTION IN EMERGENCY SITUATIONS**

**Ignatenko S.**, Senior lecturer of the Department of Life Safety  
Institute of Civil Protection of Donbass  
SHEI «Donetsk National Technical University»

*The article deals with the moral and psychological aspects of rescue, types and forms of psychological work, as well as the proposed terms and methods of formation moral and psychological training of the Ministry of Emergency Situations to act in emergency situations. The introduction of these methods into practice will contribute to the formation of self-rescuers skills in extreme conditions, overcome fatigue and a rapid restoration of health, and also improve their emotional stability.*

**Keywords:** *The moral and psychological preparation, conditions, methods of formation, rescue, resistance, psyche, natural disasters, emergency workers, emergency, accident, disaster, factors which form stress, psychological work.*

## РАДИОТЕХНИКА И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 621.396.9

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ЗАТУХАНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ПОМЕЩЕНИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

**Паслён В.В.**, к.т.н., доц.,  
зав. кафедрой радиотехники и технической защиты информации,

**Яблоков С.А.**, студент

Институт гражданской защиты Донбасса  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*В статье анализируется возможность приближенного моделирования распространения поля в помещениях для локальной беспроводной сети с помощью трассировки лучей, а также наглядного отображения результата. Результаты моделирования позволяют сделать грубую оценку мощности излучения в различных частях рассматриваемого помещения, что может быть использовано для выбора оптимального места размещения передатчика локальной беспроводной сети с целью обеспечения максимальной зоны покрытия сети, предотвращения снятия злоумышленниками конфиденциальной информации по беспроводному каналу связи, а также уменьшения вредного влияния передатчика на человека.*

**Ключевые слова:** моделирование, поле, распространение, помещение, связь, трассировка, информация, анализ, обзор, подход, отражение.

#### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

Всеобщее распространение беспроводных систем связи приводит к необходимости приближенного расчета поля в помещениях для оптимального расположения передатчика. Это помогает решить как задачу обеспечения покрытия зоны обслуживания передатчиком, так и задачу предотвращения утечки информации по беспроводному каналу связи.

Целью работы является разработка модели затухания радиоволн для помещений сложной формы и проверка возможности ее применения на практике, а также создание инструмента для схематичного отображения на компьютере помещения сложной формы и наглядного представления результатов представленной модели в виде зоны покрытия передатчика с учетом отражения волн.

**Изложение основного материала исследования.** Для начала рассмотрим особенности распространения радиоволн локальных беспроводных сетей.

Радиоволнами называют электромагнитное излучение с длинами волн в электромагнитном спектре длиннее инфракрасного света. Радиоволны имеют частоту от 3кГц до 300 ГГц и соответствующую длину волны – от 1 мм до 100 км. Распространение радиоволн в помещениях имеет свои особенности.

1. Находящиеся внутри помещения предметы обстановки и стены создают препятствия для прохождения радиоволн. То, насколько существенно препятствие ослабляет сигнал, определяется свойствами материала. Так, препятствия из фанеры, дерева, стекла, тканей слабо влияют на распространение. Препятствия из кирпича и бетона – средне. Высокое влияние имеют железобетонные конструкции и стены с теплоизоляционными утеплителями из фольги. Влияние гипсокартонных конструкций и стен может зависеть от влажности в помещении.

2. Внутри помещений становится существенным влияние явления интерференции. Вследствие многократных отражений от различных конструкций внутри помещения волны от одного передатчика достигают определенных участков разными путями, из-за чего имеют разную фазу колебаний. Это приводит к увеличению напряженности поля в одних местах помещения и уменьшению в других. При определенных условиях это приводит к замираниям сигнала, т.е. к возникновению таких зон, в которых прием сигнала невозможен. «Мертвые зоны» возникают, когда волны с различными путями распространения, пройдя разное расстояние, приходят в определенную область в противофазе, ослабляя друг друга. Небольшое перемещение приемника или передатчика обычно решает данную проблему.

Что касается зависимости распространения радиоволн от модели помещения, следует отметить, что существует множество задач связанных с распространением радиоволн, однако у них есть общая составляющая – требуется определить взаимосвязь между сигналом источника и сигналом, который доходит до приемника (рис. 1).

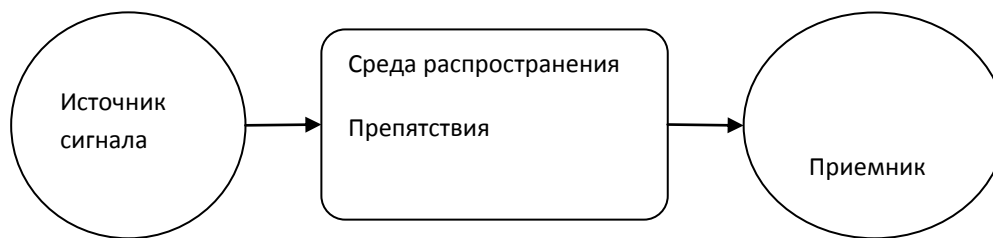


Рис. 1. Основные элементы канала связи.

В случае, когда источником сигнала выступает передатчик локальной беспроводной сети, препятствиями являются стены помещения. Для представления такой среды распространения в ходе работы была создана небольшая программа для создания и редактирования помещений (рис. 2).

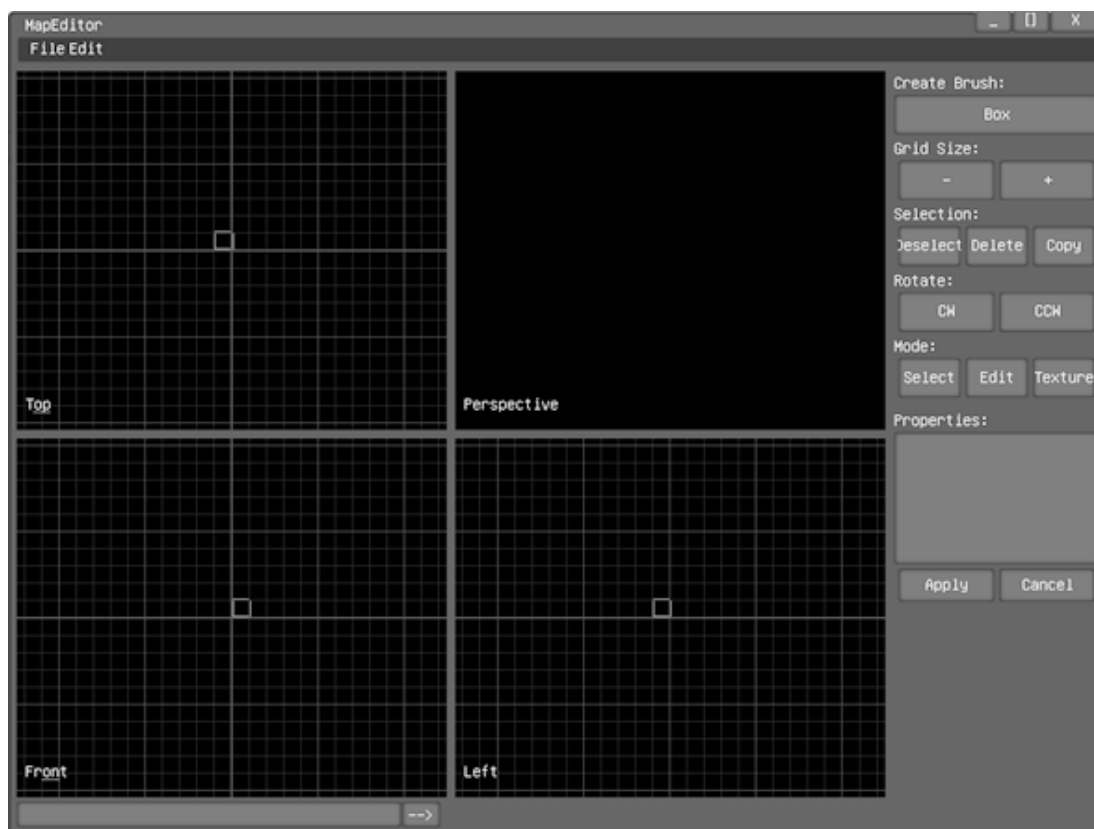


Рис. 2. Окно редактора

Для представления элементов помещения использована конструктивная сплошная (блочная) геометрия (КСГ) [1], так как она часто используется для моделирования твердых тел. КСГ позволяет создать сложную сцену из набора простых примитивов, тел с простой формой, комбинируемых при помощи операций объединения, разности и пересечения. Данный метод является достаточно понятным и простым способом грубого моделирования сложных объектов путем комбинирования простых.

Помещение строится из выпуклых многогранников, плотно прилегающих друг к другу (рис. 3). Их математическое представление – список плоскостей, описывающих каждую грань. Плоскости описаны тремя точками с целыми координатами, это позволяет избежать проблем с точностью дробных чисел и убедиться в точном расположении плоскостей «по сетке».



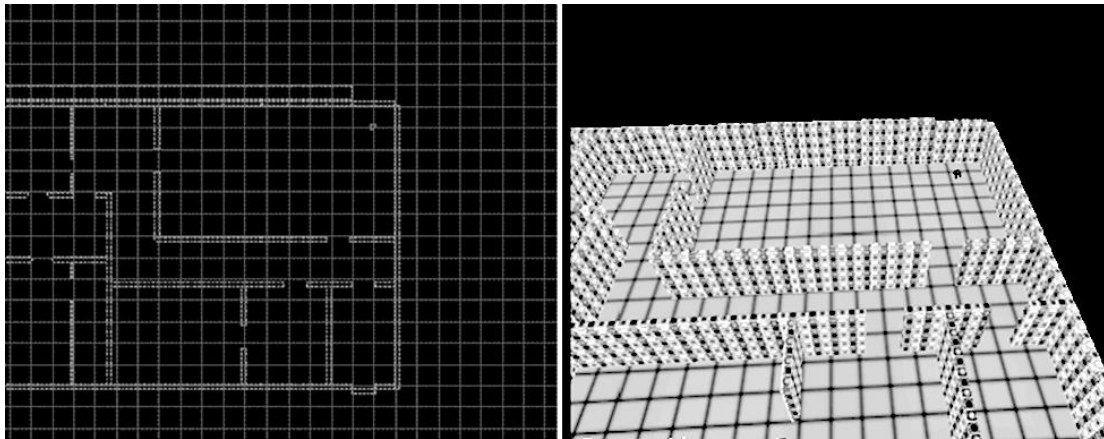


Рис. 3. Помещение в окне редактора

Собранные вместе многогранники образуют замкнутое помещение. Для визуального представления из многогранников путем нахождения точек пересечения троек плоскостей строятся многоугольники, которые выводятся на экран. Все невидимые внешние поверхности будут удалены позже. Все многогранники записываются в простой текстовый файл (рис. 4).

```
brush
{
    side ( -1040 0 240 ) ( -1040 1712 240 ) ( 752 1712 240 ) [ 1 0 0 0 ] [ 0 1 0 0 ] 0 2 5
    side ( -1040 0 240 ) ( -1040 0 256 ) ( -1040 1712 256 ) [ 0 0 1 0 ] [ 0 1 0 0 ] 0 0 3
    side ( -1040 0 240 ) ( 752 0 240 ) ( 752 0 256 ) [ 1 0 0 0 ] [ 0 0 1 0 ] 0 0 4
    side ( -1040 0 256 ) ( 752 0 256 ) ( 752 1712 256 ) [ 1 0 0 0 ] [ 0 1 0 0 ] 0 0 2
    side ( 752 0 240 ) ( 752 1712 240 ) ( 752 1712 256 ) [ 0 0 1 0 ] [ 0 1 0 0 ] 0 0 0
    side ( -1040 1712 240 ) ( -1040 1712 256 ) ( 752 1712 256 ) [ 1 0 0 0 ] [ 0 0 1 0 ] 0 0 1
}
```

Рис. 4. Представление многогранника в файле.

- 1 – три точки, описывающие плоскость;
- 2 – дополнительная информация для визуального представления

Метод трассировки применим только для случая, когда размер препятствия существенно больше длины волны моделируемого источника. Это один из методов геометрической оптики – исследование оптических систем путем отслеживания взаимодействия отдельных лучей с поверхностями. Простейшим взаимодействием является зеркальное отражение луча. При необходимости кроме моделирования отражения также можно учесть явление дифракции, однако это окажет несущественное влияние на результат.

Чаще всего трассировка предполагает определенный набор шагов.

1. Подготовка. В этом шаге уменьшается количество поверхностей, которые требуется проверить на пересечения. Это может быть, например, проверка на ориентированность поверхности против направления луча, а также проверка на пересечение с окружающим сложный объект параллелепипедом.
2. Предварительное угадывание. В этом необязательном шаге на основе расположения передатчика и источника выбираются наиболее важные для расчета точки и заносятся в отдельный список.
3. Выбор направления. Выбирается следующий луч для проверки на пересечение. Это может быть случайный выбор или выбор на основе списка точек, полученного на предыдущем шаге.
4. Проверка луча на пересечение. Луч проверяется на пересечение, строится его зеркальное отображение и производится необходимое количество отражений, записываются все необходимые данные.
5. Расчет поля. В зависимости от поставленной задачи данные полученные на предыдущем шаге используются для отображения конечного результата.

При трассировке лучей потребуются нахождение пересечения многоугольников и луча. Из всех точек пересечения необходимо будет выбрать ближайшую. Таким образом, для каждого луча потребуются проверка на пересечение с каждым многогранником при каждом отражении. Это значит, что вместе с усложнением формы помещения или его размеров линейно будет расти и время расчета. Чтобы избавиться от такой зависимости, принято строить специальные ускоряющие структуры, которые позволяют сразу отбросить большие куски пространства при проверке пересечения с лучом. Примером такой структуры может быть двоичное разбиение (рис. 5). В качестве разбивающих выбираются такие плоскости, которые делят многоугольники на два примерно равных списка. Разбиение производится до тех пор, пока каждый узел дерева не станет выпуклым.



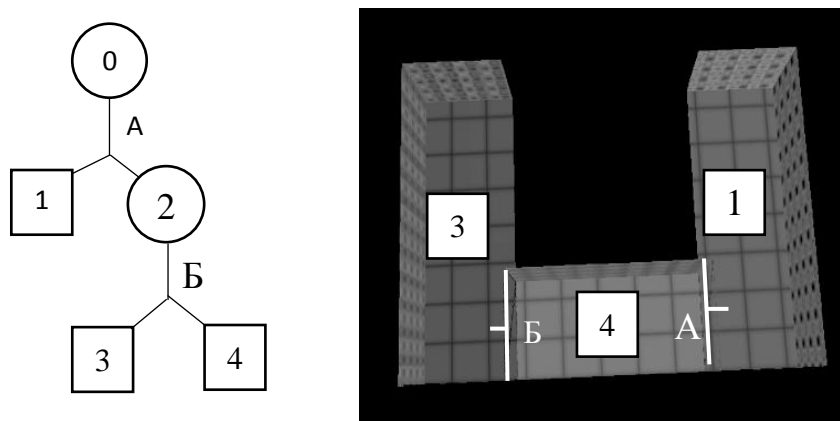


Рис. 5. Пример двоичного дерева  
0, 1, 2, 3, 4 – узлы дерева;  
А, Б – разбивающие плоскости

Подробно процесс нахождения пересечений описан в работе автора [5].

Следующим существенным элементом анализа является распространение поля.

В качестве источника сигнала используется точка, излучающая равномерно во все стороны. Из точки выбирается случайный вектор и находится его пересечение с помещением. Полученный отрезок и соответствующее ему значение напряженности поля сохраняется в список.

Из конца отрезка зеркально строится следующий луч. Отраженный вектор можно построить по формуле (векторы единичные):

$$\bar{r} = \bar{v} - 2\bar{n}(\bar{n} * \bar{v}), \quad (1)$$

где  $\bar{v}$  – падающий вектор,  $\bar{n}$  – нормаль поверхности.

Отраженный луч должен иметь уже меньшее значение напряженности, это учитывается с помощью коэффициента отражения [2]:

$$\Gamma = \left( \frac{\sin\theta - \sqrt{\varepsilon - \cos^2\theta}}{\sin\theta + \sqrt{\varepsilon - \cos^2\theta}} \right)^2, \quad (2)$$

где  $\theta$  – угол падения луча,  $\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость стены.

Процесс продолжается для требуемого количества отражений и требуемого количества лучей.

Когда расчет лучей закончен, строится сетка с некоторым разрешением, например, 100x100x100, каждый отрезок лучей прибавляет значение своей интенсивности с учетом пройденного пути в фиксированный момент времени к тем ячейкам сетки, через которые он проходит.

В качестве сигнала взят гармонический сигнал. Полученная сетка выводится на экран в виде точек – чем больше точка, тем больше интенсивность (рис. 5).

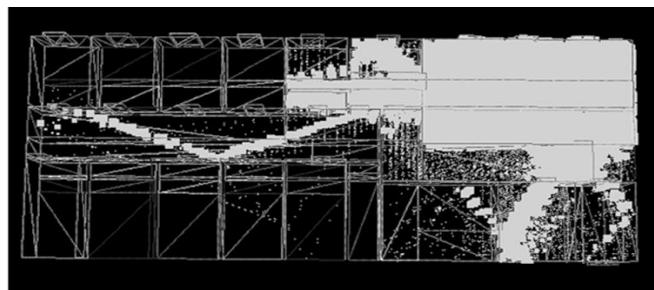


Рис. 5. Результат расчета для «глубины» 8

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Результаты расчета подтверждают, что данная приближенная модель распространения показывает достаточно достоверный результат для простой оценки оптимальности расположения передатчика в помещении.

**Библиографический список**

1. Sandy Sefi, Ray Tracing Tools for High Frequency Electromagnetics Simulations // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nada.kth.se/utbildning/forsk.utb/avhandlingar/lic/030612sefi.pdf>.
2. Липлянский И.А. Модель трассировки лучей для распространения радиоволн в помещениях // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ortus.rtu.lv/science/lv/publications/4272;jsessionid=451EC9D108A3C5E8ED2E87815EE674EF/fulltext.pdf>
3. Паньчев А.И. Алгоритм трехмерной трассировки радиоволн локальной беспроводной сети // Известия Южного федерального университета. – 2012 – № 11 // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-trehmernoj-trassirovki-radiovoln-lokalnoy-besprovodnoy-seti>.
4. Ranya-Eskola S. Binary Space Partitioning Trees and Polygon Removal in Real Time 3D Rendering // Uppsala Master's Theses in Computing Science // [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://sha.nnoncarey.com/physics/SamuelRanta-Eskola\\_BSPTrees.pdf](http://sha.nnoncarey.com/physics/SamuelRanta-Eskola_BSPTrees.pdf).
5. Nathan Ostgard, Quake 3 BSP Collision Detection // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://openzone.googlecode.com/githistory/f73bb8dfe8e6a16c13d39aba1c8f6537ee263d07/doc/Quake3BSP.html>.

© В.В. Паслён, С.А. Яблоков, 2015

E-mail: [mrampf11994@gmail.com](mailto:mrampf11994@gmail.com)

Рецензент И.Л. Щербов

**DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF THE MODEL OF ATTENUATION OF RADIO WAVES FOR COMPLEX SHAPED PREMISES**

**Paslyon V.**, Ph.D., assistant professor  
head of the Department of Robotics and Technical Information Protection,

**Yablokov S.**, student

Institute of Civil Protection of Donbass  
SHEI «Donetsk National Technical University»

*The article examines the possibility of an approximate simulation of field propagation in the premises for the local wireless network using ray tracing, and also a visual display of results. The simulation results allow us to make a rough estimate of the radiation power in various parts of the considered space. Results can be used to choose the optimal placement of the local wireless network transmitter in order to maximize network coverage, to prevent stealing of confidential information by intruders, as well as reduce of the harmful effects a transmitter upon the person.*

**Keywords:** modeling, field, propagation, premises, communication, ray tracing, information, overview, technique, reflection.

УДК 621.867.2-408.3:614.841.24

## ТЕПЛООБМЕН ПРИВОДНОГО БАРАБАНА И КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ ПРИ ЕЕ ПОЛНОЙ ПРОБУКСОВКЕ

**Толкачѳв О.Э.**, к.т.н., доц., доцент кафедры вычислительной математики и программирования  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»,

**Клычков А.А.**, с.н.с., **Дикенштейн И.Ф.**, с.н.с.,  
НИИГД «Респиратор» МЧС ДНР

*В статье рассматривается нестационарная одномерная задача идеального термического контакта двух тел (футеровочный барабан-лента). Общее граничное условие учитывает тепловые потоки в барабан, ленту и, за счет вынужденной конвекции при вращении барабана, в окружающую среду. Полученное решение можно использовать для оценки времени, необходимого для нагрева трущихся поверхностей до пожароопасных температур. Получена оценка скорости нарастания конвективного потока тепла со свободной поверхности барабана.*

**Ключевые слова:** трение, нагрев, футеровка, приводной барабан, пожароопасность, аналитическая модель, температура, конвекция.

### Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.

Ленточный конвейер является сложным транспортным агрегатом, содержащим в своем составе электрические приводы с маслозаполненными редукторами, электрическую аппаратуру управления, пусковую аппаратуру, кабели, став с большим количеством роликоопор, приводными и натяжными барабанами, Турбо- или гидромуфтами, а также конвейерную ленту, протяженную по всей длине става и, следовательно, по большой длине горных выработок, содержащую в своем составе значительный объем горючих материалов, способных, при определенных условиях, гореть и выделять большое количество токсичных продуктов горения.

Статистика подземных экзогенных пожаров в выработках, оборудованных ленточными конвейерами, представлена в табл. 1.

Таблица 1  
Количество экзогенных пожаров на конвейерах в угольных шахтах Украины за 2004-2011 гг.

Причина возникновения пожара	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Итого
Трение конвейерных лент, в том числе	3	1	1	1	3	1	1	3	-	-	14
Пробуксовка ленты на приводных барабанах	2	-	1	-	2	1	1	3	-	-	10

Таким образом, за 10 лет произошло 14 пожаров на ленточных конвейерах, в том числе 10 по причине пробуксовки ленты на приводных барабанах.

Эти пожары наносят значительный ущерб. Так, пожар, случившийся 10.05.2011г. в конвейерном уклоне пл К5 «Перевальская» ГП ОД «Луганскуглереструктуризация», причинил ущерб в сумме 1036 тыс. грн., а пожар, произошедший 11.06.2011г. в 37-м западном конвейерном штреке шахты «Суходольская-Восточная» ш/у «Суходольское Восточное» ПАО «Краснодонуголь», – более 7,6 млн. грн.

Анализ пожаров, произошедших в шахтах на ленточных конвейерах, показывает, что загорание конвейерных лент возможно от двух источников воспламенения:

- внешних источников, образующихся при загорании шахтной деревянной крепи, угля, электрических кабелей или других горючих объектов и веществ, когда в зоне горения находится конвейер и, следовательно, конвейерная лента;

- источников, образующихся при работе самих конвейеров, в основном от трения ленты на барабанах конвейера, неисправных роликоопорах, металлических конструкциях става конвейера и т.п.

**Изложение основного материала исследования.** Для загорания ленты в ее агрегатном состоянии от внешних источников необходимо длительное действие мощного источника с температурой в сотни градусов. Загорание ленты от источников, образующихся при работе конвейера, как правило, происходит при относительно малой мощности и значительно более низких температурах. Это объясняется тем, что в этом

случае происходит первичное загорание не целой ленты в ее агрегатном состоянии, а мелкодисперсных частиц, которые образуются при истирании поверхности или бортов ленты. Такое истирание происходит либо в результате пробуксовки (проскальзывания) ленты на барабане конвейера, либо при трении борта ленты о различные предметы, в том числе металлические конструкции става конвейера.

Пробуксовка ленты может произойти вследствие заштыбовки футеровки приводных барабанов и при недостаточном натяжении ленты, когда образуется ее «слабина», особенно если происходит защемление ленты по длине става конвейера. При пробуксовке теряется механическая связь ленты с барабаном, лента может быть вовсе остановлена, тогда как барабан продолжает вращаться и интенсивно истирает поверхность ленты с образованием мелкодисперсных фракций и пыли. Эти фракции и пыль оседают внизу барабана, барабан от трения нагревается, и при его остановке происходит контактный нагрев мелкодисперсных частиц истирания ленты, вызывающий в начальной стадии сначала процесс тления, а затем и пламенного возгорания. Если же в этой зоне имеется достаточное количество горючего материала, то в дальнейшем происходит загорание всей ленты, деревянной крепи и других горючих изделий и материалов.

Особенно интенсивное истирание ленты и образование большого количества мелкодисперсных частиц происходит, если под вращающийся барабан затягивается петля ленты или оторвавшаяся ее часть.

Приводной барабан при пробуксовке ленты нагревается до температуры ( $t > 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), которая может превышать температуру тления мелкодисперсных частиц истирания ленты (табл. 2).

Таблица 2

Температурные показатели пожароопасности материала конвейерной ленты для шахт

Наименование образцов	Температура самовоспламенения, $^{\circ}\text{C}$	Температура тления, $^{\circ}\text{C}$
Образцы ленты в агрегатном состоянии	286-350	185
Измельченные частицы ленты	225	97
Образцы резиновой футеровки приводного барабана	294	Не определялась
Измельченные частицы футеровки приводного барабана	290	

Температура барабана повышается сразу после возникновения проскальзывания конвейерной ленты. При температуре около  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  начинается процесс термодеструкции, а при  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  наблюдается шелушение резины. Через 10-20 минут температура может достигать  $300\text{-}380\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Значительный рост температуры поверхности барабана приводит к воспламенению угольной пыли, продуктов шелушения резины и непосредственно конвейерной ленты.

По результатам зарубежных исследований температура воспламенения конвейерных лент с обычным резиновым покрытием составляет  $380\text{-}410\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с покрытием на основе неопренового каучука –  $300\text{-}550\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на основе бутадienstирольного каучука –  $450\text{-}500\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При кратковременном воздействии теплоты от трения обкладки ленты не воспламеняются. Однако мельчайшая каменноугольная пыль при нагревании до  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$  способна воспламениться через минуту и воспламенить конвейерную ленту.

Воспламенение угольной пыли происходит даже при температуре  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ , если время контакта ее с лентой составит около 50 минут. Воспламенение конвейерной ленты при трении на барабане возникает также при ослабленном натяжении ленты или при ее разрыве.

Поэтому большинство пожаров на ленточном конвейере (до 75 %) возникает при пробуксовке ленты на приводном барабане. При 100%-ной пробуксовке воспламенение возникает уже через 15-30 мин.

Одним из путей решения данной проблемы является предупреждение пожароопасного нагрева барабана путем постоянного контроля температуры обшивки барабана и подачи воды на его охлаждение при повышении температуры.

Для определения параметров условия подачи воды на охлаждение барабана (температура датчика, инерционность срабатывания) необходимо исследовать процесс нарастания температуры контакта «барабан – лента» при возникновении пробуксовки.

В работе [1] расчет нагрева приводного барабана проводился упрощенно – на основе уравнения теплового баланса, в работе [2] сделана только общая постановка задачи, в работе [3] рассматривается задача прогрева ленты при заданном тепловом потоке на ее поверхности и нет учета отбора тепла всей поверхностью барабана и отдачи части теплового потока за счет вынужденной конвекции со свободной поверхности вращающегося барабана.

Для получения более точных зависимостей необходимо рассмотреть задачу контакта двух сред.

Рассмотрим процесс трения футерованного приводного барабана при полной пробуксовке конвейерной ленты.

Поверхность контакта считаем гладкой, что позволяет воспользоваться касательными усилиями и, следовательно, тепловой поток будем считать пропорциональным скорости, прилагаемому усилию и коэффициенту трения

$$Q = \mu \cdot v \cdot P, \quad (1)$$

где  $Q$  – тепловой поток, создаваемый при пробуксовке всей границе контакта,  $Bm/m^2$

$\mu$  – коэффициент трения;

$v$  – скорость вращения барабана,  $m/c$ ;

$P$  – усилие прижатия ленты,  $H$ ;

Допустим, что на границе контакта отсутствует термическое сопротивление, т.е. температуры ленты и барабана равны друг другу.

$$T_1 = T_2, \quad (2)$$

При больших скоростях вращения барабана температура меняется только в радиальном направлении и не зависит от угла вращения. Это позволяет допустить, что тепловой поток  $Q$ , выделяемый на границе контакта, разделяется на три части

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (3)$$

где  $Q_1$  – часть теплового потока, поглощаемого лентой;

$Q_2$  – часть теплового потока, поглощаемого барабаном;

$Q_3$  – часть теплового потока, отдаваемая барабаном в окружающую среду;

Границу контакта можно считать плоской, так как толщина ленты и барабана на два порядка меньше радиуса барабана  $R$ .

Потоки тепла  $Q_1$  и  $Q_2$  пропорциональны градиентам температуры и равны соответственно

$$Q_1 = S \cdot \lambda_1 \cdot \frac{\partial T_1}{\partial x}, \quad (4)$$

$$Q_2 = (S + S_1) \cdot \lambda_2 \cdot \frac{\partial T_2}{\partial x}, \quad (5)$$

где  $S$  – площадь поверхности контакта,  $m^2$ ;

$S_1$  – площадь свободной поверхности барабана,  $m^2$ ;

$\lambda_1, \lambda_2$  – коэффициенты теплопроводности материала барабана и ленты соответственно,  $Bm/(m.K)$ ;

$T_1, T_2$  – температуры барабана и ленты, соответственно,  $K$ .

Тепловой поток  $Q_3$  вызван вынужденной конвекцией при вращении барабана и равен

$$Q_3 = S_1 \cdot \alpha \cdot (T_2 - T_0), \quad (6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи при вращении барабана,  $Bm/(m^2.grad)$ ;

$T_0$  – температура окружающего воздуха,  $K$ .

Если пренебречь теплоотдачей с внешней поверхности барабана и от футеровки к металлу обечайки, то задачу можно упростить, считая слои полубесконечными. На бесконечности вводим обычное условие постоянства температуры.

Таким образом, мы имеем одномерную задачу контакта двух поверхностей с тепловыделением на границе контакта, которая описывается уравнением теплопроводности с соответствующими граничными условиями.

$$\frac{\partial T_1}{\partial \tau} = a_1 \cdot \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2}, \quad x > 0, \quad \tau > 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \tau} = a_2 \cdot \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2}, \quad x < 0, \quad \tau > 0 \quad (8)$$

$$T_1(x, \tau)|_{x \rightarrow \infty} \rightarrow T_0, \quad \tau > 0 \quad (9)$$

$$T_1(0, \tau) = T_2(0, \tau), \quad \tau > 0 \quad (10)$$

$$-\lambda_1 S \frac{\partial T_1}{\partial x} + \lambda_1 (S + S_1) \frac{\partial T_2}{\partial x} + \alpha S_1 (T_2 - T_0) = \mu \nu P, x = 0, \tau > 0 \quad (11)$$

$$T_2(x, \tau)|_{x \rightarrow \infty} \rightarrow T_0, \quad \tau > 0 \quad (12)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты теплопроводности барабана и ленты, соответственно,  $M^2/c$ ;

$\tau$  – время, с.

Задача решается с помощью преобразования Лапласа

$$T_1(x, \tau) = T_0 + \frac{\mu \nu P}{S_1 \alpha} \left[ \operatorname{erfc} \frac{x}{2\sqrt{a_1 \tau}} - \exp\left(\frac{Bx}{\sqrt{a_1}} + B^2 \tau\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{a_1 \tau}} + B\sqrt{\tau}\right) \right] \quad (13)$$

$$T_2(x, \tau) = T_0 + \frac{\mu \nu P}{S_1 \alpha} \left[ \operatorname{erfc} \frac{|x|}{2\sqrt{a_2 \tau}} - \exp\left(\frac{B|x|}{\sqrt{a_2}} + B^2 \tau\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{|x|}{2\sqrt{a_2 \tau}} + B\sqrt{\tau}\right) \right]; \quad (14)$$

$$\text{где } B = \frac{S_1 \alpha}{S \lambda_1 / \sqrt{a_1} + (S + S_1) \lambda_2 / \sqrt{a_2}}.$$

(15)

Из решения (13) – (14) можно получить значение температуры на границе контакта.

$$T_{\text{конт.}} = T_0 + \frac{\mu \nu P}{S_1 \alpha} \left[ 1 - e^{B^2 \tau} \operatorname{erfc} B \sqrt{\tau} \right]; \quad (16)$$

При  $\tau \rightarrow \infty$  получим максимальную температуру на контакте «лента-барабан»

$$T_{\text{гккон.}}^{\text{max}} = T_0 + \frac{\mu \nu P}{S_1 \alpha};$$

(17)

Из зависимостей (16) и (17) получим следующее выражение

$$T_{\text{гккон.}}^{\text{max}} - T_{\text{конт.}} = \frac{\mu \nu P}{S_1 \alpha} e^{B^2 \tau} \operatorname{erfc} B \sqrt{\tau}; \quad (18)$$

Принимая  $T_{\text{гккон.}}^{\text{max}} = T_{\text{дат.}}$ ;

где  $T_{\text{дат.}}$  – температура срабатывания датчика автоматической установки охлаждения барабана, можно оценить время  $\bar{\tau}_{\text{кр.}}$ , необходимое для срабатывания установки, т.е. ее инерционность.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Рассмотрена модель процесса нарастания температуры контакта «барабан-лента» при полной пробуксовке ленты. Получена аналитически зависимость для определения температур конвейерной ленты и приводного барабана, а также времени нарастания температуры, что позволит оценить инерционность срабатывания установки охлаждения. Данные результаты могут быть использованы для предотвращения самовозгорания на границе контакта «барабан-лента» в ленточных конвейерах угольных шахт, что в конечном итоге приводит к снижению пожароопасности горных выработок.



**Библиографический список**

1. Клычков А.А., Дикенштейн И.Ф., Толкачев О.Э. Определение температуры системы конвейерная лента – приводной барабан ленточного конвейера при проскальзывании // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2013. – №2. – С.205-213.
2. Козлюк А.И., Голдобин Г.Д., Мамаев В.В. Определение температуры приводного барабана ленточного конвейера при его пробуксовке //Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. – 1977. – № 7. – С. 17-19.
3. Пожары на ленточных конвейерах и огнестойкость конвейерных лент / Томинага Т.; ВЦП – № Ц-22387. – 40 с. – Сайке те хеан, 1972, т.18. – № 5. – С. 245-259.
4. Маркевич Ю.М. Определение опасного нагрева конвейерной ленты при проскальзывании на приводном барабане. Разработка месторождений полезных ископаемых // Техника, 1960. – № 56, С. 90-96.
5. Юрченко В.М. Новый взгляд на причины пожаров на шахтных конвейерах / В.М. Юрченко // Уголь Украины. – 2003. – № 2. – С. 56-59.
6. Ющенко Ю.Н. Предупреждение пожароопасного нагревания приводного барабана ленточного конвейера / Ю.Н. Ющенко, А.Н. Прима, И.Ф. Дикенштейн // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 48. – С. 106-114.
7. Балтайтис В.Я. Исследование пожарной опасности при проскальзывании ленты на приводном барабане / В.Я. Балтайтис, М.Ю. Маркович, В.В. Мамаев // Уголь Украины. – 1981. – №11. – С. 32-33.
8. Wachowicz Jan / Okreslenie czynnykow powodujacych zagrozenie powstawanie pozarow tasm przenosnikowych w koralniach wegla / Jan Wachowicz // Pr. Nauk. Gl. Inst. Gor. – 1997. – № 816. – P. 3-10.

© О.Э. Толкачев, А.А. Клычков, И.Ф. Дикенштейн, 2015

E-mail: OlegTolk@gmail.com

Рецензент к.т.н., доц. В.В. Паслён

**THE HEAT EXCHANGE OF THE DRIVE DRUM AND  
FULL SLIPPED CONVEYOR BELT**

**Tolkachev O.**, Ph.D., assistant professor

of the Department of Computational Mathematics and Programming  
SHEI «Donetsk National Technical University»,

**Klychkov A.**, senior researcher, **Dickenstein I.**, senior researcher,

The «Respirator» State Research Institute of Mine-rescue Work, Fire Safety and Civil Protection  
(NIIGD «Respirator») MES DPR

*A nonstationary one-dimensional problem of the ideal thermal contact between two bodies (the lining reel-tape). The general boundary condition takes into account the heat flows. the drum and the tape, by forced convection during the rotation of the drum into the environment. The resulting solution can be used to estimate the time required for heating the friction surfaces to flammable temperatures. An estimate of the rate of increase of the convective heat flux from the free surface of the drum.*

**Keywords:** friction, heating, linings, drive pulley, fire risk, analytical model, temperature, convection.

УДК 004.056

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ

**Щербов И.Л.**, декан факультета пожарной безопасности,  
радиотехники и защиты информации,

**Якушина А.Е.**, ст. преподаватель  
кафедры радиотехники и технической защиты информации,

**Тюрин Е.С.**, студент

Институт гражданской защиты Донбасса  
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

*Проведен анализ программных и программно-аппаратных средств обеспечения информационной безопасности в ИТС организации. Рассмотрены технологии виртуальных сетей VLAN, практические аспекты применения средств защиты, в том числе систем предотвращения вторжений. С учетом рекомендаций международных стандартов ISO/IEC 27000; стандартов и лучших практик CobiT (Control Objectives for Information and related Technology); серии документов NIST 800 (National Institute of Standards and Technology); рекомендаций Международного союза электросвязи серии X «Сети передачи данных и взаимосвязь открытых сетей» (X800, X805) предложен перечень средств и технологий обеспечения безопасности ИТС, основанный на требованиях к уровню безопасности организации и бюджета, выделяемого на построение системы защиты.*

**Ключевые слова:** информационно-телекоммуникационная система, средства обеспечения информационной безопасности, локальная вычислительная сеть.

### **Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями.**

В современном мире необходимость автоматизации, систематизации и ускорения производственных процессов является одним из ключевых факторов, повышающих эффективность труда. С этой целью информационные системы организаций объединяются в сеть, что обеспечивает необходимый доступ к общим ресурсам внутри организации, а так же к сети Интернет. При этом вопрос безопасности информационно-телекоммуникационных систем (ИТС) организации становится чрезвычайно актуальным.

С развитием информационных технологий растет количество угроз активам ИТС как извне, так и изнутри. Блокировка доступа к системе, несанкционированный доступ к конфиденциальным данным, выведение из строя того или иного компонента системы – это факторы, которые неблагоприятно сказываются на непрерывности бизнеса организации, ее престиже и доверии к ней.

Для решения задачи проектирования системы безопасности в информационно-телекоммуникационной системе организации предполагается наличие локальной вычислительной сети (LAN) организации, построенной на технологии Ethernet с возможным использованием компонентов WLAN (Wireless LAN). При проектировании архитектуры корпоративной сети необходимо учитывать такие свойства, как:

- простота внедрения;
- гибкость и масштабируемость;
- отказоустойчивость и безопасность;
- простота управления.

Основываясь на требованиях безопасности информационных систем и сетей, при проектировании LAN учитываются рекомендации таких нормативных документов, как: Серия международных стандартов ISO/IEC 27000; набор стандартов и лучших практик CobiT (Control Objectives for Information and related Technology); серия документов NIST 800 (National Institute of Standards and Technology); рекомендации Международного союза электросвязи серии X «Сети передачи данных и взаимосвязь открытых сетей» (X800, X805) и других нормативно-правовых документов. Однако на практике почти всегда возникают разногласия между сотрудниками ИТ-подразделений и бизнес-подразделений на фоне неприемлемого процесса взаимного функционирования внедренных систем (бизнес-задач и систем безопасности). Также всегда учитывается стоимость приобретаемых средств защиты. Поэтому вопрос проектирования системы безопасности является более глубоким и требует рассмотрения большого ряда аспектов.

**Изложение основного материала исследования.** Обеспечение безопасности сетевой архитектуры организации требует комплексного подхода, который включает в себя разработку нормативной документации, решение вопросов управления рисками, построение физической безопасности, решение вопросов непрерывности бизнеса и восстановления после аварий, собственно построение системы сетевой безопасности, и все это должно быть выстроено с учетом требований законодательных нормативов и рекомендаций международных практик.

Соответственно, возникает вопрос в выборе средств защиты. Это могут быть программные, аппаратные или программно-аппаратные средства. В зависимости от уровня конфиденциальности обрабатываемой информации определяются допустимые риски от возможной реализации угроз безопасности информации и, соответственно, бюджет, выделяемый на внедрение средств защиты.

Рассмотрим пример архитектуры ИТС (рис. 1).

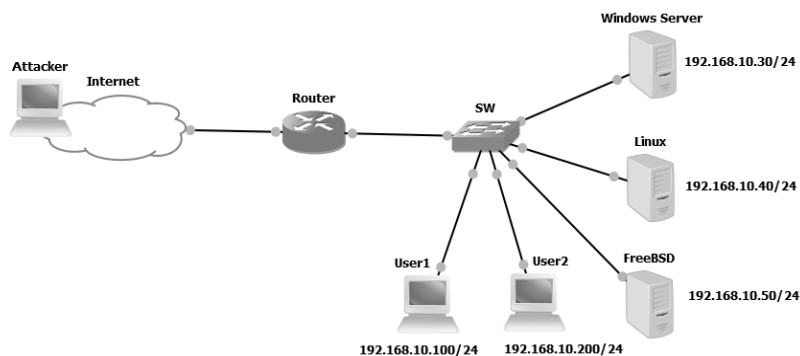


Рис.1. Схема сети ИТС

Данная схема не является эталонной, может быть изменена в зависимости от требований организации, количество любых устройств (сетевых, периферии, локальных компьютеров, серверного оборудования) может быть изменено. Для данной схемы ИТС сложно указать, какие именно места являются уязвимыми, т.к. все определяется конфигурацией устройств и установленным программным обеспечением.

Например, постоянное обновление компонентов систем до актуальных версий является минимально-необходимым требованием, поскольку с новыми обновлениями закрываются бреши безопасности приложений, обновляются сигнатуры угроз. Но при неправильном конфигурировании сетевых устройств данные обновления становятся бесполезными. Поэтому возникает необходимость использования комплексного подхода, при котором будет учтено максимальное количество аспектов сетевой безопасности.

Использование технологии виртуальных сетей VLAN (Virtual LAN) позволяет разделить и сгруппировать компьютеры логически, основываясь на необходимых им ресурсах, безопасности и потребностях бизнеса.

На рис.1 пользователю User1 нужно иметь доступ только к WindowsServer и Linux, а пользователю User2 – только к FreeBSD. Технология VLAN позволит настроить на коммутаторе SW маршруты, согласно которым все потоки данных будут проходить только по заранее определенным маршрутам между пользователями в пределах своего VLAN. Это позволяет исключить нежелательное ознакомление пользователей с непредназначенной для них информацией. Кроме того, находясь в пределах одного VLAN, потенциальному злоумышленнику будет гораздо сложнее получить доступ к ресурсам из другой виртуальной сети.

Технология NAT (Network Address Translation – Трансляция сетевых адресов) не только помогает временно решить проблему уменьшения числа свободных IP-адресов, но также позволяет скрыть внутренние адреса сети, объединяя их на одном устройстве.

Любые исходящие из сети кадры имеют в качестве адреса источника только адрес этого устройства, а не фактический адрес компьютера, отправившего данные. Это позволяет, например, существенно ослабить вероятность успешного сканирования внутренней сети организации, что является первым шагом перед направленной атакой.

В случае, когда было принято решение пользоваться беспроводными технологиями WLAN (Wireless LAN), крайне важно конфигурировать оборудование с учетом стандартов 802.11i.

Более старые версии не обеспечивают должной защиты.

Ключ, зашифрованный с использованием протокола WEP (Wired Equivalent Privacy), может быть взломан с использованием открытого программного обеспечения, например, «AirCrack», затратив при этом 5-10 минут (рис. 2).

```
Aircrack-ng 1.1

[00:00:14] Tested 74431 keys (got 9141 IVs)

KB  depth  byte(vote)
0   7/ 19   09(12544) C6(12544) 4C(12288) 64(12288) 6C(12288)
1   0/  4   87(14336) 8A(13312) 9A(13312) B6(13312) 86(12544)
2   1/  9   45(12800) C2(12288) F9(12288) FD(12288) 40(12288)
3   4/ 13   63(12544) 8E(12544) 42(12288) EA(12288) 00(12288)
4   6/  9   86(12288) 29(12032) 59(12032) 5F(12032) 92(12032)

KEY FOUND! [ 09:87:45:63:21 ]
Decrypted correctly: 100%
```

Рис. 2. Быстрый взлом ключа шифрования WEP

Использование стандартов 802.11i и более поздних версий обеспечивает более высокую надежность, благодаря внедренным надежным алгоритмам шифрования TKIP, AES, CCMP. Взлом ключа в таком случае будет зависеть от сложности установленного администратором пароля. Также стоит учитывать, что даже при включении шифрования WPA/WPA2 на беспроводном маршрутизаторе, во многих устройствах заводскими настройками включена технология WPS (Wi-Fi Protected Setup) со старой уязвимостью, позволяющей получить доступ к точке доступа за вполне приемлемое время – от нескольких часов до нескольких суток, например с использованием свободного ПО «teaver» (рис. 3).

```
[+] Pin cracked in 6650 seconds
[+] WPS PIN: '76801891'
[+] WPA PSK: 'rzIR08ir'
[+] AP SSID: 'violetta'
```

Рис. 3. Взлом ключа WPA2 с использованием уязвимости стандарта WPS

Также следует учитывать, что аутентификация пользователя обеспечивает более высокую степень уверенности и защиты, чем аутентификация системы. Поэтому для аутентификации системы рекомендуется устанавливать сервер аутентификации, например RADIUS. Он дает возможность предотвратить передачу трафика до тех пор, пока пользователь не будет должным образом авторизован.

Перечисленные выше методы обеспечения безопасности ИТС преимущественно реализуются программными методами, с использованием бесплатного open-source ПО, т.е. они не требуют слишком больших дополнительных денежных затрат. Безусловно, часть технологий реализуется непосредственно на маршрутизаторах или коммутаторах, которые имеют разную стоимость. Однако они в любом случае будут присутствовать в счете ИТС и их приобретение является необходимостью.

Все же, когда требования к безопасности сети более высоки, невозможно не выделить программные и программно-аппаратные средства, такие как межсетевые экраны и системы обнаружения и предотвращения вторжений IPS/IDS. Для указанной выше схемы сети (рис. 1) с целью разграничения доступа система IPS уровня сети (NIPS) устанавливается в разрез между маршрутизатором Router, ведущим во внешнюю сеть, и коммутатором (SW), как показано на рис. 4.

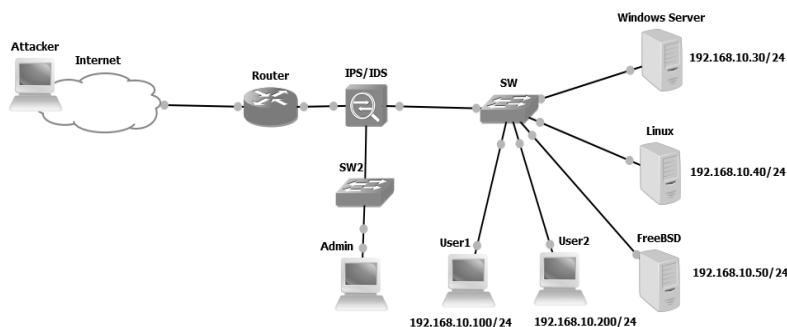


Рис. 4. Включение NIPS в разрез сети

Такое включение обеспечивает трансляцию всего трафика через устройство. Первичную фильтрацию может обеспечить маршрутизатор, однако он не позволяет выявлять и предотвращать сетевые атаки.

Для демонстрации эффективности работы IPS, построим схему в среде моделирования GNS3, изображенную на рис. 4.

Предполагаемый атакующий Attacker располагается во внешней сети. Следует иметь в виду, что в 80 % организаций IPS не настраиваются должным образом. Это обусловлено тем, что их просто некому настроить или система установлена только «для галочки», чтобы соответствовать тем или иным требованиям регуляторов.

Примером тому может служить простое сканирование хостов сети с использованием утилиты «nmap». При проведении простого SYN-сканирования хостов подсети 192.168.10.x/24 была выявлена операционная система Windows XP (SP3) на хосте 192.168.10.200 и Windows Server 2003 на хосте 192.168.10.30.

Данные версии операционной системы имеют давно известную уязвимость MS08-067, и если не были установлены обновления и применены патчи, то появляется реальная угроза выполнения произвольного кода на целевой системе с привилегиями учетной записи SYSTEM (Windows XP) и отказа в обслуживании (Windows Server 2003). Используя фреймворк Metasploit Framework, уязвимость была проэксплуатирована на хосте Windows XP, в результате чего появился доступ к командной строке хоста-жертвы:

```
[*] Started bind handler
[*] Automatically detecting the target...
[*] Fingerprint: Windows XP Service Pack 3 – lang:Russian
[*] Selected Target: Windows XP SP3 Russian (NX)
[*] Triggering the vulnerability...
[*] Command shell session 1 opened (192.168.20.1:5583 -> 192.168.10.200:7777)
```

```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
( ) Š@ã à æ" Ē ©²à@á@ää, 1985-2001.
C:\WINDOWS\system32>
```

Соответственно, теперь имеется доступ к системе жертвы. При повышении привилегий до уровня Администратора появляется полный контроль над системой. Ущерб в данном случае будет определяться всеми возможными факторами: стоимость утраченной информации, ущерб от возможного отказа работы всех установленных служб и программ, возможный доступ к другим устройствам и компонентам сети и т.д.

Если же правильно и тщательно настроить IPS, то само сканирование уже не будет выполнено успешно. Современные устройства NIPS позволяют гибко настроить правила фильтрации и анализа. К примеру, установив блокирование всех хостов, с которых идет трафик, содержащий информацию о попытках SYN-сканирования, дальнейшие действия злоумышленника не будут успешны для его сетевого адреса. После установления такого правила, утилита «nmap» выполняла так называемое «тихое», «безопасное» SYN-сканирование очень долго и не вывела никаких результатов. Таким образом, грамотная настройка сетевых устройств позволяет существенно сократить риск успешных атак на целевую систему и сеть в целом.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** В данной работе рассмотрены основные методы и способы защиты информации ИТС организации, позволяющие снизить себестоимость предоставляемых услуг; обоснована необходимость квалифицированного подхода при конфигурировании применяемых систем защиты информационной.

#### Библиографический список

1. Воропаева В.Я., Щербов И.Л. Адаптация информационно-телекоммуникационных систем к внешним воздействиям // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: «Вычислительная техника и автоматизация». – Выпуск 23 (201). – Донецк, ДонНТУ, 2012. – С. 83-88.
2. Информационные технологии. Методы и средства достижения информационной безопасности. Системы управления информационной безопасностью. Требования (ISO/IEC 27001:2005, IDT): ДСТУ ISO/IEC 27001:2010. – [Введения 2012-07-01]. – К.: Издательство Украины 2012. – (Национальный стандарт Украины).
3. CISSP All-in-One Exam Guide, 5th Ed. / Harris / 160217-8.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2010. – 944 с.: с ил.
5. Воропаева В.Я., Щербов И.Л., Хаустова Е.Д. Управление информационной безопасностью информационно-телекоммуникационных систем на основе модели «PLAN-DO-CHECK-ACT» // Научные труды ДонНТУ. Серия: «Вычислительная техника и автоматизация». – Выпуск 2 (25). – Донецк, ДонНТУ, 2013.
6. NIST Special Publication 800-115. Technical Guide to Information Security Testing and Assessment.

© И.Л. Щербов, Е.С. Тюрин, А.Е. Якушина, 2015  
E-mail: scherbov@yandex.ua  
Рецензент к.т.н., доц. В.В. Паслён

## DESIGNING OF THE SECURITY SYSTEM IN THE INFORMATIONAL- TELECOMMUNICATIONAL SYSTEM OF THE ORGANIZATION

**Shcherbov I.**, dean of the Faculty of Fire Safety,  
Radiotechnics and Information Protection,

**Yakushina A.**, senior lecturer  
of the Department of Radiotechnics and Technical Information Protection,

**Tyurin E.**, student  
Institute of Civil Protection of Donbass  
SHEI «Donetsk National Technical University»

*The analysis of software and hardware-software means ensuring of information security in its organization is full fin. The technologies of virtual networks VLAN, practical aspects of application of means of protection, including intrusion prevention systems are consider these. Taking into account the recommendations of international standards ISO/IEC 27000; standards and best practices of CobiT (Control Objectives for Information and related Technology); series 800 NIST (National Institute of Standards and Technology); the recommendations of the International telecommunication Union, series X: "data Networks and interconnection of open networks" (X800, H) a list of items and technology security its-based requirements is proposed. It is based on security level of the organization and the budget allocated for the protection system construction.*

**Keywords:** *information-telecommunication system, means of information security, local area network.*



## ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

### ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ДОНБАССА

Выполняя Постановление Центрального Исполнительного Комитета и Совета народных комиссаров «О введении в высших учебных заведениях и техникумах высшей допризывной военной подготовки студентов», в 1928 г. при Донецком горном институте была организована военная кафедра, которая готовила радистов, автомобилистов, парашютистов, стрелков.

На кафедре была создана современная на тот момент времени учебно-материальная база, включающая семь специально оборудованных классов, 50-метровый тир, парашютную вышку, учебно-боевое и малокалиберное стрелковое оружие, автомобили, мотоциклы и средства противохимической защиты.

Только в период с 1934 по 1940 гг. военной кафедрой было подготовлено: стрелков рукопашного боя – 920 человек, пулеметчиков – 65 человек, снайперов – 65 человек, парашютистов – 300 человек, радистов – 142 человека, мотоводителей – 120 человек, автоводителей – 58 человек, «Ворошиловских стрелков» – 1685 человек.

В годы Великой Отечественной войны преподаватели и студенты кафедры мужественно сражались в рядах Красной армии против фашистских захватчиков, успешно водили в бой подразделения и части, организовывали партизанское движение, работали в подпольных организациях Донбасса. Многие из них пали смертью храбрых в боях за свободу и независимость Родины. В 1944 г. кафедра вместе с институтом вернулась из эвакуации из города Прокопьевск. Во внеучебное время преподаватели военной кафедры вместе со студентами работали над восстановлением учебного и жилого фонда института, разрушенного фашистами, проявляя при этом примеры выносливости, трудолюбия и добросовестного выполнения общественного долга.

В 1968 г. институтом, при активном участии преподавателей и студентов военной кафедры, был построен специализированный комплекс, включавший учебный корпус, боксы и лаборатории для военной техники, строевой плац и тир. В этот период личный состав кафедры провел большую работу по созданию новой учебно-материальной базы. Началась подготовка специалистов для ПВО сухопутных войск. Готовились командиры зенитно-артиллерийских и зенитно-ракетных комплексов ближнего действия. В 80-е годы была начата подготовка командиров взводов связи.

В 1999 г. в соответствии с приказом ректора Донецкого государственного технического университета № 22 от 05.07.1999 г. на базе военной кафедры был создан факультет специальной подготовки, который возглавил уволившийся в запас с должности начальника военной кафедры полковник запаса, доцент Далевский Михаил Иванович. В состав факультета вошли две кафедры: кафедра военной подготовки (начальником назначен кандидат педагогических наук, доцент, полковник Стефаненко Павел Викторович) и кафедра безопасности жизнедеятельности и гражданской обороны (заведующий – Далевский Михаил Иванович).

В 2000-е годы открываются новые направления подготовки командиров механизированных взводов, подразделений вооруженных ПЗРК, специалистов по эксплуатации и ремонту стрелкового вооружения и средств ближнего боя, по бережению и ремонту боеприпасов, техническому обеспечению эксплуатации и ремонту радиолокационных станций артиллерийского наблюдения комплексов зенитной артиллерии.

В 2004 г. в связи с открытием в университете подготовки студентов по направлениям «Информационная безопасность» и «Радиотехника» в состав факультета вошла кафедра радиотехники и защиты информации. Факультет специальной подготовки приказом ректора Донецкого национального технического университета № 33-07 от 10.07.2004 г. был переименован в радиотехнический факультет, который возглавил доктор педагогических наук, профессор Стефаненко Павел Викторович.

В связи с реорганизацией структуры университета, в соответствии с приказом ректора Донецкого национального технического университета № 20-07 от 28.04.2009 г. радиотехнический факультет был переименован в факультет радиотехники и специальной подготовки. В его состав вошли кафедра радиотехники и защиты информации, кафедра военной подготовки и кафедра безопасности жизнедеятельности и гражданской защиты. На этот момент факультет обладал мощным современным комплексом материальных и технических средств, строений и сооружений для обеспечения подготовки студентов всех направлений и специальностей. Общая площадь помещений факультета составляла 7077 м<sup>2</sup>, площадь аудиторно-лабораторного фонда – 5117 м<sup>2</sup>, куда входили четыре лекционные аудитории, двадцать четыре специализированные лаборатории, три компьютерных класса и радиополигон. Материально-техническая база, информационное обеспечение учебного процесса на факультете, его кадровый состав и большой практический опыт работы научно-педагогических работников обеспечивали качественную подготовку специалистов.

В октябре 2014 г. на базе факультета радиотехники и специальной подготовки в соответствии с приказом ректора Донецкого национального технического университета № 48-07 от 24.10.2014 г. и на основании решения Ученого совета Донецкого национального технического университета (протокол № 8 от 24.10.2014 г.) по согласованию с Министерством образования и науки ДНР и Министерством по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики был создан Институт гражданской защиты Донбасса, который возглавил полковник

запаса, академик международной академии безопасности жизнедеятельности, Заслуженный работник образования Украины, доктор педагогических наук, профессор Стефаненко Павел Викторович.

В состав Института вошли два факультета – пожарной безопасности, радиотехники и защиты информации (декан – подполковник запаса Щербов Игорь Леонидович) и техносферной безопасности (декан – подполковник запаса, кандидат технических наук, доцент Старостенко Михаил Борисович).

В состав факультета пожарной безопасности, радиотехники и защиты информации вошли три кафедры: радиотехники и защиты информации; пожарной и спасательной подготовки; пожарной и техногенной безопасности объектов и технологий. В составе факультета техносферной безопасности также три кафедры: безопасности жизнедеятельности; управления и организации деятельности в сфере гражданской защиты и кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ.

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ И БИОТЕРРОРИЗМ

(пер. с французского)

**Франсуа Морис**, независимый специалист,  
Сент-Аньян, Франция

Под биологическим оружием (БО) можно понимать использование живых организмов или их токсинов в военных или террористических целях для того, чтобы вызвать смерть или нанести вред человеку, домашним животным или урожаю.

Использование БО берет свое начало еще во времена Античности, как свидетельствуют об этом описания первой священной войны 600-590 гг. до н.э., в ходе которой древние греки отравляли воду в осажденном городе Крисса [1]. В них рассказывалось, как о заражении колодцев трупами больных животных, так и о применении ассирийцами пурпурной спорыньи в IV веке до н.э.

Биологическая война также может принимать и непрямые формы: именно таким образом некоторые стратеги специально вынуждали вражеские войска находиться долгое время на вредной для здоровья местности. В 415 году до н.э. во время осады Сиракузы Гемократ вынудил афинского полководца Никия остановиться на сырой равнине на большее, чем требовалось, время, чтобы вызвать болотную лихорадку (малярию). Вскоре поредевший афинский экспедиционный корпус был вынужден снять осаду. Такой разгром принес большие неприятности Афинам. Эта идея была заимствована шестьдесят лет спустя, но по случаю уже другой осады, осады маленького городка, расположенного недалеко от залива Таранто Астакоса (современный Поликоро), Клеархом, тираном Гераклеи. Последний вынудил армию, от которой он хотел избавиться, разбить лагерь на болотистой местности среди луж со стоячей водой.

В Средние века во время осады генуэзского города Каффа (современная Феодосия в Крыму) в 1346 году, нападавшие татары заметили распространяющуюся в своих рядах чуму. Тогда полководец хан Джанибек Кипчак приказал катапультировать зараженные чумой трупы солдат через стены города, чтобы «наполнить смрадом христиан», вызвав таким образом смерть большинства осажденных [2]. Превалирующая часть историков согласны с тем, что побег морским путем выживших генуэзцев и их скитания из порта в порт стали причиной эпидемии чумы, унесшей за четыре года в общей сложности около 25 миллионов жизней или на то время треть населения Европы!

Были еще и другие попытки заражения чумой, но ни одна из них, к счастью, не повлекла за собой сопоставимой по своим размерам эпидемии. В Эстонии во время осады Ревеля в 1710 году русская армия метала чумные трупы, чтобы заразить город, удерживаемый шведской армией. Можно привести и другой пример. Так в 1785 году в Ла-Калле, в Тунисе, для того, чтобы отомстить христианам, племя Нади бросало ключья одежды, взятые у больных чумой. Такой способ бактериологического заражения мог принимать различные формы: в 1650 году польский генерал-лейтенант артиллерии Казимир Семенович планировал обстреливать врага посредством стеклянных шариков, наполненных слюнями бешеных собак [3].

Есть и другой способ, такой как заражение продуктов питания или напитков. Первыми его на практике опробовали испанцы, выступившие против Карла VIII, пришедшего бороться с Фернандес де Кордоба в Италии, чтобы захватить Неаполитанское королевство. Это произошло в феврале 1495 года. Солдаты Фердинанда Арагонского специально оставили бочки вина с добавлением крови прокаженных, которое затем солдаты Карла VIII, ничего не подозревая, выпили.

Инфекционные свойства оспы были использованы, очевидно, в 1534 году испанским конкистадором Франсиско Писарро, который подарил сановникам инков покрытые оспой одеяла. Правда, еще до прибытия Писарро оспа уже появилась в Перу, и большая часть населения была уничтожена этой напастью [4].

Идея Писарро будет повторно использована расчетливым швейцарским полковником Генри Буке в 1763 году против североамериканских индейцев, союзников французов, от которых он не мог добиться капитуляции. Его английский начальник, сэр Джеффри Амхерст, напишет ему: «Без колебаний используйте любые подходящие методы, чтобы избавиться от этой отвратительной расы». Таким образом были распространены одеяла с оспой, вызвав посредством заражения около 20 000 смертей среди индейцев, для которых эта болезнь оказалась новой и, поэтому, особенно опасной. Только столетие спустя, в то время, когда молодая американская нация будет находиться в состоянии Гражданской войны, будущий губернатор Кентукки, Люк Блэкберн сделает так, что солдаты союзных войск получают одежду, которую носили больные оспой и желтой лихорадкой [5]. Войска южан также попытаются в ходе отступления из Висксберга осуществить бактериологическое воздействие против северян. Конфедераты генерала Джонстона отравят несколько колодцев с целью замедлить продвижение генерала Уильяма Шермана. Однако тогда это не принесет ожидаемого результата.

Во Франции, во время осады Парижа пруссаками в 1870 году французский врач предложит взять из больницы Валь-де-Грас одеяла, зараженные оспой, чтобы распространить ее среди врагов [6]. Не было найдено подтверждения практического осуществления этого предложения, но в тот год оспа была очень широко распространена во вражеских войсках.

Совсем недавно, между двумя мировыми войнами именно японцы производили наибольшее количество биологических агентов. Во время оккупации Маньчжурии в специализированных центрах, настоящих лагерях смерти, таких как жуткий «Отряд 731», пытались улучшить боевые качества микроорганизмов. Именно здесь подопытные заключенные получали инокуляции чумы, холеры и сибирской язвы (антракса) [7]. Мерзкие эксперименты проводились на тысячах людей, в том числе и на американских, китайских и русских военнопленных. Параллельно изучались способы распространения биологических агентов (коробки на парашютах; биологические носители: блохи, вши; фарфоровые бомбы). На китайские города было совершено несколько атак с распространением спор сибирской язвы, бацилл чумы и холеры. В октябре 1940 года императорская армия, которая оккупировала часть Китая в течение почти десяти лет, сбросила осколочные бомбы, зараженные вирусом чумы и холеры, на несколько китайских городов, в том числе на Нинбо, в провинции Чжэцзян. Намереваясь занять другие территории, японцы стремились уничтожить, как можно больше коренных жителей, надеясь, что возбудители болезней сделают за них эту работу. Затем они пошли еще дальше, распространяя самолетами зараженных блох вместе с рисом, который был предназначен для привлечения грызунов, чтобы подставить их под укусы первых. После этого, как правило, развивается эпидемия, которая может сойти за естественную. Аналогичным образом в 1941 году распространение возбудителей болезней над городом Чандэ унесло жизни не менее 10 000 людей [8]! В августе следующего года бубонная чума поразила деревню Конгшан, уничтожив в течение двух месяцев треть населения. Впрочем, некоторые случаи чумы продолжали иметь место до 1948 года. Вплоть до 1953 года отмечались также и случаи тифа. Большие ферментеры, в которых были выращены эти смертельные организмы, все еще можно увидеть на своих прежних местах.

Франция, не забывшая сюрприз первых немецких химических атак в 1915 году, разработала свою программу, которая предполагала посредством снарядов и бомб распространять агенты категории В. Но она так и не была доведена до промышленного производства. Со своей стороны, другие западные страны также продолжали проводить серьезные исследования в этом направлении. Англия в рамках своего проекта «*Biological Warfare Project*» в 1942 году на острове Груинард к северу от Шотландии провела испытания бомбы, содержащей споры сибирской язвы. Все бараны, находящиеся на данной исследуемой местности, погибли в течение нескольких дней. Но в то время не думали о стойких побочных эффектах, и только лишь в 1990 году остров был объявлен вновь открытым после полувекового карантина. В свою очередь, нацистская Германия, не считая нескольких точечных испытаний, никогда серьезно не была заинтересована в БО, безусловно, в отличие от общественного мнения. Но без сомнения, варварский нацистский режим использовал достаточно много других способов истребления людей.

Во время холодной войны, в период между 1975 и 1983 годами, были свидетели, которые утверждали, что вьетнамская армия использовала распыления микотоксина Т2 (желтый дождь) против лаосцев [9]. Что касается Соединенных Штатов, то, несмотря на полный биологический арсенал, на сегодняшний день нет доказательств его использования в современных конфликтах<sup>1</sup>. Тем не менее, есть некоторые законные подозрения в его применении во время Корейской войны. Так отчеты местных медиков провинции Ляонин, найденные в государственных архивах, упоминают, что после того, как американские самолеты совершали круговые движения над рисовыми полями, в регионе были замечены необычные концентрации мух неизвестного вида. Ничего не может быть доказано с научной точки зрения, но именно по этим же наблюдениям в трех городах провинции Ляонин на китайско-корейской границе свирепствовала серьезная вспышка энцефалита.

Биологическая война называется «грязной» войной, потому что не существует возможности контролировать используемое оружие, распространение которого очень быстро может стать необратимым. Столкнувшись с данным фактом и угрозой замедленного действия, Лига Наций, а затем ООН, решили заключить международные конвенции. Относительно скромный Женевский протокол 1925 года<sup>2</sup> запретил использование подписавшими сторонами бактериологических средств для военных целей, хотя при этом оставил возможность их иметь и производить. Чтобы до конца решить проблему микроорганизмов и их токсинов, пришлось ждать появления Конвенции Лондон-Москва-Вашингтон 1972 года<sup>3</sup>, когда была запрещена их разработка, хранение, консервация, и тем более использование. Франция присоединяется к ней с опозданием, в 1984 году, получая упреки до этого момента в связи с отсутствием средств контроля и сложностями его выполнения. В 1991 году были предусмотрены меры обеспечения договора средствами контроля и проверки, но до настоящего времени между государствами, подписавшими его, все еще сохраняются разногласия в этом вопросе.

<sup>1</sup> В статье, вышедшей 27 июня 1999 года в *New York Times*, Эд Режис, преподаватель в Ратгерском университете и автор *The Biology of Doom: The History of America's Secret Germ Warfare Project* подчеркнул, что в своих работах, касающихся вовлеченности США в применение БО, преподаватели Эндикотт и Хагерман косвенно признают, что двадцать лет исследований им позволили обнаружить только один американский архивный документ, который мог бы доказать некоторое использование бактериологического оружия в Корее и Китае.

<sup>2</sup> Международное соглашение о запрещении использования химического или биологического оружия, подписанное 17 июня 1925 года и вступившее в силу 8 февраля 1928 года. Французское правительство является депозитарием.

<sup>3</sup> Конвенция вступила в силу 26 марта 1975 года после того, как 22 государства, включая три государства-депозитария, передали на хранение свои ратификационные грамоты.

Как было уже отмечено, со временем список микроорганизмов или их токсинов, которые могут быть использованы в качестве БО, меняется. Он также будет меняться в зависимости от международной обстановки и открытий в биологии. Однако некоторые агенты определили единодушие в оценке нависшей угрозы. Речь идет о *Bacillus anthracis* (бацилла сибирской язвы или антракса), *Yersinia pestis* (бацилла чумы) *Francisella tularensis* (агент туляремии), вирусах оспы, а среди токсинов – о ботулизме и рицине. Данные биологические агенты максимально соответствуют критериям милитаризации, установленными Теодором Розбери в 1949 году [10] и которые все еще остаются актуальными.

Агент должен обладать высокой степенью инфекционности. Достаточно нескольких сотен спор *Bacillus anthracis*, чтобы после вдыхания вызвать легочную сибирскую язву, и дюжину бактерий *Francisella tularensis* для получения первых признаков заболевания. Кроме того, агент должен иметь высокое значение показателя заболеваемости<sup>4</sup>, чтобы повлечь за собой смерть или длительную потерю боеспособности. Он также должен быть доступен для массового производства. Напротив, в отличие от таких качеств, необходимых для военного применения, террористам для осуществления точечных атак требуются меньшие количества веществ. Принимается во внимание стойкость свойств агента, поскольку вирулентность агента категории В не должна быть нарушена в результате плохих погодных условий, ультрафиолетовых излучений или использования антисептиков. Сквозь призму истории проклятого острова Груинард антракс показал, что он полностью удовлетворял этим критериям. Бацилла чумы также может очень долгое время просуществовать в земле. Ее распространение предпочтительно воздушным путем, а наибольший интерес представляет аэрозоль, проникающий сквозь любые препятствия непосредственно в легкие. Бацилла может оказать воздействие посредством воздушного распыления, диффузии через вентиляционные сети или конверты, содержащие порошок, который после вдыхания может попасть в дыхательные пути. Контагиозность становится определяющим фактором в выборе агента. Это позволяет распространить эпидемию, вызванную первыми случаями заболеваний, до максимального количества жертв раньше, чем власти успеют поставить диагноз и обеспечить лечение. Однако существует риск эффекта бумеранга – все это может возвратиться к тому, кто это применил. Будут ли это стратегические, тактические или террористические цели - будущему пользователю такого вида оружия остается только выбирать!

Можно рассматривать несколько сценариев биологических атак. В то время, как тактический удар будет предпочтительным для военных, террористам будет гораздо проще выбрать стратегический удар, ориентированный на густонаселенный район. Внешними носителями могут быть бомбы, сбрасываемые с дистанционно управляемых дронов или посредством системы воздушного распыления, наподобие распыления сельскохозяйственных пестицидов с помощью вертолета. Но еще более вероятным является осуществление теракта в замкнутых пространствах с очень высокой плотностью населения, как во время теракта в токийском метро в 1995 году<sup>5</sup>. Распыление спор антракса в системах кондиционирования воздуха в большом магазине или в аэропорте, также как и отправка посылок, содержащих опасные вещества, теперь могут оказаться среди наиболее вероятных гипотез. Однако применение в террористических целях может также предусматривать вариант заражения общественного центра очистки питьевой воды, поэтому достаточно легко представить потенциальное количество пострадавших от этого людей.



Рис.1. Международный символ биологической опасности

<sup>4</sup> Согласно оценкам распространение по пятимиллионному городу 50 кг данного вида бактерий приведет к 250 000 случаев заболеваний и 20 000 случаям смерти.

<sup>5</sup> 20 марта 1995 года в час пик более 6 000 пассажиров были отравлены газом зарин. Сторонники Аум Синрикё самостоятельно спрятали у себя в пакетах газ зарин в пяти поездах метро, направляющихся к правительственному кварталу. Чтобы высвободить газ, члены секты осторожно прокололи пакеты кончиками зонтов. При этом было насчитано 13 погибших и 5 500 пострадавших.

До этой атаки, рассматриваемой как самый опасный теракт в истории страны, эта секта уже совершила убийства и похищения людей, из-за зарина в городе Мацумото (центр) в июне 1994 года погибли восемь человек.



При выборе агентов два кажутся наиболее предпочтительными: *Bacillus anthracis* и токсин ботулизма. Из-за своей высокой вирулентности и исключительной стойкости БО номер один считается антракс. Если предположить, что с самолета или с вертолета будет сброшено 50 кг антракса на двухкилометровую зону над городом с 500 000 жителей, то это может повлечь за собой 95 000 смертей. Второй агент, токсин ботулизма, также является очень ядовитым, так как одного микрограмма достаточно, чтобы убить взрослого человека. Он справедливо рассматривается как один из самых опасных потенциальных видов БО в биотерроризме. Тем не менее, этот агент быстро разлагается в окружающей среде и очень чувствителен к хлору и высокой температуре. Таким образом, хлорирование защищает общественные системы водопроводов от массового отравления. Вместе с тем, применение агента возможно для заражения готовых пищевых продуктов розничной торговли или подносов с едой, предоставляемых авиакомпаниями...

Многие исследователи, как Оливье Лепик [11], считающие, что «несколько десятилетий многие эксперты предсказывали, но так и не были услышаны, что террористические группы могут прибегнуть к химическому или биологическому оружию против гражданского населения», на самом деле, так и остались не услышанными. Теракт в Токио, затем атаки осенью 2001 года, в ходе которых террористическая группа распространила по почте в конвертах споры сибирской язвы, привели к формированию в международном общественном мнении колоссального «психоза». Теперь, несмотря на малое количество жертв после биологических терактов, и, несомненно, на большое количество неудачных попыток, угроза «биотерроризма» стала приниматься во внимание и рассматриваться как вероятная опасность.

Современное общество является идеальным устройством для распространения патогенных агентов. Посредством аэропортов смертельный вирус может распространиться по всему миру менее чем за 12 часов в полной конфиденциальности и без какого-либо обнаружения. Кроме того, технологические достижения, также способствуют тому, чтобы предоставлять биотеррористам бесконечно модифицируемое оружие, лишая страны любых эффективных медицинских средств защиты. Газовые теракты с использованием зарина в 1995 году и антраксовые в 2001 году, свидетельствуют о том, что биотерроризм уже не миф, а реальность. Поэтому, не впадая в психоз из-за трудностей предотвращения таких терактов, важно быть бдительными и уметь особенно быстро на них реагировать.

#### Библиографический список

1. Introduction à l'Histoire moderne, générale et politique, Tome 6. – Paris, 1758. – pp. 429-430.
2. Alan W. FISHER, The Crimean Tatars, Hoover Institution Press, Stanford, 1978.
3. Bernard DEBRE, Dictionnaire amoureux de la Médecine, Plon, Paris, 2008.
4. Patrick BERCHE, L'histoire secrète des guerres biologiques: Mensonges et crimes d'Etat, Robert Laffont, Paris, 2009.
5. Jean-Pierre DEDET, La microbiologie, de ses origines aux maladies émergentes, Dunod, Paris, 2007. – pp. 214-215.
6. G.W. CHRISTOPHER, T. J. CIESLAK, J.A. PAVLIN et E.M. EITZEN, Biological warfare, a Historical prospective, JAMA n° 278, 1997, pp. 412-417.
7. Peter WILLIAMS et David WALLACE, la Guerre bactériologique. Les secrets des expériences japonaises, Albin Michel, Paris, 1990.
8. Jacques DECORNOY, Cobayes humains pour l'unité 731, Le monde diplomatique, Août 1991.
9. Dr Jérôme MASLIN, L'arme biologique, Le Rotarien, Paris: Mars, 2012.
10. Theodor Rosebury, Peace or pestilence: biological warfare and how to avoid it, New-York, 1949.
11. Olivier Lepick, Le Terrorisme non conventionnel, PUF, Paris, 2003.

© Франсуа Морис, 2015

E-mail: mauricefrancois40@laposte.net

Сент Аньян, Франция

*Автор данной статьи известен благодаря своим историческим работам, последняя из которых получила премию французской Академии моральных и политических наук. Франсуа МОРИС является ученым-исследователем также и в этом научном направлении. Начав свою военную карьеру в 1986 году, как руководитель группы ядерного, радиологического, биологического и химического обнаружения и обезвреживания (NRBC), в 1988 году он становится инструктором в области ядерной физики и радиационной защиты в рамках 1<sup>й</sup> Группы ракетных войск стратегического назначения, где он служил до 1999 года. В 1990-1991 годы во время Первой войны в Персидском заливе он обучал бактериологической защите французских солдат перед их отбытием на выполнение боевых заданий. В настоящее время является неравнодушным сторонником Донецкой Народной Республики и регулярно публикует статьи в «Sans Frontières»/«Без границ» – газете Донецкого национального технического университета, а также, совсем недавно, Донецкого франко-русского института.*



**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**  
**ВЕСТНИК**  
**ИНСТИТУТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ДОНБАССА**

**Выпуск 1 (1), 2015**

**(на русском, английском языках)**

Учредитель и издатель: Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»  
83001, г. Донецк, ул. Артёма, 58. Тел.: (062) 337-17-33, 335-75-62

Адрес редакции: г. Донецк, ул. Розы Люксембург, 34а, Институт гражданской защиты Донбасса ДонНТУ  
Тел.: (062) 304-59-71; +380 (95) 170-78-57  
E-mail: [bgdicz\\_artiomova@mail.ru](mailto:bgdicz_artiomova@mail.ru)  
Сайт: [vestnik.igzd.donntu.org](http://vestnik.igzd.donntu.org)

Технический редактор  
*Дёмина О.О.*

Издается согласно письму Министерства информации Донецкой Народной Республики от 06.08.2015 г.

**Все принятые к печати статьи обязательно рецензируются.**

**Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на Журнал при цитировании обязательны.**

Рекомендован к печати решением Ученого совета Донецкого национального технического университета (протокол № 7 от 23.10.2015 г.).