



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

5(161)
2014

СОДЕРЖАНИЕ

Редакционный совет:

БАЛЫХИН Г. А., д.э.н.
ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,
д.т.н., проф.
ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.
ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
д.т.н., проф. (председатель)
КЛИМКИН В. И., к.т.н.
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
проф.
РОДИН В. Е., д.т.н., проф.
СОКОЛОВ Э. М., д.т.н., проф.
ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.
УШАКОВ И. Б., чл.-корр. РАН,
д.т.н., проф.
ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,
д.т.н., проф.
ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН, д.т.н.
АНТОНОВ Б. И.
(директор издательства)

Главный редактор

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь

ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.

Редакционная коллегия:

БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
КАЛЕДИНА Н. О., д.т.н., проф.
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
КЛЕЙМЕНОВ А. В., д.т.н.
КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,
проф.
КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,
проф.
КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.
ЛУЦЦИ С., проф. (Италия)
МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.
МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.
МАТЮШИН А. В., д.т.н.
МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.
МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
СИМАНКИН А. Ф., к.т.н., доц.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
ФРИДЛАНД С. В., д.т.н., проф.
ЦЗЯН МИНЦЗЮНЬ, проф.
(Китай)
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Беленький В. М.** Оптимизация профилактических мероприятий в системе управления охраной труда 3
- Ким К. К., Кияшко М. Н., Спичкин Г. Л., Федотов С. В.** Использование природных факторов для задач релаксации 9

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Бондарев В. А., Ермаков С. В.** Анализ методики формальной оценки рисков 15

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Катин В. Д., Пайметов Н. Г., Косыгин В. Ю.** Разработка и применение нового способа двухступенчатого сжигания топлива в нефтезаводских печах и котлах для снижения выбросов оксидов азота 20
- Рыбаков Ю. С., Дальков М. П.** Химическая и радиационная безопасность источников пресных вод 23
- Гаязова Э. Ш., Павлов В. А., Усманов Р. А., Гумеров Ф. М., Мусин Р. З., Фридланд С. В.** Исследование процесса очистки сточных вод производства целлюлозы из соломы рапса двуокисью марганца в сверхкритических условиях 28

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Трофименко Ю. В., Григорьева Т. Ю.** Усовершенствованная методика оценки защищенности автомобильных мостов от актов незаконного вмешательства 32
- Поландов Ю. Х., Барг М. А., Бабанков В. А.** Влияние местоположения газовой плиты на кухне на давление взрыва газа 42

ОБРАЗОВАНИЕ

- Сулова Л. В.** Современные инновационные методы образования как инструмент улучшения его качества 48
- Верескун А. В., Жуков В. Н., Юдакова А. А.** Навстречу II Международным соревнованиям "Школа безопасности" 52

Приложение. Особенности создания корпуса для реакторной установки БРЕСТ-ОД-300

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, и включен в систему Российского индекса научного цитирования.



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ZHIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

BALYKHIN G. A., Dr. Sci. (Econ.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)
DURNEV R. A., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch.,
Acad. RAS, Dr. Sci. (Tech.)
KLIMKIN V. I., Cand. Sci. (Tech.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)
SOKOLOV E. M., Dr. Sci. (Tech.)
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)
USHAKOV I. B., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
FEDOROV M. P., Acad. RAS, Dr.
Sci. (Tech.)
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
ANTONOV B. I.

Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Responsible secretary

PRONIN I. S.,
Dr. Sci. (Phys.-Math.)

Editorial staff

BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KALEDINA N. O., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KLEYMENOV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
Dr. Sci. (Tech.)
LUZZI S. (Italy), prof.
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phis.-Math.)
SIMANKIN A. F., Cand. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Tech.)
JIANG MINGJUN (China), prof.
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

5(161)
2014

CONTENTS

LABOUR PROTECTION AND POPULATION HEALTH

- Belenkiy V. M.** Prophylactic Events Optimization in a Control System of Safety Labor 3
Kim K. K., Kiyashko M. N., Spichkin G. L., Fedotov S. V. The Using of the Natural Factors for
the Relaxational Problems 9

INDUSTRIAL SAFETY

- Bondarev V. A., Ermakov S. V.** Analysis of the Method of Formal Assessment of the Risk 15

ECOLOGICAL SAFETY

- Katin V. D., Paimetov N. G., Kosygin V. Ju.** Working Out And Application of a New Way of
Two — Level Burning of Fuel in Petrofactory Furnaces and Coppers for Decrease in Emissions of
Oxides of Nitrogen 20
Rybakov Yu. S., Dalkov M. P. Fresh Waters Sources Chemical and Radiation Safety 23
Gayazova E. Sh., Pavlov V. A., Usmanov R. A., Gumerov F. M., Musin R. Z., Fridland S. V.
The Investigation of Wastewater Treatment Process Cellulose Production from Straw Raps with
Manganese Dioxide under Supercritical Conditions 28

SITUATION OF EMERGENCY

- Trofimenko Yu. V., Grigoryeva T. Yu.** Procedure of the Estimation of the Protection of
Automobile Bridges from the Acts of Illegal Interference 32
Polandov Yu. H., Barg M. A., Babankov V. A. Influence of Position Gas Cooker Indoors in
Pressure of Gas Explosion 42

EDUCATION

- Surova L. V.** Modern and Innovative Methods as a Tool to Improve the Quality of Education. 48
Vereskun A. V., Jukov V. N., Udakova A. A. Towards the II International Competitions "School
of Safety" 52

- APPLICATION.** Special Features of Development of a Vessel for the BREST-OD-300
Reactor Plant

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: bjd@novtex.ru

УДК 004.942:519.876: 001.57

В. М. Беленький, канд. техн. наук, доц., Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского
E-mail: av35740@akado.ru

Оптимизация профилактических мероприятий в системе управления охраной труда

Рассмотрены предложения по изменению типовой номенклатуры мероприятий по охране труда. Представлены методы оптимального планирования комплексов профилактических мероприятий в автоматизированной системе управления охраной труда на предприятии. Рассмотрен алгоритм принятия оптимальных решений, использующий метод целочисленного программирования "ветвей и границ".

Ключевые слова: база данных, охрана труда, приемлемый риск, модель, профилактические мероприятия, идентификация, оптимальное планирование, система управления

V. M. Belenkiy

Prophylactic Events Optimization in a Control System of Safety Labor

In this article we discuss some suggestions of change the labor safety events classification. Also we present the methods of events complex optimal planning which is used in computer-aided occupation safety control system at industrial enterprises. We describe the algorithm of making optimal decisions which applies the integer programming method of "branches and borders".

Keywords: database, labor safety, acceptable hazard, model, prophylactic events, identification, optimal planning, control system

1. Совершенствование классификации мероприятий по охране труда

Функционирование автоматизированной системы управления охраной труда на предприятии наряду с базой данных по всем видам необходимой информации и моделями идентификации профессионального риска предусматривает наличие подсистемы принятия решений [1]. Такая подсистема решает следующие задачи.

1. Классификация мероприятий (по классам, подклассам и группам) по охране труда.

2. Планирование комплексов мероприятий для выбранных производственных объектов в соответствии с вредными и опасными факторами, действующими на работающих.

3. Оптимизация планов мероприятий по формализованному критерию с учетом технико-экономических ограничений.

Для выбора эффективных оздоровительных мероприятий необходима классификация, учитывающая весь комплекс таких мероприятий, их целевую на-

правленность и затраты на эти цели. С точки зрения социальной приемлемости критерием эффективности мероприятий по охране труда должны являться минимальные социально-экономические потери общества в процессе трудовой деятельности (заболеваемость, травматизм, инвалидность, смертность).

В число финансируемых из бюджета мероприятий по охране труда, по которым предприятия должны отчитаться перед вышестоящими органами, входят: номенклатурные мероприятия, обеспечение средствами индивидуальной защиты, обеспечение медико-профилактических мероприятий, в том числе лечебно-профилактическим питанием и молоком. Перечень *номенклатурных мероприятий* по охране труда, на основе которых заключается коллективный договор между администрацией и профсоюзными комитетами предприятий и организаций, содержит: мероприятия с капитальными ассигнованиями средств на реконструкцию, ремонт и вывод из эксплуатации зданий и сооружений; модернизацию оборудования и технологии; внедрение средств контроля и сигнали-



зации за уровнем вредных и опасных факторов; коллективную защиту работающих от действия шума, вибрации, запыленности, загазованности и других вредных производственных факторов; оснащение предприятий санитарно-бытовыми устройствами; организационные мероприятия по пропаганде охраны труда на производстве.

Типовая номенклатура мероприятий по охране труда не содержит мероприятия по обеспечению работающих средствами индивидуальной защиты (СИЗ), что связано с их распределением в соответствии со списками профессий работающих, подверженных воздействию вредных производственных факторов. Однако потребность в СИЗ меняется в зависимости от номенклатуры изделий, модернизации оборудования и технологии, перепланировки помещения и т. д. Таким образом, СИЗ должны планироваться так же, как и другие мероприятия по охране труда с учетом действующих производственных факторов и их влияния на здоровье и безопасность работающих.

Медико-профилактические мероприятия также не включены в Типовую номенклатуру мероприятий по охране труда, но сведения о затратах на лечебно-профилактические учреждения входят в некоторые отчетные формы и в комплексные планы по охране труда.

Важным показателем эффективности медико-профилактического обслуживания является величина снижения уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности, регистрируемой официальным учетным документом — больничным листом. Такой учет позволяет оценить как социальные потери (заболеваемость), так и экономический ущерб (выплату по больничным листам, недовыработку продукции) по количеству рабочих дней, потерянных из-за болезни.

Типовая номенклатура не содержит медико-профилактические мероприятия, так как их большая часть финансируется не из средств предприятия, а из других источников — централизованных фондов здравоохранения, социального обеспечения, социального страхования и т. д. Однако те средства, которые ассигнуются предприятиями на реконструкцию медицинских учреждений, организацию здравпунктов, приобретение аппаратуры, доплаты за путевки, диетпитание и т. д., должны планироваться с учетом конкретных потребностей работающих, условий их труда и состояния здоровья. Таким образом, медико-профилактические мероприятия, затраты на которые финансируются предприятием, также должны входить в классификацию мероприятий по охране труда.

С учетом методов текущего и перспективного планирования мероприятий по охране труда,

представленных в работах различных авторов, предложен новый вариант **классификации профилактических мероприятий** и ущерба в связи с неблагоприятными условиями труда. Такая классификация позволит осуществлять рациональное планирование и оценивать его эффективность за счет уменьшения ущерба.

В предлагаемой классификации мероприятия по охране труда (табл. 1) подразделяются на мероприятия по коренному улучшению условий труда, мероприятия, предусматривающие коллективную защиту работающих, средства индивидуальной защиты, санитарно-бытовые, медико-профилактические, льготы и компенсации, организационные мероприятия. Часть расходов, таких как льготы и компенсации, иначе называются компенсаторными, так как они компенсируют воздействие на работающих вредных факторов условий труда. Уровень компенсаторных расходов является весьма значительным, что свидетельствует о малой эффективности мер по охране труда и невысоком удельном весе мероприятий по коренному улучшению условий труда.

Экономический и социальный ущерб в связи с неблагоприятными условиями труда отражается в показателях травматизма, заболеваемости, текучести кадров работающих, неудовлетворенных условиями труда, пенсиях инвалидам и т. д. (табл. 2).

Для оценки эффективности мероприятий по охране труда определяются величина снижения ущерба (социального и экономического) на 1 руб. вложений в охрану труда. Мероприятия по охране

Таблица 1
Классификация мероприятий по охране труда

№	Класс мероприятий	Назначение
1	Мероприятия, проводимые на основе капитальных затрат на реконструкцию, ремонт и вывод из эксплуатации зданий и сооружений	Коренное улучшение условий труда
2	Модернизация технологии и оборудования	
3	Средства коллективной защиты	Защита работающих от вредных и опасных факторов
4	Средства индивидуальной защиты	
5	Санитарно-бытовое обслуживание	Профилактика заболеваний
6	Медико-профилактическое обслуживание	Профилактика и лечение
7	Льготы и компенсации	Профилактика заболеваний
8	Организационные мероприятия	Пропаганда, профилактика, поиск новых решений

Таблица 2

Виды ущерба в связи с неблагоприятными условиями труда

№	Вид ущерба	Источник финансирования
1	Временная нетрудоспособность	Социальное страхование, предприятие
2	Пенсии	Социальное обеспечение, предприятие
3	Регрессные иски	Предприятие

труда должны финансироваться из государственного бюджета или из бюджета предприятий (однако ни тот, ни другой вариант в настоящее время не практикуется). Отчеты о мероприятиях и соответствующие расходы приводят в статистических формах охраны труда. Однако эти формы (из тех немногих, которые остались в списке отчетных форм), во многом дублируя друг друга, не отражают структуру расходов на охрану труда, так как для многих видов расходов нет утвержденной формы документа. Отсутствие полноценной системы учета не позволяет сопоставить средства, отпускаемые на охрану труда, с реальными затратами на проведение отдельных мероприятий, перераспределить их, спланировать наиболее эффективным образом.

С учетом описанного подхода к классификации профилактических мероприятий был разработан примерный классификатор мероприятий по охране труда и видов ущерба в связи с неблагоприятными условиями труда, который позволяет формировать базы данных по охране труда, контролировать средства, расходуемые на охрану труда, определять ущерб от неблагоприятных условий труда и оценивать эффективность проведенных мероприятий.

2. Планирование профилактических мероприятий с учетом влияния факторов условий труда

1. Соответствие профилактических мероприятий $\{U\}$ множеству производственных факторов $\{x\}$, на предотвращение или уменьшение действия которых они направлены, определяется с помощью данных табл. 3. Здесь x_1, x_2, \dots, x_n — значения факторов условий труда, которые будут принимать после проведения каждого из профилактических мероприятий U_1, U_2, \dots, U_r ; P_1, P_2, \dots, P_n — удельная эффективность мероприятий по отношению к каждому из зависящих от него факторов, т. е. доля изменения значения фактора за период, прошедший от начала проведения мероприятий, отнесенная к стоимости данного мероприятия.

Мерой эффективности мероприятий может служить число лиц, высвобожденных из-под действия неблагоприятных факторов, а опосредованным показателем эффекта является снижение

Таблица 3

Соответствие мероприятий и факторов условий труда

Мероприятия	Факторы условий труда $x_1 P_1 \dots x_j P_j \dots x_n P_n$
U_1	$x_{11} P_{11} \dots x_{1j} P_{1j} \dots x_{1n} P_{1n}$
U_2	$x_{21} P_{21} \dots x_{2j} P_{2j} \dots x_{2n} P_{2n}$
...	...
U_r	$x_{r1} P_{r1} \dots x_{rj} P_{rj} \dots x_{rn} P_{rn}$

уровней последствий условий труда — заболеваемости, травматизма, инвалидности и т. д.

2. Для всех планируемых мероприятий составляется так называемая матрица связей $\|\rho_{lk}\|$, где l — индекс мероприятия; k — индекс группы работающих:

$$\rho_{lk} = \begin{cases} 1, & \text{если мероприятие } U_l \text{ намечено для } k\text{-й группы работающих;} \\ 0, & \text{если мероприятие } U_l \text{ не намечено для } k\text{-й группы работающих.} \end{cases}$$

При этом уровень группировки работающих должен определяться характером планируемых мероприятий. Так, средства коллективной защиты могут предназначаться для административно-производственных групп работающих, не зависящих от демографических признаков (возраст, стаж, пол). Индивидуальные меры профилактики должны учитывать характеристики контингента и, следовательно, планироваться для групп, однородных в демографическом отношении.

3. Для каждого планируемого мероприятия U_j , исходя из опыта его применения (по экспертным либо по статистическим данным), оценивается *ожидаемый оздоровительный эффект* Q_j . Этот эффект может быть выражен: экономически — в виде уменьшения недовыработки продукции, сокращения выплат по больничным листам, пенсий по инвалидности и т. д., либо — в виде сокращения социального ущерба от неблагоприятных условий труда (в показателях заболеваемости, травматизма, инвалидности, смертности и т. д.).

Если мероприятие U_j направлено на снижение действия конкретного фактора производственной среды, то, определяя с помощью модели идентификации оценку Δy_i снижения соответствующего показателя заболеваемости y_i (по i -й форме заболевания в расчете на одного работающего), можно вычислить *удельный оздоровительный эффект* Q'_{ji} (в расчете на одного работающего):

$$Q'_{ji} = \frac{\Delta y_i}{100} = (y_i(x_{j0}) - y_i(x_{j1}))/100,$$

где Q'_{ji} — удельный оздоровительный эффект (в расчете на одного работающего); x_{j0} — начальное значение j -го производственного фактора; x_{j1} — зна-



Таблица 4

Оздоровительный эффект, получаемый при проведении мероприятий, направленных на снижение заболеваемости

Мероприятия по охране труда	Оздоровительный эффект от снижения заболеваемости $y_1 y_2 \dots y_i \dots y_l$	Число охваченных лиц N	Затраты d
U_1	$Q_{11} Q_{12} \dots Q_{1i} \dots Q_{1l}$	N_1	d_1
U_2	$Q_{21} Q_{22} \dots Q_{2i} \dots Q_{2l}$	N_2	d_2
...
U_l	$Q_{l1} Q_{l2} \dots Q_{li} \dots Q_{ll}$	N_l	d_l
...
U_L	$Q_{L1} Q_{L2} \dots Q_{Li} \dots Q_{Ll}$	N_L	d_L

чение j -го производственного фактора после проведения мероприятия U_j .

4. По известному числу работающих в данной группе можно найти оздоровительный эффект Q_{li} от проведения мероприятия U_i :

$$Q_{li} = N_l \sum_{i=1}^{I_k} Q'_{li},$$

где Q_{li} — оздоровительный эффект при снижении показателей i -й формы заболевания в результате проведения мероприятия U_i ; N_l — число лиц, охваченных мероприятием U_i ; I_k — общее число форм заболеваний k -й группы работающих.

Если мероприятие U_l вызывает при этом снижение показателей нескольких форм заболеваний, суммарный оздоровительный эффект будет равен:

$$Q_l = \sum_{i=1}^I Q_{li},$$

где Q_l — суммарный оздоровительный эффект при проведении мероприятий U_i , снижающего показатели заболеваний; I — общее число форм заболеваний.

Таким образом, учитывая затраты $\{d_j\}$ на проведение мероприятий $\{U_j\}$, оценки оздоровительного эффекта, получаемого в результате проведения профилактических мероприятий, можно представить в виде данных табл. 4.

5. В качестве исходных данных для планирования мероприятий по охране труда принимается матрица связей $\|\rho_{lk}\|$, где для k -й группы работающих предназначен комплекс мероприятий

$$\{U_{l'}\}, l' = \overline{1, L'_k}; L'_k \leq L.$$

При дальнейшем формировании плана мероприятий возможны два случая:

а) Затраты на реализацию мероприятий по перечню $\{U_{l'}\}$ не превышают ресурсов D , выделенных для данной группы работающих (участка, цеха, предприятия и т. д.):

$$\sum_{l'=1}^{L'} d_{l'} \leq D.$$

Тогда все мероприятия перечня $\{U_{l'}\}$ включаются в план, а оставшиеся ресурсы $D_l = D - \sum_{l'=1}^{L'} d_{l'}$ распределяются между оставшимися неприоритетными мероприятиями $\{U_j\} - \{U_{l'}\}$.

б) Затраты на реализацию мероприятий по перечню $\{U_{l'}\}$ превышают выделенные ресурсы D , тогда $\{U_{l'}\}$ рассматриваются в качестве исходного перечня для последующего оптимального планирования.

6. В качестве критерия оптимизации принимается суммарное по анализируемым группам работающих снижение показателей заболеваемости за счет реализованных мероприятий, включенных в план.

Критерий оптимизации имеет вид:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I y_{ik} - \sum_{l=1}^L \varphi_l \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I (\rho_{lk} Q_{li}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где Q_{li} — снижение показателя по i -й форме заболевания при проведении мероприятия U_i ; y_{ik} — показатель i -й формы заболевания для k -й группы работающих;

$$\varphi_l = \begin{cases} 1, & \text{если } U_l \text{ включено в оптимальный план,} \\ 0, & \text{если } U_l \text{ не включено в оптимальный план.} \end{cases}$$

Ограничение на ресурсы имеет вид

$$\sum_{l=1}^L \varphi_l d_l \leq D. \quad (2)$$

Так как величина $\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \rho_{lk} Q_{li}$ характеризует суммарное снижение заболеваемости при проведении мероприятия U_l , обозначим эту величину через ψ_l .

Тогда критерий (1) имеет вид:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I y_{ik} - \sum_{l=1}^L \varphi_l \psi_l \rightarrow \min. \quad (3)$$

При формировании оптимального плана мероприятий в общем случае имеет смысл ввести дополнительное ограничение:

$$y_{ik} - \sum_{l=1}^L \varphi_l (\rho_{lk} Q_{li}) \geq y_{\min}, \quad k = \overline{1, K}, i = \overline{1, I}, \quad (4)$$

которое означает, что результат снижения заболеваемости от проведения комплекса мероприятий $(\overline{1, L})$ для k -й группы работающих должен превышать минимально возможный показатель по данной форме заболевания. Ограничение (4) позволит обеспечить равномерность проведения оздоровительных мероприятий в тех случаях, когда они имеют различную эффективность, и показатели по различным формам заболеваний не слишком различаются между собой.

3. Построение алгоритма оптимизации профилактических мероприятий

Задача (3) при ограничениях (2) и (4) может быть решена при использовании эвристических алгоритмов календарного планирования, основанных на правилах предпочтения [2, 3]. Рассмотрим алгоритм решения задачи нахождения последовательности мероприятий $\{\varphi_l^*\}$, минимизирующей выражение (3) при ограничениях (4). Для построения искомого алгоритма используем решение "задачи о ранце" [4].

С этой целью заменим в выражении (3) величину ψ_l на ψ'_l , где $\psi'_l = \sum_{k=1}^K (\rho_{lk} Q_{lk})$.

Тогда поставленная задача имеет вид: определить последовательность $\{\varphi_l^*\}$, для которой

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L y_{lk} - \sum_{l=1}^L \varphi_l \psi'_l \rightarrow \max, \quad (5)$$

при ограничениях (2) и (4).

При этом выражение (5) является зеркальным отражением в отрицательную область выражения (3).

Рассмотрим два алгоритма — для приближенного решения вручную и для точного решения задачи с помощью ЭВМ.

I. Алгоритм для приближенного решения.

Рядом авторов [4, 5] показано, что квазиоптимальное решение при $d_l \ll D$ получается с помощью простого правила: в оптимальный план включаются мероприятия в порядке убывания оценок их удельной эффективности ψ'_l/d_l .

$$\text{Если } \frac{\psi'_l}{d_l} = \max \frac{\psi'_l}{d_l}, \text{ то } \varphi_l^* = 1.$$

В данном случае не просматриваются варианты рационального расходования остатков ресурсов:

$$\Delta = D - \sum_{l=1}^L d_l.$$

Однако при больших l и $d_l \ll D$ эти погрешности невелики и ими можно пренебречь.

II. Алгоритм для точного решения.

Здесь нельзя использовать хорошо разработанные методы линейного программирования, так как результаты решения $\{\varphi_l\}$ должны быть целочисленными. Используем метод "ветвей и границ" [4], показавший достаточно быструю сходимость. Данный алгоритм основан на построении "дерева" возможных решений (планов) E и отсеивании подмножеств неперспективных решений.

Допустим, для плана Z определена целевая функция

$$F(Z) = \sum_{l=1}^L \varphi_l \psi'_l.$$

Обозначим через C нижнюю границу (рекорд) для максимального, т. е. оптимального (см. формулу (5)) значения $F(Z)$:

$$C \leq \max F(Z).$$

В этом случае алгоритм с использованием метода "ветвей и границ" будет состоять из следующих этапов.

1) Множество решений E разбиваем на некоторое число подмножеств $\{E'\}$, для каждого из которых определяем так называемую верхнюю границу B :

$$B \geq F(E') \text{ для всех } E' \in E.$$

Тогда, если $B < C$ и для некоторого $E' \in E$ $\max_{E' \in E} F(Z) > F(E')$, то E' не содержит оптимального решения.

2) Одно из неразбитых до конца подмножеств разбиваем на более мелкие, для каждого из которых вычисляем верхние границы B . Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет получено подмножество, содержащее одну точку (план).

3) Пусть Z' — найденная точка. Вычисляем $F(Z')$, определяем нижнюю границу $C = F(Z')$ и заменяем ее на относящуюся к этой точке верхнюю границу $F(Z') = B$.

4) Выбираем следующее неразбитое до конца подмножество и вычисляем для него верхнюю границу.

5) Процесс продолжаем до тех пор, пока либо найденное подмножество не будет состоять из одной точки, либо станет невозможным выбирать ни одно подмножество, так как все $B < C$.

В первом случае переходим к этапу 3, корректируя при этом значения C таким образом, чтобы оно было максимальным из всех найденных значений C (рекордов). Во втором случае поиск прекращается, C принимается в качестве максимума функции F , т. е. получаем оптимальный план мероприятий Z^* , для которого $F(Z^*) = C$, будет решением задачи.

При использовании приведенного метода весьма важным является определение выражения для верхней границы B . Учитывая особенности настоящей задачи и специфики объекта оптимизации целесообразно в качестве оценки для B использовать выражение:

$$B = \sum_{r=1}^{l'} \varphi_r \psi'_r + \frac{D - \sum_{r=1}^{l'} \varphi_r d_r}{d_{r+1}} \psi'_{r+1},$$

где l' — число первоначально вошедших в план мероприятий, стоимость которых меньше стоимости следующего мероприятия:

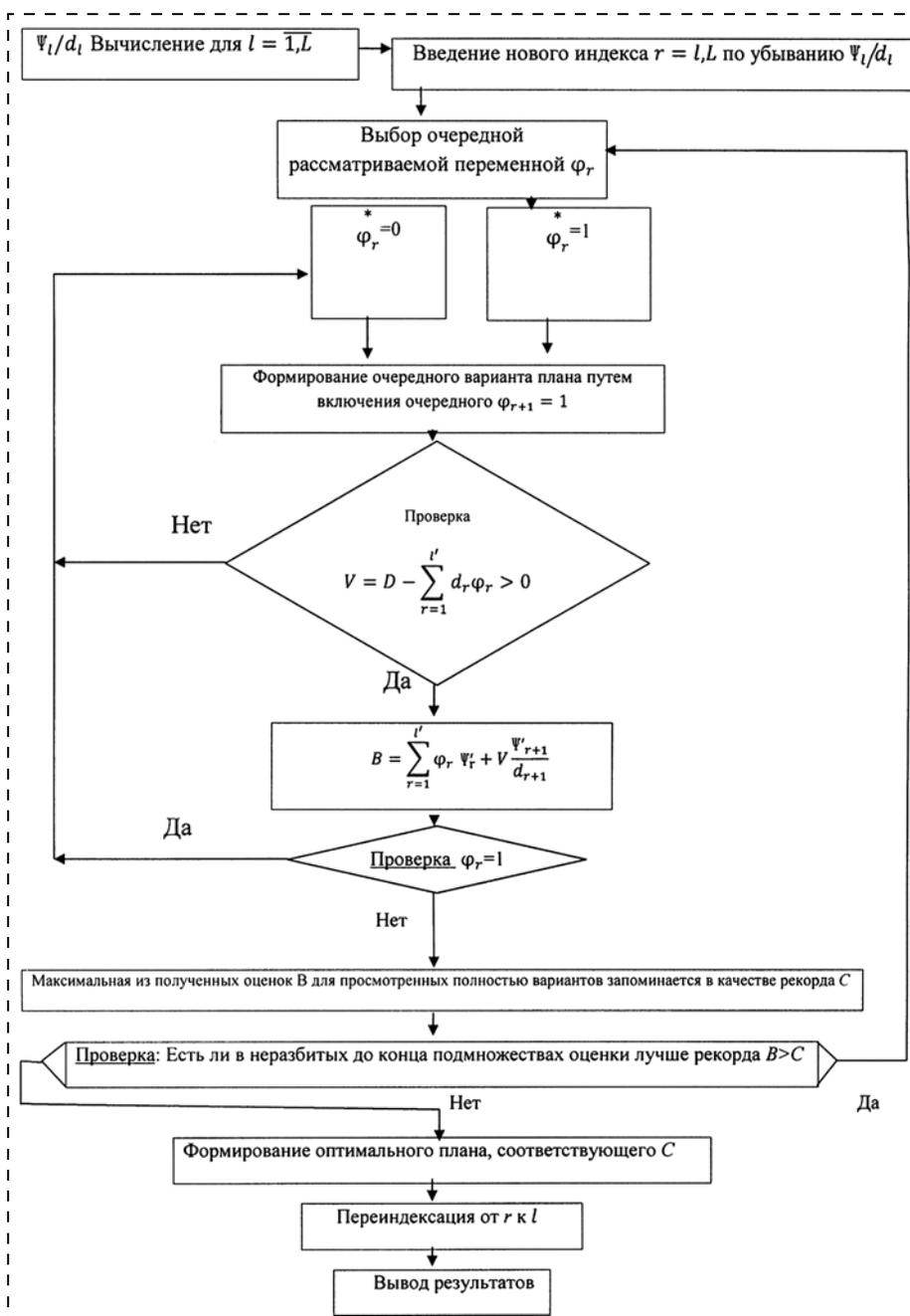
$$D - \sum_{r=1}^{l'} \varphi_r d_r \leq d_{r+1}.$$



Включение в план начинается с мероприятия, имеющего максимальную удельную эффективность:

$$\frac{\Psi'_r}{d_r} \geq \frac{\Psi'_{r+1}}{d_{r+1}}, r = \overline{1, L}.$$

Блок-схема алгоритма оптимизации приведена на рисунке. Этот алгоритм, реализующий с помощью ЭВМ метод "ветвей и границ", показал хорошую сходимость при $L = 80$ (число мероприятий), для $K = 20$ (число однородных групп работающих).



Алгоритм оптимизации мероприятий по охране труда

Выводы

1. Предложены изменения в существующую классификацию мероприятий по охране труда, предполагающие включение в число номенклатурных мероприятий, предусматривающих средства индивидуальной защиты, и медико-профилактических мероприятий, эффективное планирование которых в значительной степени определяет снижение показателей заболеваемости.

2. Обоснован подход к составлению комплексов профилактических мероприятий с учетом их удельного вклада в снижение неблагоприятных воздействий; такие комплексы являются исходной базой для последующего оптимального планирования.

3. Формализован критерий эффективности оптимизации оздоровительных мероприятий, в качестве которого принимается суммарное по выбранным группам работающих снижение показателей заболеваемости, получаемое за счет мероприятий, включаемых в оптимальный план.

4. Построен алгоритм оптимального планирования мероприятий по безопасности труда, реализующий комбинаторный метод целочисленного программирования (метод "ветвей и границ"), показавший хорошую сходимость при заданном числе однородных групп работающих на выбранном множестве принимаемых решений.

Список литературы

1. Беленький В. М. Автоматизированная система управления охраной труда на предприятии. Технологии техносферной безопасности: Научный Интернет-журнал. — 2011. — № 1 (35). — 11 с.
2. Календарное планирование / Под ред. Д. Мута. — М.: Прогресс, 1966. — 467 с.
3. Вагнер Г. Основы исследования операций. — М.: Мир, 1973. — 503 с.
4. Корбут А. А., Финкельштейн Ю. Ю. Дискретное программирование. — М.: Наука, 1969. — 370 с.
5. Гольдштейн Е. Г., Юдин Д. Б. Новые направления в линейном программировании. — М.: Советское радио, 1966. — 524 с.

УДК 615.8

К. К. Ким, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, Петербургский государственный университет путей сообщения,
М. Н. Кияшко, канд. мед. наук, доц. кафедры, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, г. Санкт-Петербург,
Г. Л. Спичкин, канд. техн. наук, вед. инж. кафедры, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
С. В. Федотов, ген. директор, предприятие "Исток+", г. Санкт-Петербург
E-mail: kimkk@inbox.ru

Использование природных факторов для задач релаксации

Рассмотрена концепция релаксации с применением природных факторов — солнечного света, позитивных звуков живой природы, чистого и свежего воздуха, насыщенного биологически активными веществами природного происхождения и активными формами кислорода. Описано оборудование, реализующее указанные факторы в рамках кабинета релаксации.

Ключевые слова: релаксация, природные факторы, солнечный свет, звуки живой природы, чистый и свежий воздух, кабинет релаксации

К. К. Kim, M. N. Kiyashko, G. L. Spichkin, S. V. Fedotov

The Using of the Natural Factors for the Relaxational Problems

There is offered a concept of relaxation with application of "natural" factors: sunlight, positive sounds of wildlife, clean and fresh air, rich with biologically active natural substances and active forms of oxygen. Equipment that implements these factors in the frame of relaxation room is described.

Keywords: relaxation, natural factors, sunlight, sounds of wildlife, clean and fresh air, relaxation room

Введение

Стресс в переводе с английского — это напряжение, поэтому наиболее логичным методом снижения уровня стресса является расслабление или релаксация [1].

Современные антропогенные нагрузки, которые осуществляют давление на человека, часто значительно превышают его адаптивные возможности и выходят за границы нормального физиологического реагирования. В связи с этим происходит накопление декомпенсации, что приводит к появлению психосоматической патологии разного генеза.

Способность к релаксации является одной из необходимых адаптивных особенностей человека, однако в настоящее время именно эта способность далеко не всегда реализуется. Причина заключается в невозможности достичь необходимого состояния в условиях постоянной психофизиологической нагрузки.

Известно, что релаксация — состояние бодрствования, характеризующееся пониженной психо-

физиологической активностью, которое ощущается либо во всем организме, либо в любой его системе. Существует множество различных релаксационных приемов, которые более или менее успешно практикуются в настоящее время. Спектр их весьма широк — от методов аутогенной терапии до нервно-мышечной релаксации с помощью соответствующих приборов, контролирующих различные формы биологической обратной связи. С физиологической точки зрения применяемые методы основаны на воздействии, противоположном действию симпатической стрессовой реакции и способствуют нормализации психофизиологического функционирования организма [2].

Современное развитие общества способствует усилению давления на человека, что проявляется в различных психосоматических синдромах (синдром эмоционального выгорания (СЭВ), синдром хронической усталости).

СЭВ — это реакция организма, возникающая вследствие продолжительного воздействия профессиональных стрессов средней интенсивности. На Европейской конференции ВОЗ (2005 г.) отме-



чено, что стресс, связанный с работой, является важной проблемой примерно для одной трети трудящихся стран Европейского союза и стоимость решения проблем с психическим здоровьем в связи с этим составляет в среднем 3...4 % валового национального дохода.

СЭВ — это процесс постепенной утраты эмоциональной, когнитивной и физической энергии, проявляющийся в симптомах эмоционального, умственного истощения, физического утомления, личной отстраненности и снижения удовлетворения исполнением работы. В литературе в качестве синонима синдрома эмоционального выгорания, используется термин "синдром психического выгорания".

СЭВ — это выработанный личностью механизм психологической защиты в форме полного или частичного исключения эмоций в ответ на избранные психотравмирующие воздействия. Это приобретенный стереотип эмоционального, чаще всего профессионального, поведения. "Выгорание" — отчасти функциональный стереотип, поскольку позволяет дозировать и экономно расходовать энергетические ресурсы. В то же время могут возникать его дисфункциональные следствия, когда "выгорание" отрицательно сказывается на исполнении профессиональной деятельности и отношениях с партнерами. Иногда СЭВ (в иностранной литературе "burnout") обозначается понятием "профессиональное выгорание", что позволяет рассматривать это явление в аспекте личной деформации под влиянием профессиональных стрессов [3].

Механизм релаксации

Известно, что левое полушарие нашего мозга отвечает за речь и логическое мышление, а правое — за воображение, мечты и интуицию. В те моменты, когда правое полушарие работает более активно, чем левое, обычные для состояния бодрствования и напряжения *бета-ритмы* сменяются *альфа-ритмами*, которые, как правило, предшествуют сну [4]. В моменты "правополушарной" жизни человек гораздо спокойнее, и у него появляется способность к творческой деятельности. Такого состояния можно легко достигнуть в состоянии релаксации или расслабления. Поэтому релаксация способна полностью восстановить силы и внести гармонию в жизнь человека.

Регулярная релаксация меняет химию организма — во время глубокой стадии расслабления в нашем мозге выделяются эндорфины, поднимающие настроение. Частое и стойкое снижение настроения связано именно с недостатком эндорфинов — группой полипептидных химических соединений, по структуре сходных с опиатами (морфиноподобными соединениями), которые естественным пу-

тем вырабатываются в нейронах головного мозга. Эндорфины обладают способностью уменьшать боль аналогично опиатам и влиять на эмоциональное состояние человека. Эндорфины образуются из вырабатываемого гипофизом вещества — бета-липотрофина (betalipotrophin); считается, что они контролируют деятельность эндокринных желез в организме человека [5].

Концепция релаксации с применением "природных" факторов

Где наиболее быстро восстанавливается современный человек, занимающийся интенсивной трудовой деятельностью? Один из самых быстрых и эффективных путей, не требующих значительных физических нагрузок по схеме "тренажерный зал — сауна — застолье", это выезд на природу, в лес, к речке, на берег водоема. Каких-то полчаса (время, соизмеримое с продолжительностью физиотерапевтической процедуры), и усталость проходит, человек опять готов к активной жизни. Что же способствует быстрому восстановлению усталого организма, ведь на природе человек только смотрит, слушает и дышит? Скорее всего, это комплексное воздействие на организм.

Действительно, солнечный свет и природные цвета благоприятно действуют на состояния систем нервной и эндокринной регуляции за счет непосредственного воздействия света определенной волны на фоторецепторы, а также за счет опосредованного воздействия, связанного с нахождением человека в привычной визуальной среде обитания [6].

Звуки живой природы, сменившие аритмогенные "мелодии" большого города, способствуют релаксации, так как моделируют природные звуки, характерные для экологической ниши вида *Homo sapiens* — человек разумный и обеспечивают комфортное состояние в условиях звуковых оптимумов.

При вдыхании чистого и свежего воздуха, насыщенного биологически активными веществами природного происхождения и активными формами кислорода, осуществляется благоприятное влияние на организм человека, интенсифицируются жизненно важные биохимические обменные процессы.

Воздействующие природные факторы

Действие света

Влияние света на организм человека обусловлено тремя его составляющими: видимое излучение, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения.

Видимое излучение способно проникать через кожу на глубину до 1 см. В основном видимый спектр солнечного излучения воздействует на ор-

ганизм через сетчатку глаза и в дальнейшем через нервную систему. Цвета действуют по-разному. Так, например, красный и оранжевый цвета возбуждают деятельность головного мозга, зеленый и желтый — успокаивают, синий тормозит нервную психическую деятельность.

Инфракрасные лучи проникают на 2...3 см в ткани и очень активно воздействуют на кровеносные сосуды, которые расширяются и усиливают кровообращение в коже и подкожно-жировой клетчатке. Благодаря этому активизируются окислительные-восстановительные процессы в этих тканях.

Ультрафиолетовое излучение оказывает наибольшее воздействие на организм. Ультрафиолетовые лучи имеют наименьшую длину волны и поэтому обладают наибольшей энергией. Они проникают в ткани всего на 1 мм, но при этом оказывают мощное воздействие (положительное или отрицательное — все зависит от дозировки) как на поверхностные ткани, так и на внутренние органы. Под действием ультрафиолета образуется огромное количество биологически активных веществ (гистамин, серотонин и т. д.), которые вместе с кровью разносятся по всему организму, оказывая сложное воздействие на органы и системы человека. При умеренном облучении благодаря этому достигается хороший оздоровительный эффект, так как уничтожаются многие болезнетворные микроорганизмы.

Под действием ультрафиолетового излучения в коже образуется витамин D. Благодаря высокой температуре цвета и превосходной цветопередаче лампы "солнечного света" являются идеальными источниками света, к спектру которого адаптирован человек.

Звуки живой природы, музыка

Рассмотрим вопрос: а каковы музыкальные потребности человека? Известно, что в "музыке" первобытных людей главным был ритм, что понятно из широкой распространенности у них всевозможных ударных инструментов. С дальнейшим развитием цивилизации в музыке уже начали появляться инструменты с более мелодичным звучанием (свирель, арфа и т. д.). Музыка начала становиться предметом искусства.

Из медицины и биологии известно, что самое сильное воздействие на организм человека оказывает именно ритм музыкального произведения — самый древний компонент музыки. Ритмы музыкальных произведений лежат в диапазоне 0,6...1,5 Гц, что является биологически ощутимой частотой, близкой частоте дыхания и сердцебиения. Организм человека обладает способностью подстраиваться под внешние воздействия, и, вследствие этого, ра-

бота сердца и дыхание пытаются подстроиться под ритм музыкального произведения. Таким образом, можно восстанавливать стабильную частоту работы органов, нарушенную вследствие болезни, при помощи музыкального воздействия.

Так называемые "позитивные звуки живой природы" представляют собой смесь звуков, характерных для естественной среды обитания и обеспечивают аудио контакт человека с окружающей средой, которая характеризуется отсутствием угрозы и наличием важных биогенных ритмов. Данная среда не вызывает стрессовых реакций и способствует релаксации.

Чистый и свежий воздух

Если попытаться описать природный воздух набором физико-химических показателей, получится скучно и неромантично. В первую очередь чистота воздуха характеризуется содержанием в нем аэрозоли (пыли), органических и неорганических газовых загрязнителей, микроорганизмов. Самый лучший в мире "моющий пылесос" — дождик. Прошел, и воздух чист.

В городе загрязненный уличными газами с большим содержанием органики, окислов углерода и азота воздух поступает в наши жилые и производственные помещения, где человек проводит большую часть времени. Мало кто знает, что уровни основных загрязнителей воздуха внутри помещений превышают таковые в наружном воздухе в несколько раз. Человек, длительное время пребывающий в помещении, постоянно подвергается токсичному и микробному воздействию. К счастью, современные системы приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования способны в основном решить проблему очистки воздуха от пыли, а также поддерживать оптимальные параметры микроклимата в помещении. Про чистоту воздуха понятно, теперь о его свежести.

Специалисты по управлению качеством воздуха считают, что ощущение свежести воздуху придают так называемые активные формы кислорода (АФК), в частности, легкие ионы кислорода. Человеческий организм за годы эволюции адаптировался к "природным" концентрациям АФК, т. е. концентрациям, наиболее часто встречающимся в природе. Чистый атмосферный воздух насыщен легкими кислородными ионами каждого знака в концентрациях 1000...5000 ионов/см³ (лесной и морской воздух), 5000...10 000 ионов/см³ (воздух горных курортов), 10 000 ионов/см³ и более (воздух у водопада).

К сожалению, воздух помещений, подвергаясь фильтрации при прохождении по вентиляционным воздуховодам, теряет ионы, деионизируется, становится "мертвым воздухом". Синдром "мерт-



вого воздуха" часто проявляется у людей, вынужденных длительное время находиться в атмосфере деионизированного воздуха. Сегодня очевидно, что дефицит, а чаще всего практически полное отсутствие легких ионов в воздухе помещений являются основной причиной возникновения недомоганий, головных болей, головокружений, хронической усталости, расстройств сна, частых простудных заболеваний, аллергических проявлений у людей, пребывающих в таких помещениях длительное время. Биологическое воздействие АФК на организм — явление многостороннее, поликомпонентное и разнонаправленное. Некоторые исследователи сравнивали влияние ионов воздуха с эффектом витаминов и гормонов, подчеркивая колоссальный отклик организма на ничтожные дозы действующего агента. А. Л. Чижевский называл легкие отрицательные аэроионы витаминами воздуха [7].

В настоящее время экспериментально доказано, что легкие отрицательные аэроионы повышают количество эритроцитов и гемоглобина, увеличивают скорость регенерации тканей, снижают артериальное давление у гипертоников, уменьшают частоту сердечных сокращений, нормализуют функциональную деятельность коры головного мозга, водный обмен, морфологические и физико-химические свойства крови.

Легкие отрицательные ионы кислорода повышают устойчивость организма к недостатку кислорода, витаминов, холоду, бактериальной интоксикации, к статической и динамической работе. Интенсивная кислородная ингаляция с отрицательной ионизацией используется для быстрого восстановления персонала, занятого интенсивным трудом (диспетчеров, операторов, машинистов поездов и т. д.).

Механизм действия ионов на организм человека, в первую очередь, связан с изменением метаболизма в мозгу и, соответственно, с выработкой мозговых медиаторов, включая и эндорфины. Имеются данные о связи между электрической активностью обонятельных луковиц и переднего отдела гипоталамуса, что указывает на возможность влияния воздуха, насыщенного ионами, на вегетативные процессы в организме. Показан выраженный благоприятный эффект отрицательных ионов при общей слабости, снижении физической и умственной работоспособности, при бессоннице, головных болях любой этиологии, аллергических проявлениях, неврозах. Изучено положительное влияние ионов на способности человека повышать внимание и восприятие. Ионы оказывают антидепрессивное действие, активизируют метаболизм, стабилизируют процессы вегетативной регуляции. Таким образом, насыщение ионами воздуха помещений выступает как один из простых и эффек-

тивных способов предотвращения патологических изменений в организме.

При использовании активных форм кислорода, как одного из важнейших параметров системы управления качеством воздушной среды в помещении, необходимо помнить, что положительное воздействие на организм АФК возможно в том и только в том случае, если кондиционный воздух предварительно качественно очищен от аэрозольных и газовых загрязнителей. В противном случае АФК, активизируя дыхательные процессы в организме, способствуют усилению проникновения в организм указанных выше загрязнителей, что неизменно неблагоприятно сказывается на самочувствии человека.

Традиционно задачи, связанные с повышением качества воздуха в помещениях, решались с помощью различных технических средств: фильтры разной степени очистки, системы вентиляции и кондиционирования и т. д. Данные технические средства имеют как достоинства, так и недостатки. Принципиальным недостатком является то, что технические средства не способны полностью воссоздать воздушную среду, адекватную природному воздуху, к которому адаптирован человек. Кроме этого, технические средства иногда способствуют снижению качества среды обитания человека вследствие увеличения шумовой и электромагнитной нагрузки, деионизации воздуха, поступающего в помещение, в фильтрах вентиляционных систем, внесения в воздух помещения солевых аэрозольных загрязнителей при работе ультразвуковых и паровых увлажнителей и т. д. Конкуренцию техническим средствам и технологиям очистки воздуха начинают составлять биотехнологии, в основу которых положен эффект повышения качества воздуха, в том числе очистка воздуха с помощью комнатных растений. Одни растения эффективно очищают воздух от органических загрязнений, другие растения, благодаря выраженному фитонцидному эффекту, снижают микробную загрязненность воздуха. Растения продуцируют кислород, поглощают углекислый газ. Многие растения интенсивно увлажняют воздух помещения. Присутствуя в помещении, комнатные растения способствуют приданию воздуху физико-химических свойств, характерных для природного воздуха. Растения являются идеальным природным увлажнителем. Кроме того, являясь элементами фитодизайна, комнатные растения положительно влияют на психоэмоциональное состояние находящихся в помещении людей.

Растения воздействуют на мозговые процессы. Они выделяют биологически активные вещества, среди которых алкалоиды, эфирные масла, терпены и многие другие. Часть этих веществ действуют

на человека, влияя на нервную и мышечную системы. Многие гормоны и медиаторы в организме (амины или пептиды) — производные аминокислот. Это ацетилхолин, адреналин, норадреналин, серотонин, дофамин, эндорфины и др. Алкалоиды в химическом отношении похожи на них. Попав в организм человека, они связываются с рецепторами, предназначенными для регуляторных молекул самого организма, и блокируют или запускают разнообразные процессы, например передачу сигнала (ацетилхолина) от нервных окончаний мышцам.

Эфирные масла, выделяемые растениями, также оказывают сильное воздействие на человека: некоторые компоненты эфирных масел обладают гормоноподобной структурой, что позволяет им вмешиваться в психофизические функции организма. Эфирные масла обладают способностью влиять на гипофиз и вызывать образование эндорфинов.

Уже давно была установлена взаимозависимость между напряжением, релаксацией эмоциями и дыханием. Именно поэтому активные релаксационные мероприятия должны носить мультифакторный характер, т. е. включать системы физической, сенсорной и метаболической релаксации. Перечисленные системы могут быть реализованы в релаксационном комплексе.

Релаксационный комплекс

Основу релаксационного комплекса составляют:

- аппаратно-биологический комплекс (метаболическая релаксация);
- аудиосистема с записью специально подготовленными релаксационными треками (сенсорная аудиорелаксация);
- симулятор солнечного света (метаболическая релаксация);
- релаксационные платформы, осуществляющие воздействие на опорно-двигательный аппарат (физическая релаксация).

Аппаратно-биологический комплекс — комплекс, в который входят искусственный фитоценоз (сообщество растений) и аппаратные средства. Растения предназначены для управления физико-химическим составом воздуха с целью придания воздуху определенных свойств и характеристик. Аппаратные средства служат для обеспечения жизнедеятельности растений, управления интенсивностью биологических процессов, протекающих с участием растений (фотосинтез, поглощение газовых загрязнений и т. д.), и коррекции аэроионного фона в воздухе помещения, как минимум в зоне действия комплекса. Аппаратно-биологические комплексы имеют различные конфигурации. Из

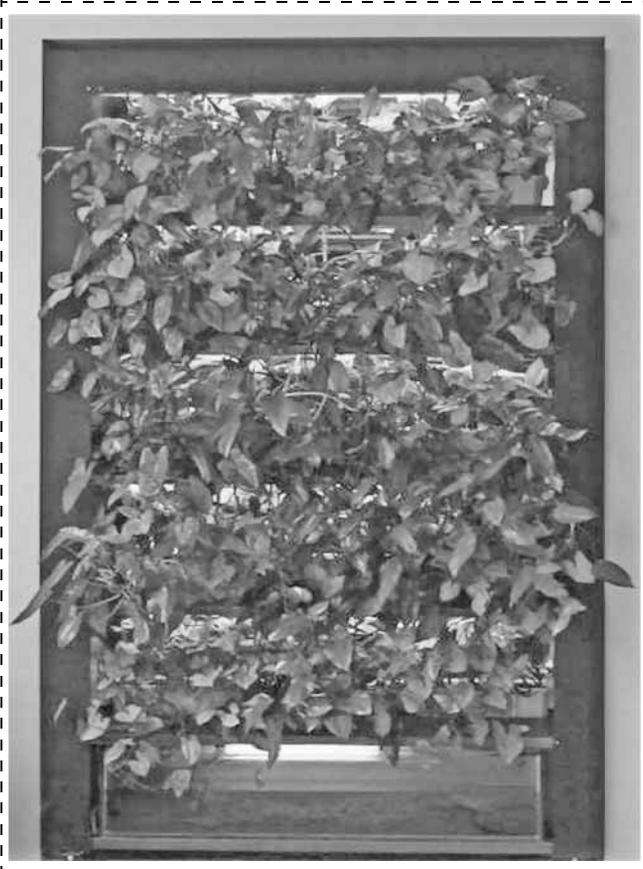


Рис. 1. Аппаратно-биологический комплекс ЗЕЛЕНАЯ СТЕНА

комплексов ЗЕЛЕНАЯ СТЕНА (рис. 1) удобно компоновать релаксационные беседки, полностью изолирующие внутреннюю часть от внешних техногенных факторов.

Аудиосистема со специальными программами, подготовленными специалистами клиники неврозов Медицинской академии последипломного образования, позволяет гармонизировать работу головного мозга и нормализует ритм дыхания, пульс, давление, температуру, снимает мышечное напряжение.

Устройство искусственного солнечного света (УИСС) (рис. 2) — применяется для компенсации недостатка солнечного света, который способствует выработке эндорфинов и, следовательно, активно влияет на общее состояние организма и снижение уровня тревожности и напряжения. В УИСС используются лампы "солнечного света" двух типов, несколько различающихся по спектральному составу в УФ области спектра.

В одних лампах содержится часть спектра ультрафиолетового излучения (UVA, 315...380 нм), которая отвечает за самочувствие человека и необходима для поддержания биологических процессов в орга-



Рис. 2. Устройство искусственного солнечного света УИСС (над кушеткой с платформой для тракционной релаксации)

низме [8]. Такие лампы "солнечного света" применяются, в первую очередь, в помещениях, не имеющих в достаточной мере естественного дневного света, и в которых долгое время находятся люди — во врачебных кабинетах, школах, детсадах.

В других лампах "солнечного света", спектр ультрафиолетового излучения более жесткий (UVB, 280...315 нм). Свет этого спектрального диапазона благотворно влияет на физиологическую и психическую функции человека, стимулирует выработку меланина в коже человека. Эти лампы идеально подходят для целей светотерапии.

Платформа для тракционной релаксации в кабинетах релаксации рекомендована к применению для того, чтобы освободить позвоночник от противодействующих сил мышечного каркаса, будь то естественное напряжение или компенсаторные мышечные спазмы.

В состав оборудования релаксационного комплекса входят приборы для предварительной диагностики состояния человека и мониторинга функционального состояния человека в процессе релаксации. Приборы, как правило, основаны на анализе вариабельности сердечного ритма, позволяют производить оценку состояния регуляторных систем организма, в частности, функционального

состояния различных отделов вегетативной нервной системы. В зависимости от результатов предварительной диагностики и диагноза подбирается комбинация релаксационных воздействий. Мониторинг проводится в течение всего времени релаксации, что позволяет делать вывод о динамике процесса восстановления.

Заключение

В результате применения релаксационного комплекса достигается снижение уровня стресса психоэмоционального характера и поддержание высокого уровня работоспособности людей, проходящих релаксацию в данном комплексе. Логично предположить, что показатели аппаратных и биологических средств, формирующих факторы релаксации, должны соответствовать аналогичным "природным" показателям по интенсивности и спектру солнечного света, ритмам и тембрам звуков, концентрации активных форм кислорода, набору биологически активных веществ и т. д. Правильное сочетание всех перечисленных факторов должны обеспечивать наиболее интенсивную и эффективную релаксацию.

Список литературы

1. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Кузьменко Т. С., Шихлярова А. И. Антистрессорные реакции и активационная терапия. — Екатеринбург: РИА "Филантроп", 2002. — 196 с.
2. Ксендзов В. О. Релаксация как метод реабилитации спортсменов // Теория и практика физической культуры. — 2005. — № 12. — 33 с.
3. Душков Б. А., Королев А. В., Смирнов Б. А. Энциклопедический словарь: Психология труда, управления, инженерная психология и эргономика. 3-е изд. — М.: Академический проект, 2005. — 848 с.
4. Парцерняк С. А. Стресс, вегетозы, психосоматика. — СПб.: Изд. А. В. К., 2002. — 382 с.
5. Шилов Ю. И., Гейн С. В. Модуляция пропранололом стресс-индуцированных изменений иммунных реакций // V Российский национальный конгресс "Человек и лекарство". — М., 1998. — С. 330—335.
6. Карандашов В. И., Петухов Е. Б., Зродников В. С. Фототерапия / Под ред. Н. Р. Палеева. М.: Медицина, 2001. — 388 с.
7. Герасимова Л. И. Аэроионотерапия. Профилактическое и лечебное воздействие на организм человека. Роль, сущность, механизм и аппаратура. — М.: Наука, 1996. — 118 с.
8. Тетерина Т. П. Цветокоррекция системных психосоматических нарушений. Эколого-экономические проблемы XXI века // Материалы Российско-Корейской научно-практич. конф. Восток-Запад 20—21 октября 2003 г. — М.: МГУЛ, 2005. — С. 103—116.

УДК 656.6.08

В. А. Бондарев, д-р техн. наук, проф. кафедры, **С. В. Ермаков**, ст. препод.,
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота Калининградского
государственного технического университета
E-mail: esv.klgd@mail.ru

Анализ методики формальной оценки рисков

Приведен анализ ограничений методики формальной оценки рисков, последствий игнорирования причин возникновения опасных ситуаций, предложены способы учета человеческого фактора.

Ключевые слова: формальная оценка рисков, ограничения, причины возникновения опасных ситуаций, человеческий фактор

V. A. Bondarev, S. V. Ermakov

Analysis of the Method of Formal Assessment of the Risk

The article analysis the limitations of the method of formal assessment of the risk, the consequences of ignoring the causes of dangerous situations, ways of accounting for the human factor was proposed.

Keywords: formal assessment of the risk, limitations, the causes of dangerous situations, human factor

Любая деятельность человека в той или иной мере всегда сопровождается рисками. Роль рисков многократно возрастает в случаях, когда эта деятельность по своей сути непосредственно связана с опасностью. Одним из таких опасных видов деятельности человека является мореплавание.

Полностью освободить судоходство от рисков практически невозможно, но выявить, оценить и управлять рисками в целях обеспечения безопасности людей, судна, груза и окружающей среды необходимо.

Согласно Международному кодексу по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (далее МКУБ) — гл. 9 Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74) — во всех организациях, связанных с эксплуатацией судов, должна быть проведена оценка всех выявленных рисков для судов, персонала и окружающей среды и создана соответствующая защита [1]. В целях выполнения этих требований Российским морским регистром судоходства (далее Регистр) было разработано и издано Руководство по управлению рисками (далее Руководство) [2], содержащее описание методики формальной оценки рисков. Название этого документа, на первый взгляд, делает его обязательным для судов и организаций, зарегистрированных в Российской Федерации. Вместе с тем, анализ самого Руководства и требований МКУБ позволяет сделать вывод о рекомендательном характере методики формальной оценки риска. Алгоритм реализации методики формальной оценки риска разбит на простые этапы.

На первом этапе необходимо определить оцениваемую область, т. е. ограничить исследуемую проблему с учетом тех временных, человеческих и финансовых ресурсов, которые предполагается затратить на оценку.

После того, как объем оценки определен, необходимо подобрать экспертную группу таким образом, чтобы оцениваемая область получила всестороннее исследование.

Далее для каждой опасности и связанного с ней потенциально возможного аварийного случая необходимо оценить вероятность возникновения аварийного случая (частотности) вследствие этой опасности. Для этого рекомендуется использовать таблицу частотности (табл. 1).

Следующим шагом является оценка последствий и определение по табл. 2 показателя последствий.

Таблица 1

Показатель частотности	Описание показателя частотности
1	КРАЙНЕ РЕДКИЙ = Могло бы произойти один раз за всю жизнь
2	РЕДКИЙ = Могло бы происходить каждые 5–10 лет
3	ВЕРОЯТНЫЙ = Могло бы происходить каждые 1–5 лет
4	ВЕСЬМА ВЕРОЯТНЫЙ = Могло бы происходить ежегодно
5	ЧАСТЫЙ = Могло бы происходить чаще, чем один раз в год



Таблица 2

Показатель последствий	Описание показателя последствий
1	НИЧТОЖНЫЙ = Травмы, не требующие оказания первой помощи, отсутствие необходимости даже косметического ремонта судна, нет загрязнения окружающей среды, не пришлось пропускать рейсы
2	НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ = Травмы, требующие оказания первой помощи, небольшие, требующие косметического ремонта, повреждения судна, окружающая среда не загрязнена, требуется проведение дополнительных работ, небольшой перерыв в графике работы судна, не пришлось пропускать рейсы
3	ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ = Травмы, требующие оказания первой помощи и госпитализации, повреждения судна, загрязнение окружающей среды, длительный перерыв в графике работы судна или финансовые убытки
4	КРИТИЧЕСКИЙ = Серьезные травмы, сильные повреждения судна, значительный ущерб окружающей среде, сильные сбои в графике работы судна, пропущенные рейсы (вплоть до пропуска целого сезона)
5	КАТАСТРОФИЧЕСКИЙ = Потеря жизни, потеря судна, чрезвычайный ущерб окружающей среде

Сопоставлением показателя частотности и показателя последствий по матрице (см. рисунок) определяется степень риска. Показатель степени риска, располагающийся в месте пересечения двух показателей (частотности и последствий), будет входить в одну из следующих четырех основных групп:

- низкий (L): 1...4;
- умеренный (M): 6...8;
- высокий (H): 9...15;
- очень высокий (VH): 16...25.

Степень риска VH обозначает событие или аварийный случай, имеющие большую вероятность возникновения и способные привести к очень серьезным последствиям.

Степень риска L обозначает событие с низкой вероятностью возникновения, которое логически не следует из череды предыдущих событий. Степени риска H и M располагаются между ними.

В первую очередь Руководство рекомендует обращать внимание на события со степенью риска VH. Провести различие между показателями степени риска в группе может оказаться трудным из-за субъективного характера анализа и неопределенности операции. Однако группе экспертов, проводящей анализ риска, предлагается более

подробно обсудить опасности и все-таки присвоить им соответствующую степень риска.

При разработке "ответных мер" определяют способы уменьшения опасностей и вероятности наступления потенциально возможных аварийных случаев, имеющих самые высокие показатели степени риска.

Применение методики формальной оценки рисков Регистра сопровождается заполнением рабочего листа по оценке рисков морских операций.

Проведем анализ ограничений, препятствующих превращению описанной методики формальной оценки рисков из базовой методологической основы в реально применимый на практике инструмент.

Предложенная Регистром система оценки рисков, основанная на выводах экспертной группы, делает процесс оценки излишне масштабным и ресурсоемким по всех отношениях.

Второй этап реализации методики рекомендует осуществлять формирование экспертной группы из числа высококвалифицированных специалистов, каждый из которых компетентен в отдельно взятой области знаний. При этом методика также предполагает привлечение дополнительных экспертов для участия на определенном этапе процесса оценки. Таким образом, методика формальной оценки рисков требует значительных человеческих и соответственно финансовых ресурсов, связанных с привлечением большого количества специалистов высокой квалификации и оплатой их труда. Кроме того, возможное различие во мнениях разных экспертов в отношении одного объекта оценки требует достаточно большого времени для получения согласованного решения.

Для определения показателя частотности экспертам предлагается использовать табл. 1. Для входа в эту таблицу необходимо определить период, с которым случается то или иное происшествие ("раз за всю жизнь", "раз за 5—10 лет" и т. д.). Эксперты это могут сделать одним из двух способов (или комбинацией способов), анализируя большой объем статистических данных по объектам и событиям одного типа

ЧАСТОТНОСТЬ	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
	ПОСЛЕДСТВИЕ					

Матрица степени риска

или основываясь на своих знаниях, касающихся функционирования объектов. Однако собрать в пределах одной, даже крупной, судоходной компании достаточный для анализа объем статистических данных по однотипным объектам и событиям не представляется возможным. В свою очередь, оценка показателя частотности, основанная на интуиции и знаниях экспертов, вследствие своей субъективности, не отвечает требованиям надежности и достоверности.

Решение проблем ресурсоемкости методики, достоверности и надежности экспертных оценок видится в создании комиссии на уровне Международной морской организации. Взаимосвязанные задачи такой комиссии могут заключаться в следующем:

- формирование единой глобальной базы статистических и иных данных по однотипным событиям и объектам;

- постоянное обобщение и анализ теоретических исследований, касающихся как непосредственно рисков и их оценки, так и особенностей функционирования объектов и протекания событий;

- разработка правил аналогии, позволяющих выводы по объектам и событиям одного типа относить к объектам и событиям другого типа.

При этом выводы по теоретическим исследованиям, правила аналогии также должны быть включены в постоянно обновляемую единую базу данных (БД). Доступ к такой БД и небольшие навыки работы с ней дадут возможность осуществлять оценку рисков в рамках судоходной компании даже одному специалисту в пределах небольшого промежутка времени.

Использование в судоходных компаниях методики формальной оценки рисков в виде предложенном СОЛАС-74 [1], довольно часто приводит к проблеме "бумажной безопасности". В таких случаях мероприятия по оценке рисков различных операций (судовых, портовых и т. п.) становятся самодостаточными, осуществляются только на бумаге и не приводят к реальному снижению рисков в судоходной компании. Процедуре оценки рисков в таких компаниях придается излишняя значимость, тем самым создается иллюзия следования требованиям МКУБ, которая поддерживается следующими способами:

- специально назначенные лица, ответственные за оценку рисков в компании, проходят дорогостоящие тренинги;

- создаются (но не разрабатываются, а, как правило, переписываются) излишне объемные руководства по оценке рисков, основанные на Руководстве Регистра [2];

- издаются различные циркуляры, обязывающие моряков сообщать компании о любых рисках, возникающих в процессе выполнения работ;

- формируются громоздкие папки с матрицами рисков, содержащие результаты оценки рисков

по различным операциям, порой не имеющих отношения к деятельности судоходной компании.

Основная цель любой оценки рисков заключается в выявлении необходимости снижения рисков в той или иной операции и установлении приоритетов в мероприятиях, направленных на это снижение. Таким образом, оценка рисков — это лишь небольшая (но неотъемлемая) часть системы управления безопасностью. Сами по себе бесчисленные матрицы рисков не ведут к обеспечению безопасности различных операций. Более того, МКУБ не обязывает использовать при управлении безопасностью матричный способ оценки рисков.

В алгоритме формальной оценки риска понятие "причина" появляется только на последнем этапе, когда показатель степени риска уже получен. Таким образом, причина возникновения опасных ситуаций согласно методике Регистра на степень риска не влияет.

В методике Регистра причина отождествляется с условием наступления опасной ситуации. Согласно такой концепции необходимые условия (*conditio sine qua non*) могут привести к опасной ситуации и наступлению вреда, и тогда их следует считать причиной такового.

Рациональное зерно этой концепции заключено в признании того, что причиной не может оказаться действие (бездействие), которое не было условием наступления опасной ситуации.

Необходимое условие далеко не всегда становится причиной возникновения опасной ситуации. Оно лишено на последующем этапе определяющего генетического значения для воспроизводства последствий.

Не следует смешивать причины и условия, даже необходимые, т. е. такие, без которых опасная ситуация не наступает. Детерминация ими возникновения опасной ситуации по механизму различна.

На первый взгляд ряд типовых аварийных случаев, представленных в Руководстве по управлению рисками, в своей формулировке содержат именно причину. Например, случай "столкновение с другим судном из-за невнимательности" подразумевает под причиной невнимательность, т. е. нарушение правила 5 Международных правил предупреждения и столкновения судов (1972 г.). Однако даже здесь невнимательность необходимо рассматривать только как условие, а не причину. Наблюдение могло отсутствовать не только из-за халатности вахтенного помощника, но и по другим причинам.

В том же разделе Руководства в число ошибок, связанных с человеческим фактором, включено "невыполнение установленных процедур". Опять же — это условие, а не причина, при этом связанное с таким понятием как бездействие. Нередко бездействие воспринимается ошибочно по принципу: "ничто не



причиняет ничего". Вместе с тем оно должно толковаться не как "ничто", а как некоторая другая, пассивная, в отличие от активной, форма поведения, смысл которого заключается в том, что субъект (важный помощник) выключает себя из поведенческих систем, будучи обязанным и имея возможность действовать для предотвращения вреда. Способность бездействия причинять опасные последствия аксиоматична. Однако почему бездействие имело место (то есть причина, как таковая — например, причина "невыполнения установленных процедур") методикой не рассматривается.

Причины возникновения опасных ситуаций можно классифицировать следующим образом:

— технические причины — причины, связанные с внутренней деформацией объекта (системы);

— природные причины — причины, связанные с воздействием окружающей среды на объект;

— человеческий фактор — причины, связанные с некомпетентными, ошибочными или преднамеренно неправильными действиями персонала.

Для технических объектов (судов, судовых систем, технических средств судовождения) причинами деформации могут быть отказы в аппаратуре, программном обеспечении, внезапные отключения и переключения. Деформация структуры является тем исходным событием, которое приводит к появлению нештатной ситуации, ухудшающей важные характеристики объекта (производительность, чувствительность, оперативность, эффективность). Нештатная ситуация является первичным последствием, которое может привести к возникновению аварийной ситуации.

Воздействие окружающей среды на объект — это очень распространенный источник возникновения опасностей: штормовая погода в первую очередь, повышенная нагрузка или перегрузка главных двигателей и движителей, экстремальные климатические условия эксплуатации аппаратуры и оборудования. Следствием экстремального воздействия является нарушение нормального функционирования.

Во многих случаях последствия некомпетентных, ошибочных или преднамеренно неправильных действий персонала могут быть похожими или даже более тяжелыми, чем последствия, вызванные исходными событиями при других условиях функционирования объекта. Это легко понять и объяснить, если учесть, что человек как часть оперативного персонала является таким же равноправным элементом системы как и другие элементы (аппаратура, программное обеспечение, источники энергии и пр.). Влияние человека на безопасность объектов широко известно под названием "человеческий фактор". Его роль признается фактически повсеместно, однако уровень системного анализа этого фактора явно не достаточен.

Неучет причин возникновения опасной ситуации может повлечь занижение частотности. Так, например, частотность столкновений с другими объектами может быть рассчитана статистическими методами и не зависит от того, какие судоводители совершали аварии, входящие в статистику. Вместе с тем вполне очевидно, что вероятность такого инцидента у судоводителя с хорошими личностными характеристиками (психологическая устойчивость — высокая, тревожность — в норме и т. д.) будет ниже, чем у психологически неустойчивого судоводителя с повышенным уровнем тревожности.

Цепочка логических рассуждений в итоге заканчивается тем, что некоторые опасные ситуации будут исключены из анализа, так как рассчитанная степень риска ниже фактической, и, соответственно, не будут выработаны корректирующие действия для предупреждения возникновения опасной ситуации.

Проведенный выше анализ показал, что формальная оценка риска требует некоторой модернизации, в процессе которой необходимо ввести в алгоритм методики учет причин возникновения опасной ситуации, а, именно, в определение частотности. Из всех трех типов причин, представленных выше, человеческий фактор учесть труднее всего. Прежде всего, необходимо оценить сам "человеческий фактор", а точнее его влияние на степень риска (или, что практически то же самое, на безопасность).

Предлагается следующим образом учитывать человеческий фактор при определении частотности аварийного случая, который может произойти в результате возникновения опасной ситуации.

Первоначально частотность аварийного случая определяется по описанной в Руководстве [2] методике, но после этого необходимо скорректировать полученный показатель частотности. Для этого следует определить степень P участия человека в деятельности, которой сопутствует опасная ситуация. Эта величина должна варьироваться от 0 (отсутствие вмешательства человека) до 1 (человек полностью определяет ход деятельности).

Далее необходимо оценить человеческий фактор (HF) как таковой, для чего можно использовать один из существующих методов, при этом самым оптимальным (с точки зрения представления результата, а не содержания) является метод Митрофановой [3], который дает количественную оценку HF от 0 до 1.

Используя величины P и HF, можно воспользоваться составленной таблицей коррекции показателя частотности (табл. 3), по которой определяется величина коррекции (поправка). Таким образом, показатель частотности необходимо будет увеличить на величину поправки, при этом не выходя за пределы максимального значения этого показателя (т. е. 5 — см. табл. 1).



Таблица 3

Оценка человеческого фактора	Поправка к показателю частотности в зависимости от степени участия человека Р										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3	+3
0,1	0	0	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3	+3
0,2	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+3
0,3	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2
0,4	0	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+2	+2
0,5	0	0	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1	+2
0,6	0	0	0	0	0	0	0	+1	+1	+1	+1
0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	+1	+1
0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	+1
0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1
1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 4

Оценка человеческого фактора	Поправка к показателю степени риска в зависимости от степени участия человека Р										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0	0	+1	+1	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10
0,1	0	0	+2	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
0,2	0	0	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
0,3	0	0	0	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
0,4	0	0	0	0	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6
0,5	0	0	0	0	0	0	+1	+2	+3	+4	+5
0,6	0	0	0	0	0	0	0	+1	+2	+3	+4
0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	+2	+3
0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1	+2
0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+1
1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Другой вариант решения задачи учета человеческого фактора как возможной причины возникновения опасной ситуации — скорректировать не показатель частотности, а непосредственно показатель степени риска, используя табл. 4, при этом не выходя за пределы максимального значения этого показателя (т. е. 25 — см. рисунок).

Для более полного анализа и описания показателя последствий предлагается дополнительно использовать классификацию последствий по признаку длительности их действия, которая имеет следующий вид:

— первичные последствия — немедленные, действующие уже до устранения аварии или до полного прекращения функционирования объекта;

— вторичные среднесрочные последствия — последствия, возникающие после устранения аварии или прекращения функционирования объекта, с длительностью, не превышающей время жизни одного поколения;

— вторичные долгосрочные последствия — последствия, возникающие после устранения аварии или прекращения функционирования объекта, но с длительностью, превышающей время жизни одного поколения.

Предложенные изменения в алгоритм формальной оценки риска Регистра делают его менее затратным и более адекватным и эффективным.

Учет человеческого фактора как возможной причины возникновения аварийной ситуации, качественный анализ последствий позволяют избежать ошибок в оценке, связанных с занижением степени риска.

Более точное и быстрое ранжирование операций по степени риска при помощи скорректированной методики дадут возможность своевременно вносить поправки в чек-листы, инструкции и т. д., тем самым реально выполняя требования МКУБ о минимизации рисков.

Список литературы

1. **Международная Конвенция** по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС-74). (Консолидированный текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками), — СПб.: ЗАО "ЦНИИМФ", 2010 г. — 992 с.
2. **Руководство** по управлению рисками. — СПб.: РМРС, 2010. — 25 с.
3. **Митрофанова Н. В.** Методические основы оценки человеческого фактора в системе управления рисками судовых компаний: автореф. дис. на соиск. уч. ст. канд. экон. наук / Н. В. Митрофанова; Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций. — СПб., 2007. — 28 с.

УДК 66.041.454:661.98

В. Д. Катин, д-р техн. наук, проф., **Н. Г. Пайметов**, канд. техн. наук, доц.,
Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск,
В. Ю. Косыгин, д-р геол.-мин. наук, проф., Вычислительный центр Дальневосточного
отделения РАН, г. Хабаровск
E-mail: kosyginv@inbox.ru

Разработка и применение нового способа двухступенчатого сжигания топлива в нефтезаводских печах и котлах для снижения выбросов оксидов азота

Рассмотрена малоотходная технология сжигания жидкого и газообразного топлива в режиме двухступенчатого горения в трубчатых нефтезаводских печах, отличающаяся пониженным выбросом оксидов азота. Рекомендованы и апробированы в заводских условиях новые способы сжигания топлива для технологических печей и котлов нефтеперерабатывающих предприятий, защищенные патентами на изобретения.

Ключевые слова: трубчатые печи, котлы, предприятия нефтепереработки, сжигание топлива, двухступенчатое горение, оксиды азота

V. D. Katin, N. G. Paimetov, V. Ju. Kosygin

Working Out And Application of a New Way of Two — Level Burning of Fuel in Petrofactory Furnaces and Coppers for Decrease in Emissions of Oxides of Nitrogen

The technology of burning of liquid and gaseous fuel in a mode of two — level burning in the tubular petrofactory furnaces, differing by the lowered emission of oxides of nitrogen, is considered. New ways of burning of fuel for technological furnaces and coppers of the oil refining enterprisers, protected by patents for inventions are developed and tested industrially.

Keywords: tubular furnaces, coppers, oil refining enterprisers, fuel burning, two — level burning, oxides of nitrogen

Введение

Обострение экологической обстановки в промышленных регионах страны вызывает необходимость принятия неотложных мер по уменьшению вредных выбросов в воздушный бассейн городов. При совместно-раздельном сжигании жидкого и газообразного топлива в трубчатых печах и котлах нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) в состав продуктов горения могут входить вредные вещества органического (углеводороды, сажистые частицы, оксид углерода) и неорганического (оксиды азота NO_x) происхождения. Количество загрязняющих веществ органического происхождения в дымовых газах котельно-печного парка НПЗ может быть сведено к минимуму полнотой сжигания топлива. Однако указанным путем не удастся сократить образование оксидов азота, и в значитель-

ных количествах они содержатся при нормальном режиме горения топлива, исключаящем его не-полноту сгорания [1, 2].

В настоящее время при сооружении новых и реконструкции действующих технологических установок НПЗ одной из основных и приоритетных проблем для проектировщиков становится обеспечение регламентированных санитарными органами предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе, в первую очередь — оксидов азота. Так, по имеющимся данным [1], токсичность продуктов сгорания жидкого топлива определяется на 60 % содержанием в них оксидов азота, а токсичность дымовых газов природного газа определяется на 92...98 % присутствием NO_x . В связи с этим проблема ограничения выбросов NO_x приобретает остроту и для эксплуатационного персонала печных и

котельных установок НПЗ, обязанного соблюдать нормы предельно допустимых выбросов NO_x .

Характеристика двухступенчатого сжигания топлива

Учитывая важность решения поставленной проблемы, предлагается один из наиболее эффективных и дешевых способов подавления выбросов оксидов азота на газомазутных печах и котлах, апробированный в условиях НПЗ [3—5]. Практика последних лет показывает, что перспективным методом снижения образования NO_x является ступенчатое сжигание топлива, т. е. такая организация топочного процесса, когда с топливом в топочную камеру вводится только часть воздуха, необходимого для горения. Остальной воздух подается в промежуточную зону факела, в результате чего в факеле снижается концентрация кислорода и тормозятся окислительные реакции с образованием NO_x .

Существует несколько вариантов двухступенчатого (а также трех- и многоступенчатого) сжигания топлива [1]:

- часть воздуха подается в горелки вместе с топливом, остальная часть поступает в зону дожигания (встречное дутье);

- горелки в нижней зоне топки работают с недостатком воздуха, а горелки верхней зоны работают с избытком воздуха;

- часть горелок работает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha < 1$, т. е. с недостатком воздуха, другая — отключена по топливу и подается только воздух для дожигания горючих компонентов.

Опыт эксплуатации котельных и печных агрегатов [1, 2] показал возможности уменьшения почти в 2 раза выбросов NO_x при двухступенчатом сжигании газообразного и жидкого топлива по сравнению с традиционным одноступенчатым сжиганием.

Конструктивно двухступенчатое сжигание топлива можно осуществить в печных и котельных агрегатах с двух- и многоярусной компоновкой горелочных устройств, когда горелки первого (нижнего яруса) работают с недостатком воздуха ($\alpha < 1$), а недостающий воздух подается через фурмы воздушно-го дутья или горелки второго (верхнего) яруса, которые либо выключены (топливо не подается), либо работают с большим избытком воздуха ($\alpha > 1$). Подавление образования оксидов азота при такой организации сжигания топлива достигается за счет растянутости процесса смешения и горения, уменьшения максимальной температуры факела, снижения концентрации кислорода в зонах максимальных температур. Применение способа двухступенчатого сжигания мазута и нефтезаводских газов в коробчатой печи установки риформинга

Киришского НПЗ практически без каких-либо дополнительных затрат позволило снизить уровень образования NO_x на 25...30 % [2].

Разработка и применение нового способа сжигания топлива

Авторами был разработан и апробирован принципиально новый способ сжигания газообразного и жидкого топлива в режиме малоотходной технологии двухступенчатого горения, защищенный свидетельством на изобретение [6]. Целью данного изобретения является подавление образования токсичных NO_x в процессе горения топлива без снижения экономичности работы котлов и печей.

Способ двухступенчатого горения практически реализуется следующим образом. При сжигании топлива делят на потоки. В горелки первого яруса, к которым воздух подают с недостатком окислителя ($\alpha_1 = 0,85...0,95$), подводят приготовленную водомазутную эмульсию с влажностью 10...15 %. В горелки второго яруса, к которым воздух подают с коэффициентом избытка воздуха $\alpha_2 = 1,30...1,35$, подводят топливный газ. Причем общий избыток воздуха, подаваемого в первую и вторую зоны, составляет в топочной камере печи $\alpha = 1,10...1,15$.

Апробация предлагаемого способа позволила сократить выбросы оксидов азота в атмосферу на 40...50 %. Подавление образования оксидов азота в продуктах горения топлива объясняется тем, что в зоне горения первого яруса выгорание жидкого топлива в виде водомазутной эмульсии протекает при пониженных концентрациях кислорода и более низких температурах в зоне горения вследствие поглощения теплоты водой, добавляемой в топливо. При сгорании газообразного топлива с $\alpha = 1,30...1,35$ уменьшение выхода оксидов азота обеспечивается за счет поступления во вторую зону горения холодного воздуха с избытком 30...35 %. Полнота и эффективность сжигания топлива при такой организации процесса горения обеспечивается подачей в горелки верхнего яруса горючего газа.

Предлагаемый способ может быть использован на предприятиях отрасли при сжигании жидкого и газообразного топлива в технологических печах и котлах с двухъярусной компоновкой горелочных устройств. В других исследованиях авторов [7] отмечается экологический эффект от применения двухступенчатого сжигания нефтезаводских газов и мазута в котельной Ачинского НПЗ. Дальнейшее усовершенствование данного способа позволило получить принципиально новое техническое решение, разработанное авторами совместно с сотрудником отдела охраны природы ОАО "Хабаровский НПЗ" и защищенное патентом на изобретение [8].

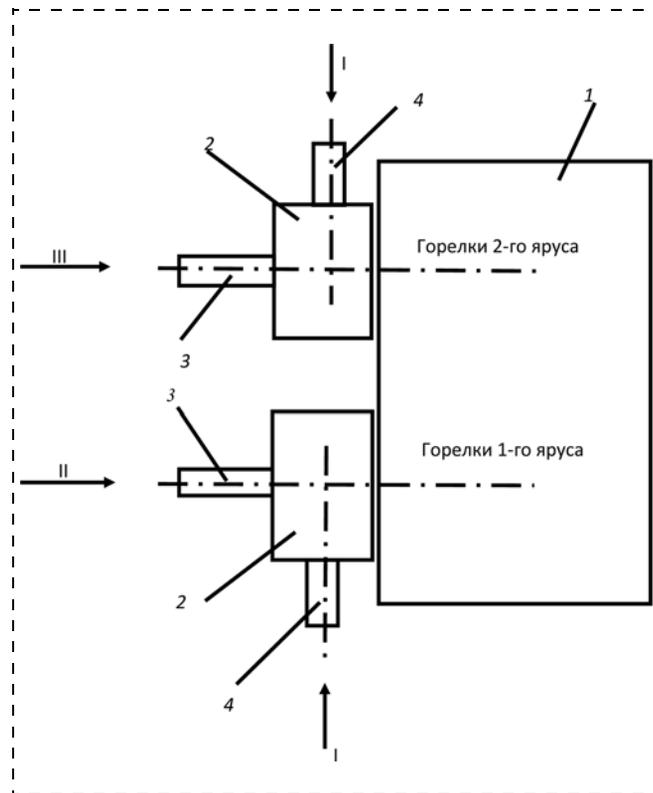


Задачей нового способа сжигания топлива является существенное повышение его экологической эффективности за счет снижения образования оксидов азота. Для решения поставленной задачи при традиционном способе сжигания топлива путем подачи в первую зону горения топлива и воздуха с недостатком окислителя, т. е. при $\alpha_1 < 1$ и отвода продуктов сгорания во вторую зону горения, с одновременной подачей в нее горючего газа и воздуха с коэффициентом избытка $\alpha_2 > 1$. В качестве топлива, подаваемого в первую зону горения, по замыслу авторов, следует использовать пропан-бутановый газ, имеющийся в достаточном количестве на технологических установках любого НПЗ, что и является существенным признаком, отличающим новое техническое решение от его прототипа. Выгорание подобного газа протекает при пониженных концентрациях кислорода и более низких температурах, чем при сжигании водомазутной эмульсии, что значительно снижает концентрацию оксидов азота в продуктах горения. Это объясняется тем, что образование оксидов азота происходит за счет азота воздуха, подаваемого на горение топлива, и в результате отсутствия "топливных" NO_x .

Топочное устройство для реализации предлагаемого способа сжигания топлива содержит топку, газовые горелки, расположенные в два яруса по высоте топки, трубопроводы подачи топливного газа и воздуха, подаваемого на горение (см. рисунок).

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом: при сжигании топливо делят на потоки. В горелки первого яруса горения по трубопроводу подают пропан-бутановый газ, по другому воздухопроводу подают воздух с недостатком окислителя, т. е. $\alpha_1 = 0,85...0,95$. В горелки второго яруса горения подают воздух с коэффициентом избытка $\alpha_2 = 1,3...1,35$ и горючий газ, который сжигается в топочной камере трубчатой печи. При этом общий коэффициент избытка воздуха, подаваемого в зоны горения, составляет $\alpha = 1,1...1,15$.

Выгорание пропан-бутанового газа в первой зоне протекает при пониженном количестве воздуха и более низкой температуре, что снижает выход оксидов азота. Снижение образования оксидов азота во второй зоне обеспечивается путем подачи холодного воздуха, понижающего температуру в этой зоне. Подобная малоотходная технология сжигания нефтезаводских газов позволит сократить выбросы оксидов азота и других сопутствующих загрязняющих веществ в атмосферу. При этом не ухудшаются экономические параметры работы технологических печей, более того, несгоревшие компоненты топлива (оксид углерода, углеводороды, сажа) в первом ярусе горения эффективно до-



Принципиальная схема нового способа снижения вредных выбросов в режиме двухступенчатого горения топлива:

1 — топка печи; 2 — горелочные устройства; 3 — трубопроводы для подачи топлива; 4 — трубопроводы для подачи воздуха. I — воздух; II, III — нефтезаводской газ

горают в потоке горящего газообразного топлива горелок второго яруса, что повышает полноту и качество сжигания топлива.

Следует отметить, что двухступенчатое сжигание топлива представляет практический интерес и для одновременного подавления образования в дымовых газах коррозионно-агрессивного серного ангидрида, что повышает надежность эксплуатации котлов-утилизаторов и воздухоподогревателей, работающих в общем блоке с трубчатыми печами [2]. Экспериментальная проверка нового способа двухступенчатого сжигания нефтезаводского газа (теплота сгорания $54,3 \text{ МДж/м}^3$) в трубчатой печи технологической установки каталитического риформинга Хабаровского НПЗ подтвердила его достаточно высокую экологичность [4, 9].

Предлагаемый авторами способ двухступенчатого сжигания топлива не требует существенных капитальных затрат и имеет преимущества перед традиционными методами сжигания газа и мазута с точки зрения повышения экологичности работы котлов и печей на заводах отрасли.

Заключение

Перспективным направлением в реализации двухступенчатого сжигания топлива в отрасли является внедрение горелочных устройств со ступенчатым (зональным) подводом воздуха и топлива, так называемых горелок двухступенчатого сжигания топлива, подробно описанных в работах [1, 4, 10, 11]. Минимальные выбросы оксидов азота указанными горелками можно объяснить именно организацией двухступенчатого подвода воздуха с получением относительно длинного свободного факела при равномерном распределении пониженных температур по его длине, что обусловлено самой конструкцией горелочных устройств. В работе [11] приведены рекомендации по проектированию горелок двухступенчатого сжигания топлива путем применения двойной расчлененной амбразуры, с помощью которой осуществляется, по замыслу авторов, двухстадийная подача воздуха.

Таким образом, с экологической точки зрения, на НПЗ для печей и котлов с многоярусным расположением горелок целесообразно использовать метод двухступенчатого сжигания топлива, позволяющий сократить выбросы токсичных оксидов азота в атмосферный воздух.

Список литературы

1. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л.: Недра, 1988. — 312 с.

2. Катин В. Д. Повышение эффективности использования топлива в трубчатых печах НПЗ и охрана окружающей среды. — Хабаровск: РИОТИП, 2004. — 240 с.
3. Катин В. Д. Методы сокращения вредных выбросов в атмосферу на нефтеперерабатывающих заводах // Безопасность в техносфере. — 2009. — № 1. — С. 50–52.
4. Катин В. Д., Пайметов Н. Г. Охрана воздушной среды на нефтеперерабатывающих заводах. — Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. — 162 с.
5. Катин В. Д., Бойко В. А. Защита атмосферного воздуха при малоотходных методах сжигания мазута и нефтезаводских газов в котлах и печах. — Владивосток: Дальнаука, 2012. — 190 с.
6. А. с. 1229515 РФ, МПК F23C 11/00. Способ сжигания топлива / Катин В. Д., Шалавин Н. Т., Елагин Н. В. — № 3812992/24 — 06; заявл. 15.11.84; опубл. 07.05.86. Бюл. № 17. — 2 с.
7. Катин В. Д., Киселев И. Г. Результаты исследований эколого-технического уровня эксплуатации горелок котельно-печного парка Ачинского НПЗ // Нефтепереработка и нефтехимия. — 1999. — № 2. — С. 38–41.
8. Патент 2288404 РФ, МПК F23C 99/00. Способ сжигания топлива / Катин В. Д., Пайметов Н. Г., Старовойт А. И. — № 2005114853/06; заявл. 16.05.2005; опубл. 27.11.2006. Бюл. № 33. — 4 с.
9. Пайметов Н. Г. Разработка методов снижения вредных выбросов из трубчатых печей предприятий нефтепереработки (на примере Хабаровского нефтеперерабатывающего завода: дисс. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ДВТУ, 2007. — 146 с.
10. Ентус Н. Р., Шарихин В. В. Газовые горелки трубчатых печей. Обзорная информация. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1994. — 56 с.
11. Катин В. Д. Модернизация горелочных устройств нефтезаводских трубчатых печей и охрана окружающей среды. — Владивосток: Дальнаука, 2011. — 196 с.

УДК 331.4

Ю. С. Рыбаков, д-р техн. наук, проф., Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург,

М. П. Дальков, д-р геогр. наук, проф., Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России, г. Екатеринбург

E-mail: thkm@mail.ru

Химическая и радиационная безопасность источников пресных вод

Рассмотрены проблемы, возникающие при воздействии на питьевые источники химического и радиационного загрязнения. Отмечено, что источниками загрязнения являются предприятия химической и металлургической промышленности, а также атомные электростанции и аварийные выбросы радиоактивных веществ. Рассмотрены пути воздействия промышленных предприятий на гидросферу: через выбросы газообразных продуктов в атмосферу, непосредственный сброс сточных вод в водотоки и водоемы, через накопление твердых отходов. Для решения поднятой проблемы предложены концептуальные основы защиты гидросферы от химического и радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: сточные воды, химическое и радиационное загрязнение, источники пресных вод, химическая и металлургическая промышленность, концептуальные основы безопасности водных объектов



Yu. S. Rybakov, M. P. Dalkov

Fresh Waters Sources Chemical and Radiation Safety

The paper deals with the problems occurring when chemical and radiation contamination coerces drinking sources. It's noted that chemical and metallurgical plants as well as nuclear stations with radioactive wastes pollute the environment. The author considers the ways of industrial enterprises effect on hydrosphere: gas products wastes into atmosphere, sewage wastes into waterways and water bodies, hard wastes accumulation. To solve the problems mentioned the article presents conceptual basics developments for protecting hydrosphere from chemical and radiation contamination.

Keywords: *sewage water, chemical and radiation pollution, fresh waters sources, chemical and metallurgical industry, conceptual basics of water objects safety*

Введение

В настоящее время наблюдается интенсивное загрязнение водных объектов за счет привнесения в них дополнительного количества химических веществ. Источники химического загрязнения делятся на антропогенные и естественные. К антропогенным источникам относятся: промышленные предприятия, выбрасывающие огромное число загрязнителей; транспорт, выбрасывающий свинец, оксиды азота и углерода; сельское хозяйство, загрязняющее в первую очередь воду ядохимикатами и удобрениями; техногенные аварии, выбрасывающие залпом огромные количества промышленных отходов, нефти и газа; население, сбрасывающее в свалки и водоемы бытовые отходы. К естественным источникам загрязнения относятся выбросы вулканов в виде сернистого ангидрида, фтора, тяжелых металлов; просачивание нефти из земной коры в гидросферу; продуцирование биотой определенного вида загрязнителей, например, на болотах продуцируется так называемый диоксин, действие которого может вызывать онкологические заболевания [1, 2].

Специфика радиоактивного загрязнения заключается в том, что очень низкие концентрации химических веществ оказывают сильное биологическое действие из-за излучения. Различают естественные радионуклиды (например, углерод 14, калий 40 и др.) и искусственные (стронций 90, цезий 137, йод 131, плутоний 239 и др.), а также альфа, бета и гамма излучатели [1].

Характеристика источников загрязнения водных объектов

Химическая промышленность

Химическая промышленность включает в себя целый ряд производств, существенно различных как по характеру производимой продукции, так и по химическому составу сточных вод. Наиболее типичные загрязняющие вещества отдельных производств приведены в табл. 1, а химический состав сточных вод в табл. 2 [3].

Металлургическая промышленность

Большое количество тяжелых металлов и других загрязняющих веществ поступает в гидросферу со сточными водами. Metallurgy по водоемкости продукции занимает среднее место среди различных видов человеческой деятельности. Расход сточных вод в отдельных видах металлургического производства [3, 4] характеризуют данные, приведенные в табл. 3.

Сточные воды металлургических предприятий поступают или непосредственно в водотоки, или в подземную гидросферу через земледельческие поля орошения, коммунальные поля орошения, поля фильтрации, при захоронении сточных вод в глубинные водоносные горизонты и, наконец, путем потерь на инфильтрацию в грунт, интенсивность которой на территориях промплощадок металлургической промышленности оценивается величиной 0,3...0,5 мм/сут [4, 5].

Охарактеризуем усредненный состав сточных вод.

1. Воды разных цехов несут разные вредные вещества. Объединение канализационных коллекторов одного, двух, трех цехов на разных предприятиях различно. Соответственно химические реакции между стоками на родственных предприятиях происходят неодинаково. Аналогичная картина и с разнообразием локальных очистных сооружений.

2. Кроме локальных сооружений (разных на различных предприятиях) по очистке сточных вод, на ряде предприятий имеются общезаводские очистные сооружения. И, наконец, перед сбросом в реки обычно сточные воды поступают на очистные сооружения.

Все это порождает широкий разброс концентраций загрязняющих веществ. Обычно считают [1, 4—6], что наиболее опасными из них на предприятиях черной металлургии являются роданиды, цианиды, железо, макрокомпоненты, а цветной — сульфаты, цианиды, свинец, цинк, медь и другие металлы.



Таблица 1

Типичные загрязняющие вещества сточных вод основных видов производств химической промышленности

Производство	Виды производства	Загрязняющие вещества
Производство фосфора и его производных	—	Соединения фосфора, кислоты
Производство калийных удобрений	—	Макрокомпоненты, аммиак
Производство основной химии (серной кислоты, суперфосфата, сложных удобрений, кормовых фосфатов)	—	Фтор, кислоты, аммиак, соединения фтора и фосфора, макрокомпоненты
Производство хлора и каустической соды	—	Ртуть, макрокомпоненты, щелочи, кислоты
Производство кальцинированной соды	—	Макрокомпоненты, аммиак
Производство химических волокон	Искусственное (вискозное и ацетатное)	Сероуглерод, сероводород, кислоты, роданиды, аммиак, макрокомпоненты, сложные органические соединения, цинк, медь
	Синтетическое (капрон, лавсан и др.)	Роданиды, медь, сложные органические соединения, цинк
Производство формальдегидных смол, пренпорошков на их основе	—	Смолы, фенолы, метанол, аммиак, формальдегид
Производство синтетического каучука	—	Бутан, изобутан, хлоропрен, углеводороды, ацетон, медь, фенолы, бензол, дивинил, толуол, макрокомпоненты
Производство пластмасс	—	Фенолы, смолы, пиридин, метанол, формальдегид, аммиак, роданиды, цианиды
Органический синтез	—	Спирты, ксилол, аммиак, сложные органические соединения
Анилиноокрасочное производство	—	Анилин, бензол, кислоты, нитробензол, аммиак, спирты, Cu, Zn, Co, Fe
Лакокрасочное производство	—	Фенолы, аммиак, роданиды, цианиды, формальдегид, макрокомпоненты, спирты, смолы, масла
Йодобромное производство	—	Макрокомпоненты, аммиак

Таблица 2

Химический состав сточных вод химического завода

Ингредиенты	Содержание, мг/л		Ингредиенты	Содержание, мг/л	
	на выходе с завода	перед поступлением в шламонакопитель		на выходе с завода	перед поступлением в шламонакопитель
Химические минеральные			Органические		
Серная кислота	10670	Нет	Анилин	106	23
Соляная кислота	1070	Нет	Нефтиламин-1	70	15
Азотная кислота	96	Нет	Изопрениловый спирт	56	12
Фталевая кислота	615	Нет	Нафтол-1	0,4	0,09
Щавелевая кислота	17	Нет	Хлоранилин	3	0,65
Уксусная кислота	300	Нет	Толуидин	3	0,65
Хлористый алюминий	103	Нет	Ацетон	0,86	0,19
Хлористый аммоний	860	Нет	Бутиловый спирт	23	5
Сульфат аммония	1290	Нет	Формальдегид	0,7	0,15
Уксуснокислый натрий	3	Нет	Бензоальдегид	29	6,3
Хлористый натрий	3360	730	о-толуидин	43	9,3
Сульфат натрия	2900	630	Этиловый спирт	5	1,09
Сернокислый магний	20	4,3	Этиленгликоль	13	2,8
Сернокислый кальций	Нет	435	Метилловый спирт	440	96
Хлористый кальций	Нет	570	Биологические неокисленные органические вещества	71	15,4
Нитрат кальция	Нет	280	—	—	—
Уксуснокислый кальций	Нет	1	—	—	—
Гидроокись натрия	Нет	0,03	—	—	—
Гидроокись алюминия	Нет	13,5	—	—	—
Гидроокись аммония	Нет	270	—	—	—



Таблица 3

Удельные расходы сточных вод и коэффициент неравномерности поступления сточных вод на металлургических предприятиях

Предприятия	Удельный расход сточных вод, м ³	Коэффициент неравномерности
Черная металлургия		
Рудообогатительные фабрики	5...15 на 1 т переработанной руды	1,0
Агломерационные фабрики	0,5...0,6 на 1 т агломерата	1,0
Углемойки	0,2...0,5 на 1 т обогащенного угля	1,0
Химические цеха и коксохимия	0,27 на 1 т валового кокса	—
Газоочистка при доменной плавке	4...8 на 1000 м ³ газа	1,0
Прокатные цеха	1,5...10 на 1 т готового изделия	1,15...1,25
Разливочные машины	0,5...0,75 на 1 т чугуна	1,2...1,6
Цветная металлургия		
Обогащение свинцово-цинковых руд на обогатительных фабриках	4,5...6,8 на 1 т руды	1,5...1,7

Радиоактивное загрязнение

Излагаемый материал по радиационному загрязнению водных объектов базируется на работах института промышленной экологии (г. Екатеринбург) по Уралу [7], в частности по Свердловской области. Уральский опыт можно распространить на территории с повышенной радиационной нагрузкой.

На предприятии "Маяк" Челябинской области 12 октября 1957 г. произошла самая крупная в России авария с выбросом радиоактивных веществ. Распространение их сформировало зону Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС), прослеживающегося в Челябинской, Свердловской, Курганской и Тюменской областях [7]. Последствия аварии проявлялись и через 55 лет, в том числе и на медицинских показателях населения.

Вторую группу источников радиоактивного загрязнения представляют атомные электростанции. Сегодня на Урале работает одна Белоярская АЭС [8]. Главным местом сбросов сточных вод с АЭС является река Ольховка — левый приток реки Пышма. Активность стоков характеризуется данными, приведенными в табл. 4.

Вблизи сброса сточных вод замеры γ -активности с помощью радиометра СРП-68-01 в торфяно-илистых отложениях дали результаты 230 мкР/ч. Вниз по течению реки Ольховки в аллювиальных отложениях излучение, хотя и с колебаниями, но нарастает (происходит как бы накопление радионуклидов), достигая в устьевой части 630 мкР/ч [8].

Третью группу составляют организации медицинского, геологоразведочного, учебного и тому подобных профилей, где для работы используются радиоактивные вещества, но в аспекте загрязнения окружающей среды они существенного интереса не представляют.

Представленные выше характеристики источников загрязнения водных объектов позволяют сделать вывод о том, что воздействие промышленных предприятий на гидросферу происходит преимущественно тремя путями [9].

1. Выбросы газообразных продуктов в атмосферу, откуда загрязняющие вещества либо в растворенном виде с атмосферными осадками, либо с пылью выпадают на водную и земную поверхность, в последнем случае миграция вредных веществ вниз по почвенному профилю ухудшает качество подземных вод и соответственно подземной составляющей поверхностного стока; аналогичные последствия вызывает и формирование взвешенных веществ в стоке рек за счет плоскостного смыва верхней части почвы.

2. Сброс сточных вод в водотоки и водоемы, вызывающий:

- ухудшение качества воды самих водотоков;
- накопление загрязняющих веществ в донных отложениях с перспективой вторичного загрязнения поверхностных вод при изменении геохимической обстановки;
- загрязнение подземных вод на участках питания их за счет некондиционных речных вод и при использовании последних для орошения;

Таблица 4

Характеристика сточных вод, сбрасываемых в реку Ольховка

Источник стоков	Расход тыс.м ³ /год	Концентрация радиоактивных изотопов, мКи/год, в сточных водах							
		Cs ¹³⁷	Ce ¹³⁴	Co ⁶⁰	Ru ¹⁰⁶	Mn ⁵⁴	Cr ⁵¹	Sr ⁹⁰	I ¹³¹
1	10,4	25,65	10,67	18,43	0,43	0,55	2,1	2,29	0,18
2	27,0	9,45	5,4	10,2	—	—	—	1,6	—

— вторичное загрязнение поверхностных вод за счет поступления в них подземных вод, обогащенных вредными веществами ранее на других участках.

3. Накопление твердых отходов, которые либо депонируют на свалках, либо рассеиваются по поверхности при использовании в качестве удобрений, что создает предпосылки для обогащения загрязняющими веществами всех элементов окружающей среды. В основном в миграции превалируют два процесса:

дефляция (развеивание ветром, при котором вещества поступают в атмосферу, в почвы, в грунтовые воды и непосредственно на водную поверхность);

растворение веществ атмосферными осадками и конвективный перенос их во всех элементах среды, кроме атмосферы.

Концептуальные основы химической и радиационной безопасности источников пресных вод

Генеральная концепция охраны водоемов от химического и радиоактивного загрязнения была описана В. И. Лукьяненко в 1990 г. в работе [6]. Однако появившиеся в последнее время новые сведения о загрязнениях и новые разработки требуют корректировки этой концепции. Авторами статьи разработаны концептуальные основы защиты гидросферы от химического и радиоактивного загрязнения, которые обосновываются с помощью перечисленных ниже предпосылок.

1. Любой вид человеческой деятельности связан с поступлением в окружающую среду (главным образом на поверхность земли) загрязняющих веществ. Полностью предотвратить это поступление (в виде утечек, распыления и т. п.) невозможно.

2. С поверхности земли загрязняющие вещества мигрируют через зону аэрации в подземные воды. В зависимости от вида вещества, нагрузки (количества вещества, приходящегося на единицу площади поверхности земли) и физико-химических свойств покровных отложений, загрязняющее вещество либо не достигает подземных вод, т. е. полностью обезвреживается в зоне аэрации (сорбируется, минерализуется, пойдет на питание растений, перейдет в газообразное состояние, трансформируется в безвредное вещество), либо достигает их уровня. В последнем случае в результате смешения с пластовой водой и процессов массообмена с водовмещающими породами в зависимости от вышеуказанных факторов изменение качества подземных вод либо не превысит нормативы в пункте водопользования, т. е. оно допустимо, либо превысит. Последнее вызовет сокращение ресурсов подземных вод, т. е. уменьшит их природно-ре-

сурсный потенциал. В этом случае необходимо осуществлять мероприятия по охране подземных вод.

3. Мероприятия по охране подземных вод должны быть рациональными, т. е. с одной стороны, гарантировать сохранение нормативного качества подземных вод и, с другой — быть наиболее экономичными.

В плане реализации концепции авторы рассмотрели проблемы, возникающие при аварийных ситуациях, а также вопросы регулирования качества природных вод в подразделениях химической промышленности и использования геохимических барьеров для защиты водных объектов. Предлагаются также перечисленные ниже мероприятия, направленные на защиту водных объектов от радиоактивного загрязнения.

1. Остекловывание радиоактивных твердых отходов.

2. Установление сооружений биологической защиты, препятствующих попаданию радиоактивных стоков с водосборной территории в водные объекты; при этом радиоактивные вещества попадают в растения, которые должны быть скошены и захоронены.

3. Реорганизация стока путем перевода его в почвенно-грунтовой, что уменьшает содержание радиоактивных веществ до допустимых концентраций.

Список литературы

1. **Геохимия** окружающей среды / Ю. Е. Сагет, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
2. **Рыбаков Ю. С., Дальков М. П.** Защита водных объектов от загрязнений диоксидами // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан: Тезисы докладов. — Казань, 1995. — С. 72—73.
3. **Россия: социально-экологические водные проблемы: Монография** / Под ред. А. М. Черняева. — Екатеринбург: Аэрокосмоэкология, 2000. — 364 с.
4. **Водные ресурсы** Свердловской области / Под науч. ред. Н. Б. Прохоровой. — Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2004. — 432 с.
5. **Водосбор.** Управление водными ресурсами на водосборе / Под науч. ред. А. М. Черняева и М. П. Далькова. Екатеринбург: Изд-во "Виктор", 1994. — 252 с.
6. **Лукьяненко В. И.** О генеральной концепции охраны водоемов от загрязнения // Вестник АН СССР. — 1990. — № 4. — С. 75—81.
7. **Восточно-Уральский радиоактивный след** (Свердловская область) / Под ред. В. Н. Чуканова. — Екатеринбург: УрО РАН, 1996. — 168 с.
8. **Кононович А. Л., Молчанова И. В., Трапезникова А. В.** К проблеме нормирования радиоактивного загрязнения водных экосистем в зонах АЭС // Экология. — 1988. — № 4. — С. 29—34.
9. **Дальков М. П., Рыбаков Ю. С., Пешков А. В.** Радиационная и химическая безопасность водных объектов // Чистая вода — 2010: Сб. науч. тр. II международного форума. — М., 2010. — С. 12—13.



УДК 628.345:544.3

Э. Ш. Гаязова¹, асп., В. А. Павлов¹, студент, Р. А. Усманов¹, канд. техн. наук, доц. кафедры, Ф. М. Гумеров¹, д-р техн. наук, зав. кафедрой, Р. З. Мусин², канд. хим. наук, ст. науч. сотр., С. В. Фридланд¹, д-р хим. наук, проф. кафедры

¹ Казанский научно-исследовательский технологический университет

² Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН

E-mail: elmira910@rambler.ru

Исследование процесса очистки сточных вод производства целлюлозы из соломы рапса двуокисью марганца в сверхкритических условиях

Показана возможность использования процесса сверхкритического водного окисления (СКВО) для очистки сточных вод (СВ) производства целлюлозы из соломы рапса с использованием в качестве окислителя двуокиси марганца. Рассмотрена возможность совмещения на первой стадии коагуляционной очистки, на второй — СКВО-процесса.

Ключевые слова: сверхкритические условия, очистка сточных вод производства целлюлозы, коагуляция, флокуляция

E. Sh. Gayazova, V. A. Pavlov, R. A. Usmanov, F. M. Gumerov, R. Z. Musin, S. V. Fridland

The Investigation of Wastewater Treatment Process Cellulose Production from Straw Raps with Manganese Dioxide under Supercritical Conditions

Studied in the paper is the possibility of using the process of supercritical water oxidation (SCWO) for wastewater treatment of pulp from straw using rape as an oxidant manganese dioxide. There have been shown the possibility of combining the first stage of the coagulation, the second SCWO process.

Keywords: supercritical conditions, wastewater pulp production, coagulation, flocculation

Введение

В последнее время в странах, испытывающих дефицит древесины и избыток растительной массы, таких как Китай, Индия, Голландия, Испания, Франция, США и страны Латинской Америки, получили развитие технологии производства травяной целлюлозы. Названные технологии в той или иной степени копируют технологии получения древесной целлюлозы со всеми ее недостатками, включая образование большого количества сточных вод со сложным химическим составом [1].

В работе исследован способ очистки сточных вод производства целлюлозы, образующихся в результате обработки соломы рапса на пилотной установке АШБ (аппарат шнековый бучильный) [2].

Данное условие направлено на изучение возможности использования сверхкритических флюидных технологий в качестве способа очистки СВ

вышеназванного производства. Объектом исследования являются СВ, образующиеся при химической переработке соломы рапса с дальнейшим получением целлюлозы. Физико-химические показатели СВ представлены в таблице.

Экспериментальная часть

Используемая в настоящей работе экспериментальная установка (рис. 1) позволяет реализовать процесс СКВО рапсовых сточных вод в диапазоне давлений 23...60 МПа и температур 650...800 К [3].

Из литературных источников известно, что селективное действие активной двуокиси марганца MnO_2 и стандартные условия проведения реакции делают этот реагент очень удобным для окисления лабильных полиеновых и полиениновых спиртов, стероидов и витаминов. Если в ранних работах

Физико-химические показатели сточных вод

Ингредиенты	На 1 м ³ СВ, кг
Органическая часть	
Лигнин щелочной	2,00
Лигнин растворенный	0,60
Гемиллюлозы	1,43
Оксикислоты и лактоны	1,50
Смоляные и жирные кислоты	0,45
Уксусная кислота	0,30
Муравьиная кислота	0,15
Полисахариды	0,10
Метилловый спирт	0,04
Азотистые вещества	0,07
Метилсернистые соединения	0,01
Неорганическая часть	
NaOH, связанный с органическими веществами	1,05
NaOH свободный	0,53
Na ₂ S	0,25
Na ₂ CO ₃	0,25
Na ₂ SO ₄	0,23
Прочие натриевые соли	0,25
Прочие минеральные вещества	0,10
Примечание: ХПК = 16 140 мгО ₂ /л, pH = 12,5.	

диоксида марганца представляли как специфический реагент для окисления α , β -ненасыщенных гидроксильных соединений, то последующие исследования значительно расширили границы возможности ее применения.

Рассмотрена возможность использования MnO₂, которая, как известно, при высоких температурах разлагается с выделением кислорода. Установлено, что в сверхкритических условиях (СКУ) оксид марганца (IV) восстанавливается до смешанного

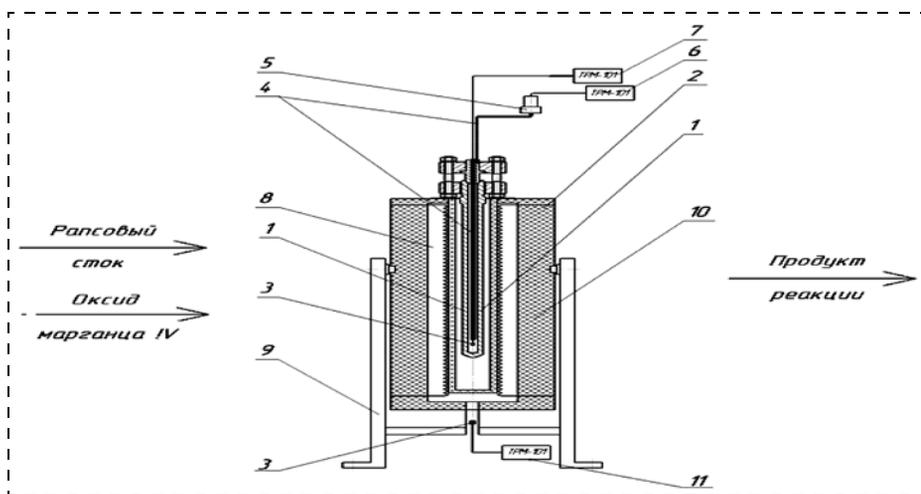


Рис. 1. Схема сверхкритического водного окисления:

1 — реакционная ячейка; 2 — муфельная печь; 3 — горячий спай термопары; 4 — трубка датчика давления; 5 — датчик давления ПД100-ДИ; 6, 7, 11 — вторичные приборы ТРМ-101 для измерения давления и температуры; 8 — электронагреватель; 9 — подставка печи; 10 — теплоизоляция

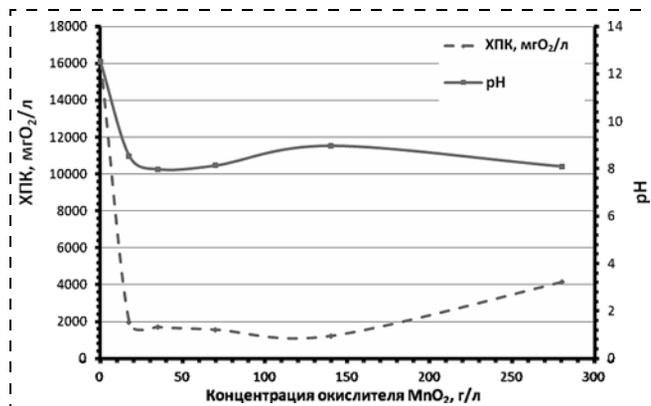


Рис. 2. График изменения значения ХПК и pH от концентрации окислителя MnO₂ при T = 400 °C, P = 24 МПа, ХПК_{исх} = 16 140 мгО₂/л

оксида MnO · Mn₂O₃, при этом происходит окисление органической составляющей СВ [4, 5].

Реакционная ячейка заполнялась исследуемой СВ и окислителем в количествах, необходимых для полного разложения имеющихся в растворе органических соединений до CO₂ и H₂O. Процесс проводился при следующих параметрах T = 400 °C, P = 24 МПа. Ячейка снабжена вентилем высокого давления, позволяющим осуществлять сброс паровой фазы после завершения процесса. Быстрое доведение условий в автоклаве до сверхкритических параметров воды обеспечивалось за счет перегрева муфельной печи (до 550...650 °C) на предварительном этапе. По завершении опыта (через 10 мин) содержимое ячейки анализировалось на изменение показателей ХПК и pH. Результаты эксперимента в СКУ при использовании MnO₂ представлены на рис. 2.

Из приведенных выше результатов эксперимента (см. рис. 2) видно, что происходит резкое падение изменяемых показателей. Наилучший результат по показателю ХПК наблюдается при концентрации окислителя 140 г MnO₂/л, при этом ХПК составило 1227 мгО₂/л. Дальнейшее увеличение концентрации MnO₂ не ведет к снижению данного показателя. Наилучший результат по pH наблюдался при концентрации окислителя 280 г MnO₂/л и составил 8,1.

После окончания процесса СКВО в ячейке образуется осадок, представляющий собой смесь окислов марганца в низ-



шей степени окисления (Mn_2O_3 , Mn_3O_4), который можно впоследствии регенерировать для вторичного использования его в цикле очистки. Регенерацию окислов марганца можно произвести при выдерживании на воздухе или в атмосфере O_2 при температуре T выше $300\text{ }^\circ\text{C}$ [6].

Увеличение значения ХПК и увеличение концентрации окислителя могут свидетельствовать о том, что в системе происходят реакции неполного окисления, а также конденсации, карбоксилирования за счет реакций ранее образовавшихся CO_2 , CO , H_2 [7].

Как известно из литературы, в СКУ целлюлоза разрушается до олигосахаридов и моносахаридов, лигнин — производных ванилина и фенола, в результате чего конечный результат не удовлетворяет требованиям, необходимым для биологических очистных сооружений (ХПК = $500\text{--}600\text{ мгО}_2/\text{л}$, $pH = 6,5\text{--}8,5$). Это навело на мысль, что используя предварительно для очистки процессы коагуляции и флокуляции можно добиться интенсификации процесса окисления в СКУ.

Для очистки СВ в целлюлозно-бумажной промышленности нашли широкое распространение методы коагуляции и флокуляции. Учитывая тот факт, что исследуемые стоки содержат в своем составе большое количество дисперсной фазы, отфильтровать которую не представляется возможным, рассмотрена возможность предварительного применения этих методов перед очисткой методом СКВО [8–10].

Эксперимент по очистке исследуемой СВ методом коагуляции заключался в том, что в качестве реагента использовался раствор $Fe_2(SO_4)_3$ с концентрацией реагента 0,5, 1, 3, 5, 10, 15 г/л в пересчете на сухое вещество, пробы воды с исследуемым реагентом тщательно перемешивались в течение 2 мин и отстаивались в течение 2 ч; по окончании процесса определялись изменения значений ХПК и pH. Зависимость изменения ХПК и pH от концентрации $Fe_2(SO_4)_3$ после коагуляции отображены на рис. 3.

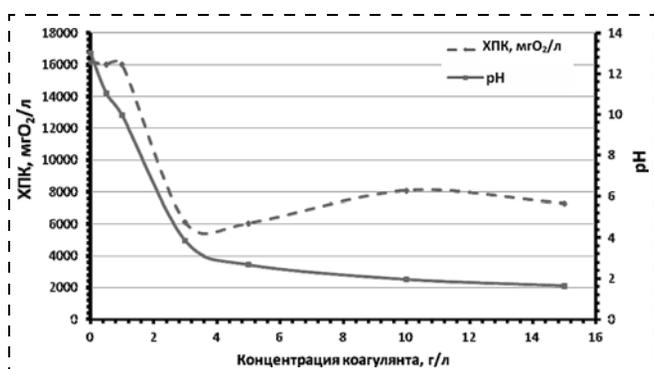


Рис. 3. Изменение значений ХПК и pH от концентрации коагулянта $Fe_2(SO_4)_3$

Обсуждение результатов

Наилучшие результаты коагуляционной очистки наблюдаются при введении в СВ реагента $Fe_2(SO_4)_3$ концентрацией 5 г/л, при этом происходит максимальное снижение ХПК до значения $6033\text{ мгО}_2/\text{л}$, при этом pH понижается до 2,76. Увеличение ХПК с увеличением концентрации коагулянта происходит вследствие уменьшения значений pH, в результате чего осадок $Fe(OH)_3$ растворяется, о чем могут свидетельствовать данные, представленные на рис. 4.

Проведение процесса коагуляции способствует удалению из СВ части органических соединений с относительно высокой молекулярной массой, о чем свидетельствует уменьшение значения показателя ХПК [9]. После проведения предварительной коагуляционной очистки сточная жидкость подвергалась обработке в установке СКВО с использованием окислительного агента, описанного выше. Результаты экспериментов отображены на графиках зависимостей рис. 5.

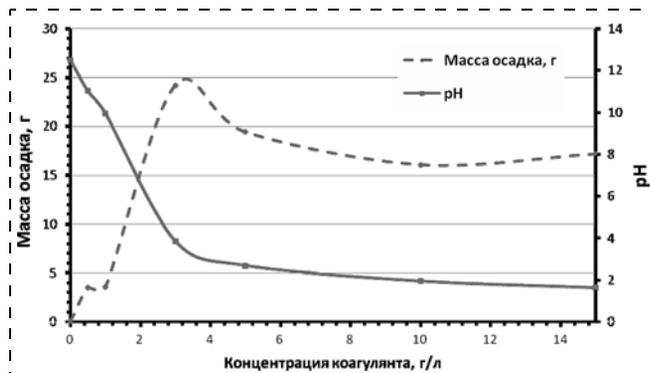


Рис. 4. График зависимости массы осадка и pH от концентрации $Fe(OH)_3$

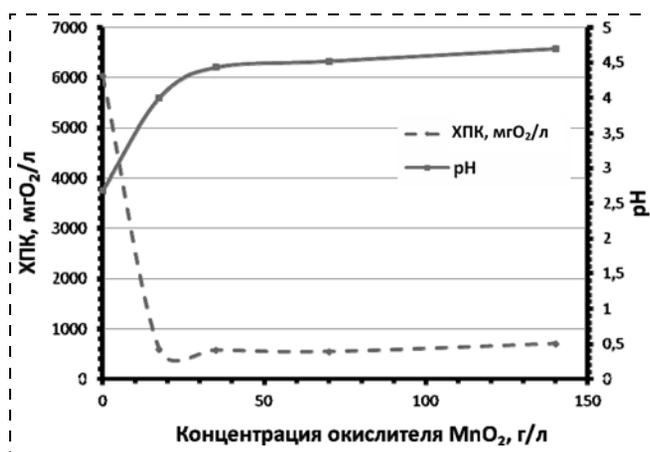


Рис. 5. График изменения значения ХПК и pH от концентрации окислителя MnO_2 при $T = 400\text{ }^\circ\text{C}$, $P = 24\text{ МПа}$, $ХПК_{исх} = 6033\text{ мгО}_2/\text{л}$

Обработанная в условиях СКВО СВ проанализирована с помощью метода хромато-масс-спектрологии (Прибор DFS Thermo Electron Corporation (Германия)). Метод ионизации: электронный удар. Энергия ионизирующих электронов составляла 70 эВ, температура источника ионов 290 °С. Использовалась капиллярная колонка ID-BPX5, длина — 60 м, диаметр — 0,32 мм. Газ-носитель — гелий. Обработка масс-спектральных данных проводилась с использованием программы "Xcalibur". В результате выявлены следующие продукты реакции: бутилацетат, фурфурол, фенол, ацетофенон, 1, 3-диоксо-5,6 диметил, 6-гидроксо-метил, 3,5-диацетиллютидин, 9-этилоктадекановая кислота, 2-метилнанодекан.

В работе японских ученых [11] представлены продукты разрушения лигнина в подобных условиях эксперимента, в результате получены производные ванилина и фенола. По данным экспериментов, полученных при использовании в качестве окислителя MnO_2 , видно, что происходит более глубокое окисление органической составляющей СВ, о чем свидетельствуют результаты анализов.

Выводы

1. В результате обработки сточных вод производства целлюлозы из соломы рапса в сверхкритических условиях при параметрах $T = 400$ °С, $P = 24$ МПа полного окисления углеводов не происходит, образуется ряд продуктов окисления целлюлозы и лигнина, что не дает возможности снизить ХПК и рН до желаемого результата.

2. При совместном применении процессов коагуляции и СКВО происходит очистка сточной воды до условий, при которых возможно водный сток направлять на доочистку в сооружения биологической очистки.

3. Рассматриваемый для очистки сточных вод производства целлюлозы из соломы рапса процесс

СКВО является перспективным в связи с малой затратой энергии и возможностью создания ре-цикла и регенерации окислов марганца до двуокиси марганца.

Список литературы

1. Нугманов О. К., Лебедев Н. А. Целлюлоза. Начало нашей эры // The Chemical Journal. — 2009. — № 12. — Р. 30–33.
2. Григорьева Н. П. Технология получения целлюлозы из травянистых растений и ее свойства / Н. П. Григорьева, О. К. Нугманов, Д. С. Нусинович, В. Ф. Солин, Н. А. Лебедев // Вестник Казанского технологического университета. — 2011. — № 3. — С. 165–169.
3. Габитов Р. Р. Реализация процесса СКВО на экспериментальной (пилотной) установке проточного типа / Р. Р. Габитов, В. Ю. Захарчук, В. А. Павлов, Р. А. Усманов // Вестник Казанского технологического университета. — 2012. — № 15. — С. 119–121.
4. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. Очистка производственных СВ: Учебное пособие для студентов вузов. — М.: Стройиздат, 1979. — 320 с.
5. Губин С. П., Буслая Е. Ю. Сверхкритический изопропанол как восстановитель неорганических оксидов // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. — 2009. — Т. 4, № 4. — С. 73–96.
6. Позин М. Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот). — М.: Химия, 1974. — 792 с.
7. Залепугин Д. Ю. Развитие технологий, основанных на использовании сверхкритических флюидов // Сверхкритические флюиды: Теория и практика. — 2006. — Т. 1, № 1. — С. 27–51.
8. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. — Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. — 884 с.
9. Гаязова Э. Ш. Исследование сульфата магния для очистки сточных вод производства целлюлозы из рапса / Э. Ш. Гаязова, И. Г. Шайхиев, Н. П. Григорьева, С. В. Фридланд // Вестник Казанского технологического университета. — 2012. — № 9. — С. 159–161.
10. Кнунянц И. Л. Химическая энциклопедия. Т. 2. — М.: Советская энциклопедия, 1990. — 671 с.
11. Tsujino J. Reactivity of lignin in supercritical methanol studied with various lignin model compounds / J. Tsujino, H. Kawamoto, S. Saka // Wood Sci. Technol. — 2002. — № 49. — Р. 149–158.

Информация

Выставочное общество "Уральские Выставки"

приглашает Вас с 25 по 27 ноября 2014 года принять участие в XVI специализированной выставке

"Безопасность"

Выставка "Безопасность" способствует комплексной оценке самых разных аспектов обеспечения нормальной и максимально безопасной жизнедеятельности людей.

Основные направления выставки:

Пожарная безопасность; Экологическая и промышленная безопасность; Безопасность дорожного движения; Безопасность и охрана труда; Специальная одежда и др.

Контакты: Ольга Алексеевна Соловьева: Доп. инф-я по тел: (343) 385-35-35
http://www.uv66.ru/vystavka/ekaterinburg/2014/Safety_2014/

УДК 629.33 + 625.7 + 628.5

Ю. В. Трофименко, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ,
Т. Ю. Григорьева, канд. техн. наук, доц., Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
E-mail: ywtrofimenko@mail.ru

Усовершенствованная методика оценки защищенности автомобильных мостов от актов незаконного вмешательства

Приведены основные положения методики оценки защищенности автомобильных мостов от актов незаконного вмешательства, предусматривающей реализацию методологии риск-менеджмента обеспечения гражданской безопасности мостов.

Ключевые слова: транспортная безопасность, объект транспортной инфраструктуры, акт незаконного вмешательства, методика оценка уязвимости, уровень защищенности автомобильного моста

Yu. V. Trofimenko, T. Yu. Grigoryeva

Procedure of the Estimation of the Protection of Automobile Bridges from the Acts of Illegal Interference

The basic condition of the procedure of the estimation of the protection of automobile bridges from the acts of illegal interference, which foresees the realization of the methodology of the risk- management of providing civil safety of the bridges.

Keywords: transport safety, unit of transport infrastructure, act of illegal interference, extraordinary situation, procedure the estimation of vulnerability, protection level of automobile bridge

Введение

Формирование основ государственной политики по обеспечению транспортной безопасности в Российской Федерации продолжает оставаться в числе приоритетных вопросов деятельности органов власти. За последние 5 лет вступили в силу 36 нормативных актов, из них: 7 федеральных законов, 11 нормативных и распорядительных актов Правительства РФ, 18 приказов Минтранса России, т. е. активно формируется нормативная, правовая и методическая база этого вида деятельности. Создана структура управления, проводится оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ) и транспортных средств (ТС), разрабатываются и реализуются планы мероприятий по обеспечению защищенности ОТИ и ТС от актов незаконного вмешательства (АНВ). На 01.12.2012 г. под надзором Управления безопасности Ространснадзора находилось более 1 млн единиц ОТИ, 5 млн единиц ТС, 600 тыс. юридических лиц. Из них категорировано только 50 тыс единиц ОТИ и ТС, т. е. менее 1 % общего числа.

Анализируя ход реализации мер по обеспечению транспортной безопасности, все большее число экспертов приходит к выводу, что сроки создания комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте, предотвращения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и террористических актов на транспорте, а также обеспечения защиты населения будут сорваны. В числе определяющих причин такого положения — практически полное игнорирование потенциала отраслевой и вузовской науки, отечественного и зарубежного опыта и, как следствие, ошибочные методические подходы к обеспечению транспортной безопасности, что более подробно рассмотрено в [1]. Главная методическая ошибка состоит в том, что за очень короткое время требуется полностью защитить от ЧС в результате АНВ все ОТИ и ТС. Проигнорировано было то обстоятельство, что для выполнения этого требования необходимы финансовые средства, соизмеримые со стоимостью самой транспортной системы, чего не может себе позволить ни одна даже самая богатая страна мира. Реально возможна только выборочная защита отдельных объектов, причем на

достаточно длительном отрезке времени, позволяющая снизить риски от потенциальных угроз АНВ до допустимого уровня (но не полностью их исключить) путем обеспечения физической защиты ОТИ (ТС) и живучести их конструкции.

Основной методический документ — методика оценки уязвимости (защищенности) ОТИ, например, дорожного хозяйства от АНВ [2] сводится к упрощенной экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу ОТИ (вероятность прерывания АНВ), а также вероятности успеха сил охраны в противодействии нарушителям при условии их своевременного (раньше нарушителей) прибытия к критическому элементу. При этом не предусмотрено ранжирование по степени значимости различных инженерно-технических и организационно-технических мероприятий; не проводится экономическая оценка затрат на их реализацию (отсутствует методика); не реализуется (даже в упрощенном виде) методология риск-менеджмента безопасности. Оценка уязвимости ОТИ, прежде всего определение их критических элементов, осуществляется без использования результатов расчетов по имитационным моделям и без учета тяжести последствий нарушения условий функционирования.

Важно разработать свободную от указанных выше недостатков методику оценки защищенности ОТИ (искусственных сооружений) дорожного хозяйства, прежде всего, автомобильных мостов. По данным Росавтодора всего на дорогах общего пользования имеется более 40 тыс. мостов и путепроводов общей протяженностью почти 5800 пог. км, которые рассредоточены практически на всей территории страны. Из общего количества мостов 13,1 % мосты из железобетона и металлических конструкций на федеральных дорогах, 66 % — такие же мосты на территориальных дорогах и 20,9 % — деревянные мосты на федеральных (84 моста) и территориальных (8539 моста) дорогах. Все деревянные мосты требуют безотлагательной замены. Даже такой краткий анализ позволяет сделать вывод о том, что защищать от АНВ деревянные, а также мосты из других материалов, находящиеся в аварийном состоянии, нецелесообразно, так как затраты на их категорирование, разработку и реализацию плана мероприятий по повышению транспортной безопасности могут быть соизмеримыми с затратами на строительство новых мостов.

1. Предпосылки усовершенствованной методики

Исходный постулат — защищенность ОТИ (автомобильного моста) может быть обеспечена мерами и средствами мониторинга, применением средств физической и инженерной защиты, препятствующих доступу посторонних лиц к критическим элементам

объекта, а также путем повышения живучести конструкции объекта. Эти меры должны реализовываться для снижения до безопасного (приемлемого) уровня риска причинения вреда здоровью людей, имуществу, окружающей среде в результате ЧС от АНВ.

Основными критическими элементами наиболее распространенных конструкций мостов [3] являются пролетные строения, которые могут быть сброшены или сдвинуты с опор скоростным напором ударной волны или обрушены в результате разрывов основных несущих конструкций и связей. Из опор больше подвержены разрушению береговые, особенно при высоких земляных насыпях. Однако и промежуточные опоры могут потерять устойчивость, особенно если разрушено пролетное строение моста арочной конструкции. В этом случае появляется односторонний распор со стороны арок неразрушенных пролетов и недостаточно устойчивые пролеты разрушаются.

Приведенные в работах [4—6] положения методологии риск-менеджмента при оценке безопасности опасных производственных объектов в случае возникновения ЧС природного и техногенного характера в полной мере соответствуют сформулированному выше постулату и могут быть положены в основу разрабатываемой методики. Считается также, что защищенность мостов характеризуется комплексом запасов по прочности, ресурсу, надежности и живучести, определяемых как отношения предельных характеристик в аварийном состоянии к соответствующим характеристикам при штатном функционировании, как это делается для критически важных объектов экономики [7].

Для оценки последствий и ущерба (вреда) от ЧС террористического характера для здоровья людей, имущества, окружающей среды целесообразно использовать широко распространенные в отечественной практике алгоритмы и методы, приведенные в методиках [8, 9].

При разработке предлагаемой авторами методики были использованы зарубежный опыт, в частности методика предварительного ранжирования мостов по степени "критичности" и "привлекательности" для нарушителей [10], методический подход по принятию допустимого уровня риска, обеспечивающего требуемый уровень защищенности моста от АНВ [11], методологию риск-менеджмента безопасности от АНВ на мостах [12, 13].

2. Алгоритм оценки защищенности мостов

Оценка защищенности мостов от АНВ выполняется по перечисленным ниже этапам.

1. Предварительное ранжирование мостов по степени их "критичности" и "привлекательности" для нарушителей с учетом надежности (живучести) конструкции.



2. Разработка сценариев реализации АНВ: подбор возможных маршрутов нарушителей к наиболее уязвимым элементам конструкции моста (на примере конкретного объекта), расчет значений показателя для каждого маршрута, определение наиболее уязвимых маршрутов, точек перехватов нарушителей, т. е. наиболее вероятных сценариев реализации АНВ; оценка вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта (вероятность прерывания АНВ) и вероятности успеха сил охраны в противодействии нарушителям при условии их своевременного (раньше нарушителей) прибытия к критическому элементу.

3. Оценка живучести конструкции, возможных разрушений в результате реализации АНВ на мосту, количества погибших и пострадавших, загрязнения окружающей среды.

4. Оценка затрат на предупреждение и ликвидацию последствий ЧС на существующих или проектируемых мостах от АНВ (гибели людей, материального и экологического вреда) и уровня интегрального риска возможной реализации АНВ (с учетом этапа 2).

5. Принятие допустимого уровня риска (гибели людей и причинения вреда имуществу и окружающей среде), обеспечивающего требуемый уровень защищенности моста от АНВ.

6. Обоснование и реализация (в случае превышения допустимого уровня риска) мер по снижению риска до безопасного, т. е. по обеспечению требуемого уровня защищенности моста с учетом затрат на их реализацию.

Рассмотрим отдельные этапы оценки защищенности объекта подробнее на примере автомобильного моста через водный объект. Полная длина моста 248 м, ширина дорожного полотна 30,1 м (11 полос движения). Пролетные строения сталежелезобетонные имеют неразрезную цельносварную конструкцию, у моста две опоры. Высота моста от нормального подпорного уровня составляет 14 м. Интенсивность транспортного потока на мосту 170 866 автомобилей в сутки, из которых 6,7 % грузовые автомобили массой свыше 3,5 т и 0,9 % автобусы. Наблюдается наличие заторов на мосту в часы пик. Средняя наполняемость легкового автомобиля считается 1,5 человека, автобуса — 50 человек.

2.1. Этап 1. Предварительное ранжирование моста по степени критичности

Осуществляется по методике, приведенной в работе [10], адаптированной для социально-экономических условий, специфики строительства и эксплуатации мостов в Российской Федерации.

Риск R критичности моста в общем виде может быть определен по формуле:

$$R = O \times V \times I, \quad (1)$$

где O — фактор опасности — вероятность наступления АНВ; V — фактор уязвимости; I — фактор важности (значимости).

В формуле (1) фактор опасности O риск ориентирован и будет изменяться в зависимости от характера опасности. Этот фактор включает в себя целевую привлекательность (с точки зрения угрозы), уровень безопасности, трудность доступа на объект, отклик общественности в случае нападения и количество первостепенных угроз. Этот фактор обычно определяется действиями правоохранительных и разведывательных служб, знакомых с угрозой и оперативными мерами безопасности.

Фактор уязвимости V показывает, сколько объектов или человек будет повреждено или уничтожено на основании структурных откликов на определенный риск. Уязвимость — это вероятность повреждения в результате различных террористических угроз (тип оружия и местоположение), мера ожидаемого ущерба, исхода событий, ожидаемых потерь, потерь, связанных с особенностями конструкции самого объекта. Этот фактор обычно зависит от инженерного анализа и экспертизы.

Фактор важности I является характеристикой объекта, а не опасности. Он является показателем последствий для региона в случае уничтожения или повреждения ОТИ. Этот фактор обычно определяется эксплуатационными службами объекта, финансируется государством и может привлекать правоохранительные и разведывательные службы для обеспечения безопасности.

Контрмеры, которые уменьшают риск, связанный с объектом, могут быть нацелены на снижение фактора опасности — вероятности наступления (например, сделать объект менее доступным); фактора уязвимости (повысить прочность конструкции для сокращения повреждений) или фактора важности (построить еще один мост для снижения зависимости от объекта).

Риск АНВ и его последствий на критичных ОТИ (мостах) схематично представлен в виде комбинации вышеуказанных факторов (рис. 1).

Фактор важности (IF) — мера социально-экономического воздействия на работу объекта. Рассчитывается как средневзвешенное комбинации следующих признаков объекта: историческое/символическое значение; стоимость восстановления; значимость как маршрута экстренной эвакуации; важность для региональной экономики; важность для региональной транспортной сети; годовой объем перевозок; уязвимость производственных объектов, прилегающих к мосту; военное значение; количество человек на объекте.



Рис. 1. Компоненты оценки риска для автомобильного моста

Фактор вероятности наступления события (OF_i) — мера относительной вероятности реализации угрозы i -го вида (АНВ), рассчитывается как взвешенная комбинация параметров: уровень доступа; уровень безопасности; видимость и привлекательность объекта; уровень публичности; количество случаев, когда объект находился под угрозой в прошлом.

Фактор уязвимости (VF_i) — мера последствий для объекта и пассажиров с учетом возникновения угрозы i -вида, рассчитывается как взвешенное сочетание параметров: ожидаемый ущерб объекту; ожидаемое время простоя или закрытия объекта; ожидаемое число жертв.

Оценка интегрального риска критичности с учетом формулы (1) для данного ОТИ записывается следующим образом:

$$RS = IF \times OF_i \times VF_i. \quad (2)$$

Каждый из факторов в формуле (2) является числом между 0 и 1 и вычисляется с использованием метода многомерных параметров как сумма взвешенных значений (между 0 и 1) показателей, которые определяют фактор в виде:

$$IF = \sum_i [W_j^I \times \Phi_j^I(X_j)]; \quad (3)$$

$$OF_i = \sum_i [W_j^O \times \Phi_j^O(X_j)]; \quad (4)$$

$$VF_i = \sum_i [W_j^V \times \Phi_j^V(X_j)], \quad (5)$$

где X_j — значение j -го показателя; $\Phi_j(X_j)$ — функция или таблица, которая присваивает X_j значение ме-

жду 0 и 1; W_j — экспертно устанавливаемые весовые j -го показателя.

Весовые коэффициенты используются для объединения показателей, которые составляют каж-

Таблица 1

Значения факторов (показателей) и их весовостей, используемых при оценке риска критичности моста

Анализируемый фактор	Весовость показателя W_j	Значение показателя $\Phi_j(X_j)$
Важность		
Историческая значимость	0,05	0,5
Эвакуационная важность	0,12	0,65
Важность для экономики региона	0,22	0,8
Важность для транспортной сети	0,17	0,9
Стоимость восстановления	0,08	0,6
Объем перевозок	0,11	0,4
Уязвимость мощностей, прилегающих к объекту	0,05	0,1
Военное значение	0,05	0,2
Количество человек, подвергающихся опасности	0,15	0,9
IF = 0,674		
Вероятность наступления события		
Доступность для атаки	0,11	0,9
Количество прошлых угроз	0,17	0,1
Видимость/привлекательность цели	0,41	0,8
Уровень гласности при атаке	0,18	0,9
Уровень безопасности	0,13	0,5
OF_i = 0,671		
Уязвимость		
Экологический ущерб	0,1	0,7
Ожидаемый материальный ущерб	0,3	0,8
Ожидаемое время простоя	0,1	0,6
Ожидаемое число жертв	0,5	0,9
VF_i = 0,820		
Интегральный риск критичности	RS = 0,371	



дый из факторов, перечисленных выше. Они разработаны с использованием процедуры парного сравнения, когда каждый эксперт из группы принятия решений присваивает числовое значение относительного влияния одного показателя на другой. Баллы усредняются и используются для вычисления весовых коэффициентов, которые затем анализируются всей группой и пересматриваются, пока все эксперты не будут удовлетворены результатами. Результаты оценки значений факторов для рассматриваемого автомобильного моста приведены в табл. 1.

Значение риска критичности, начиная с которого мост представляет интерес для осуществления террористических акций, принимается равным 0,3. Данное значение риска нуждается в более детальном обосновании, так как зависит от большого количества различных инженерно-технических, социально-экономических, политических факторов.

2.2. Этап 2. Разработка сценариев реализации АНВ

Осуществляется по методике Росавтодора [2], а также с помощью данных работ [10, 12]. Наиболее важные критические элементы моста рассматриваемой конструкции, уязвимые в диверсионно-террористическом отношении, приведены в табл. 2.

Возможными сценариями реализации АНВ на мосту могут быть:

- закладка взрывчатых веществ (ВВ) и подрыв (контактным или неконтактным зарядом) основных несущих конструкций (опор и пролетных строений) с частичным или полным их разрушением;

- установка на проезжей части моста посторонних предметов с целью совершения дорожно-транспортных происшествий;

- совершение диверсии на водном транспорте, пересекающем подмостовое пространство путем

подрыва и крушения водных транспортных средств, что в свою очередь может привести к обрушению опоры и пролетных строений;

- подрыв грузового автомобиля — бомбы вблизи одной из пролетных опор моста во время движения по мосту в составе транспортного потока.

Важным моментом в разработке сценариев атак является определение (путем моделирования) слабых элементов защиты, которые нарушители преодолевают без существенной задержки или с низкими вероятностями обнаружения и оценки обстановки, а также направленного перебора вариантов усиления этих элементов с выдачей рекомендаций по методам их усиления. Основная проблема — формирование базы исходных данных по значениям параметров, характеризующих зоны элементов защиты, нарушителей и силы охраны. Получение таких данных экспериментальным путем, требующее больших затрат времени и ресурсов, часто затруднительно, особенно при учете разных способов действий нарушителей и сил охраны (примеры сложных для определения данных: вероятность прохода человека по поддельному пропуску, вероятность нарушения работоспособности средств охраны без выдачи сигналов отказа и пр.). Для получения этих данных требуется разработка специальных имитационных моделей. Практика применения подобных моделей за рубежом показала, что они весьма полезны при обосновании проектных решений.

2.3. Этап 3. Оценка живучести конструкции, возможных разрушений в результате реализации АНВ на мосту, количества погибших и пострадавших, загрязнений окружающей среды (водных объектов)

Живучесть конструкции может оцениваться с помощью различных индексов, прежде всего безотказности, надежности, а также индекса живучести G_R [7], основанного на соотношении рисков прямых и косвенных ущербов:

$$G_R = \frac{\sum_{i=1}^m R_{\text{пр}i}}{\sum_{i=1}^m R_{\text{пр}i} + \sum_{j=1}^n R_{\text{кос}j}} \quad (6)$$

где $R_{\text{пр}}$ — прямые (первичные) риски; $R_{\text{кос}}$ — косвенные (вторичные, каскадные) риски, обусловленные полным отказом (разрушением) моста; $i = 1, \dots, m$ — количество сценариев локального повреждения моста; $j = 1, \dots, n$ — количество сценариев разрушения моста.

Ниже проведена оценка живучести моста только по формуле (6), хотя при развитии исследова-

Таблица 2

Критические элементы моста [12]

Объект физической защиты	Потенциальные угрозы	Характер ожидаемых последствий при реализации угрозы
Опора моста	Частичное (полное) повреждение опоры с выбиванием бетона и арматуры, с обрушением пролетного строения	Экономический ущерб, млн руб. Время восстановления, сут.
Пролетное строение	Повреждение пролетного строения с обрушением	Экономический ущерб, млн руб. Время восстановления, сут.

ний в данном направлении желательнее оценивать живучесть и по другим приведенным, например, в работе [7], индексам. Для живучих систем прямые риски значительно превышают косвенные, для неживучих — наоборот прямые ущербы малы по сравнению с косвенными. Данный индекс характеризует живучесть моста как способность снижать риск лавинообразного разрушения в случае его локального повреждения. Прямой ущерб здесь связан непосредственно с повреждением элементов моста. Косвенный — определяется ущербами, возникающими в процессе эскалации АНВ, и издержками из-за невыполнения мостом возложенных на него функций.

Расчет потребности в ВВ для полного обрушения одного пролетного строения можно проводить по специальной формуле. Параметры воздушной ударной волны определяются по формулам М. А. Садовского [14]. Расчетное давление ΔP_{Φ} для свободно распространяющейся сферической воздушной ударной волны приведено на рис. 2.

Для оценки степени разрушений от воздушной ударной волны принимались значения избыточного давления, приведенные в табл. 3.

Для оценки степени поражения людей использовались пробит-функции, формулы для расчета которых приведены в РД 03-409-01 [15]. Результаты оценки значений избыточного давления для расчета уровня поражения людей приведены в табл. 4.

По результатам расчетов определялись границы зон нанесения различных повреждений конструкциям. На рис. 3, а (см. 2-ю стр. обложки) приведена проекция зон повреждений на объект и территорию, на которой происходит ЧС. Размер зоны полных и тяжелых повреждений ($\Delta P_{A,B}$) при развитии данного сценария составляет 75 м от эпицентра взрыва. Зона средних повреждений (ΔP_C) составляет 130 м, зона легких повреждений (ΔP_D) — 200 м, зона частичного разрушения остекления — 1000 м.

Проекция зон поражения людей на территорию, на которой происходит авария, приведена на рис. 3, б (см. 2-ю стр. обложки). Размер зоны с ве-

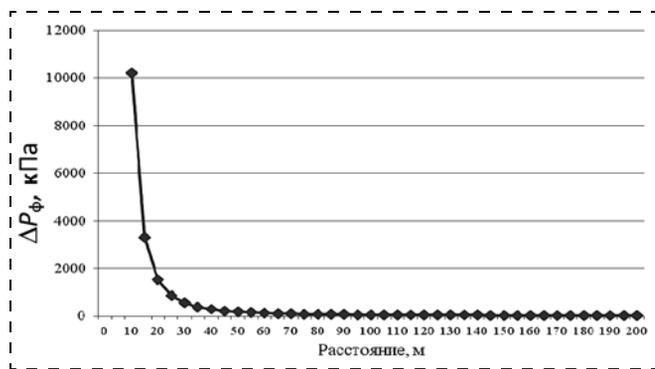


Рис. 2. Расчетное давление ΔP_{Φ} при реализации АНВ

Таблица 3
Уровни разрушения конструкций моста (по РД 03-409—01 [15])

Категория повреждения	Характеристика повреждения	Избыточное давление ΔP_{Φ} , кПа
A	Полное разрушение конструкции	≥ 100
B	Тяжелые повреждения, конструкция подлежит сносу	70
C	Средние повреждения, возможно восстановление здания (сооружения)	28
D	Разрушение оконных проемов, легкобросываемых конструкций	14
E	Зона частичного разрушения остекления	2

Таблица 4
Уровни поражения людей при совершении АНВ на мосту

Характеристика поражения населения	Избыточное давление ΔP , кПа
Вероятность выживания 50 %	243
Порог выживания (при меньших значениях смертельные поражения людей маловероятны)	65,9
Разрыв барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне	22

роятностью летального исхода 100 % (ΔP_L) при развитии данного сценария составляет 42 м от эпицентра взрыва. Зона с вероятностью выживания 50 % (ΔP_H) составляет 78 м, зона повреждения барабанных перепонок от перепада воздушного давления (ΔP_P) — 145 м.

Эти результаты получены без учета возможной гибели людей из-за выброса автомобилей с людьми с моста за счет ударной волны. Границы зон уровня поражения людей устанавливались, исходя из предположения, что в момент совершения взрыва они находились в автотранспортных средствах (АТС), которые попали в соответствующие зоны.

При реализации наиболее вероятного сценария возникновения ЧС в результате АНВ на мосту уровень загрязнения водного объекта оценивался исходя из предположения, что в зону поражения в момент взрыва попал полуприцеп с нефтепродуктами ППЦ-40, содержащий 40 т нефтепродуктов.

2.4. Этап 4. Оценка затрат на предупреждение и ликвидацию последствий ЧС на мостах от АНВ (гибели людей, материального и экологического вреда) и уровня риска возможной реализации АНВ

Для оценки численности и структуры АТС, а следовательно, людей, попавших в зону поражения, определяются типичные характеристики транспортного потока на мосту в период максимальной плотности движения (образование транс-

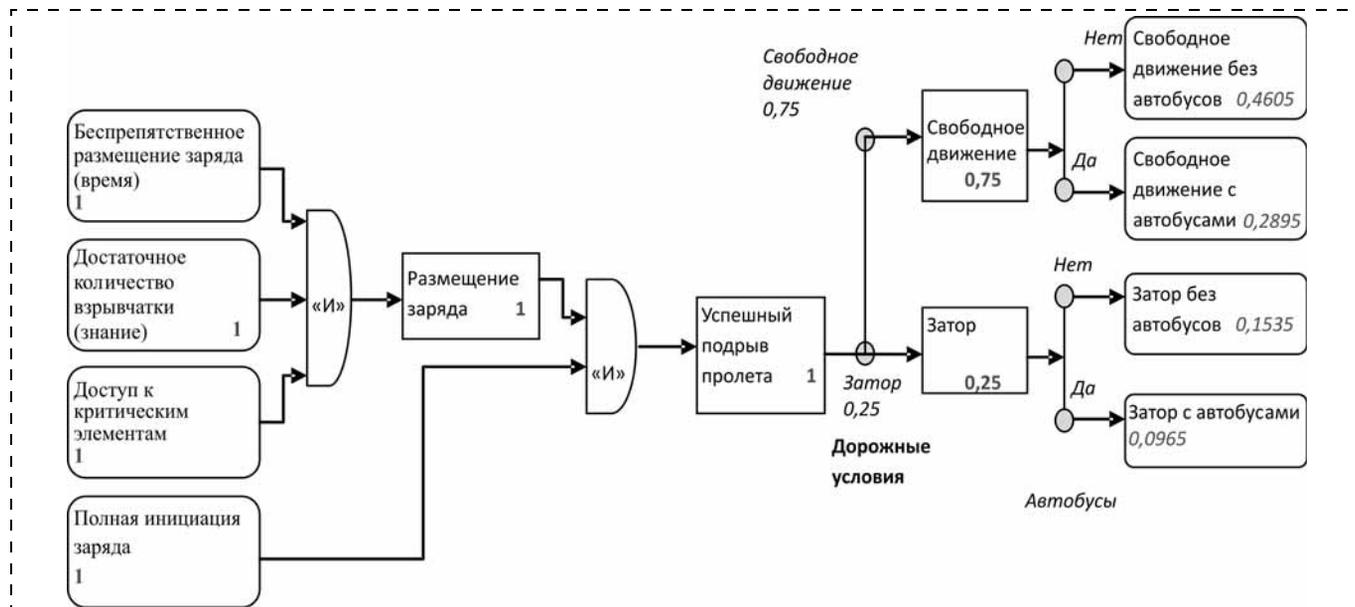


Рис. 4. Дерево событий в случае взрыва пролета моста без применения мер защиты

портных заторов или предзаторовых ситуаций) с использованием известных методов имитационного моделирования, анализ которых приведен, например, в работе [16], или на основании результатов натуральных наблюдений.

Для оценки рисков как условных вероятностей используется дерево событий (рис. 4).

С левой стороны дерева событий отображаются основные условия, оказывающие влияние на успешное развитие теракта; с правой стороны отражаются сценарии возможного развития событий, в которых точками ветвления выбраны: дорожные условия (свободный транспортный поток/затор); наличие автобусов (да/нет).

После того как аналитическими методами определяется условная вероятность каждого ветвления, проводится денежная оценка соответствующих последствий, рассчитывается общий финансовый риск. Вклад в риск для каждого ветвления определяется как итоговая вероятность, умноженная на сумму всех последствий, выраженных в денежной форме, для отдельного сценария. Сначала рассчитывается риск до введения мер защиты. После осуществления мер защиты он пересчитывается с использованием тех же методов, и разница в результатах используется для оценки эффективности мер при анализе затрат и выгод.

Последствия определяются с учетом гибели людей (социальный ущерб), стоимости реконструкции, повреждения транспортных средств, а также и косвенных затрат (издержки для общества из-за отсутствия пути сообщения в период реконструкции) (имущественный ущерб) и экологического

ущерба. Расходы, связанные с летальным исходом, принимаются равными 2,4 млн руб.; средняя стоимость травм (с учетом получения инвалидности и возможности или отсутствия возможности работать) принята 1,4 млн руб. Имущественный ущерб — время и стоимость реконструкции моста — оценивается на основании данных для европейских объектов-аналогов [12]; средняя стоимость компенсации ущерба от повреждения АТС (выплат страховых компаний) принята 1,5 млн руб. для легковых и грузовых автомобилей и 4,5 млн руб. для автобусов; стоимость замены остекления с учетом стоимости 1 м² остекления принята 5,0 тыс. руб. Экологический ущерб оценивался по методике [9]. Косвенные издержки рассчитывались с помощью метода, приведенного в работе [12]. Метод требует подробной информации о движении транспорта на дорожной сети, включающей участок дороги с данным мостом, в том числе интенсивности движения и альтернативных маршрутах. В данном исследовании косвенные расходы оценивались по объекту-аналогу.

Общий риск рассчитывается как произведение условных вероятностей на соответствующий ущерб при реализации соответствующего сценария. Результаты расчета с учетом приведенных выше данных представлены в табл. 5.

Таким образом, максимально возможный ущерб от разрушения моста при отсутствии дополнительных мер защиты в результате террористического акта (реализация наиболее неблагоприятного сценария) может составить от 3 до 4 млрд руб. При этом величина общего риска оценивается величиной в диапазоне от 304 до 1594 млн руб.

Результаты оценки интегрального риска при возникновении ЧС в результате АНВ на мосту (без использования мер защиты)

Сценарий (ветвь)	Условная вероятность	Прямые издержки, млн руб.				Экологический ущерб, млн руб.	Косвенные издержки, млн руб.	Суммарный ущерб, млн руб.	Риск, млн руб.
		Социальный ущерб	Имущественный ущерб						
			Стоимость летальных исходов	Стоимость реконструкции	Стоимость поврежденных АТС				
Свободное движение без автобусов	0,519	658,6	500	303	1,8	8,11	1600	3071,51	1594,1
Свободное движение с автобусами	0,231	848,6	500	312	1,8	8,11	1600	3270,51	755,5
Затор без автобусов	0,173	1022,7	500	472,5	1,8	8,11	1600	3605,11	623,7
Затор с автобусами	0,077	1350,2	500	486	1,8	8,11	1600	3946,11	303,9
Общий риск	—	—	—	—	—	—	—	—	3277,2

2.5. Этап 5. Принятие допустимого уровня риска, обеспечивающего требуемый уровень защищенности моста от АНВ

Этот уровень риска устанавливается на основании сложившейся практики и согласованных с общественностью политических решений органов власти с использованием матриц риска или критерия безубыточности (см. далее формулу (7)). Принятие допустимого риска по критерию безубыточности требует проведения более тщательных научно-технико-экономических исследований применительно к ОТИ, учитывающих особенности ЧС, связанных с террористическими атаками, главной целью которых является не нанесение максимального прямого экономического ущерба, а достижение максимального политического и социального резонанса, т. е. нанесение максимального косвенного социально-экономического ущерба. В данной работе уровень допустимого риска принимался по критерию безубыточности.

2.6. Этап 6. Обоснование и реализация мер по снижению риска и обеспечению защищенности ОТИ с учетом затрат на их реализацию

В случае, если уровень риска выше допустимого, должны быть реализованы мероприятия защиты. Следует учитывать все затраты на принятие мер защиты, например:

- прямые затраты на планирование, разработку и осуществление необходимых мер;
- прямые затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание и надзор за инженерно-техническими средствами защиты, мерами физической защиты, повышения живучести;

— косвенные расходы на ограничения и задержки движения, вызванные реализованными мерами инженерной и физической защиты.

Следует отметить, что если меры защиты реализуются исключительно путем изменения условной вероятности предпосылок, изменение условных вероятностей на концах всех ветвей на дереве событий и, следовательно, изменение общего риска, пропорционально изменению условной вероятности критических событий. Если существует более одной меры защиты, каждая из них может быть реализована индивидуально. Это открывает возможность сравнить разные меры защиты с помощью анализа затрат и выгод. Если выбранные меры защиты изменяют последствия, например, число погибших, время и затраты на реконструкцию, оценку последствий следует повторить.

При использовании общего анализа затрат и выгод требуется информация о частоте возникновения каждого конкретного сценария. Но не существует адекватных данных, чтобы вычислить частоту возможных терактов. Поэтому принято рассчитывать частоту безубыточности, т. е. частоту, только при которой затраты экономически эффективны. Власти в лице Росавтодора или дорожные эксплуатационные службы должны решить сами, представляется ли эта частота реалистичной. Анализ включает [11—13]:

- расчет стоимости: ежегодные расходы состоят в основном из расходов на внедрение, эксплуатацию и техническое обслуживание; этот расчет совпадает с общим анализом затрат-выгод;



— анализ рисков: рассчитываются две ситуации — при отсутствии мер защиты и при их наличии; вместо частот используются условные вероятности;

— оценку экономической эффективности: сначала рассчитывается частота безубыточности, затем оценивается, сопоставима ли эта частота с реалистичными значениями.

Частота безубыточности (F_{BE}) рассчитывается по формуле [12]:

$$F_{BE} = \frac{C_y}{\sum_{i=1}^n \left(p_{0,i} \sum_{j=1}^m (l_{0,i,j} \omega_j) \varphi(l_i) \right) - \sum_{i=1}^n \left(p_{1,i} \sum_{j=1}^m (l_{1,i,j} \omega_j) \varphi(l_i) \right)}, \quad (7)$$

где F_{BE} — частота безубыточности — частота террористических атак, для которых стоимость мероприятий эквивалентна снижению риска; C_y — ежегодные затраты на дополнительные меры защиты, руб./год; $p_{0,i}$ — относительная вероятность i -го сценария для ситуации без дополнительных мер защиты; $p_{1,i}$ — относительная вероятность i -го сценария для ситуации с дополнительной мерой защиты; $l_{0,i,j}$ — уровень влияния i -го сценария и j -го вида воздействия на ситуацию без дополнительных мер защиты; $l_{1,i,j}$ — уровень влияния i -го сценария и j -го вида воздействия на ситуацию с

дополнительными мерами защиты; ω_j — предельные издержки на единицу j -го вида воздействия; $\varphi(l_i)$ — коэффициент неприятия, который является функцией от вида воздействия.

С точки зрения непрофессионала, это означает:

$$\begin{aligned} \text{Частота безубыточности} &= \\ &= \frac{\text{Ежегодные затраты}}{\text{Общий риск без мер защиты}} \rightarrow \\ &\rightarrow \frac{\text{Ежегодные затраты}}{\text{Общий риск с защитными мерами}} \end{aligned}$$

Рассмотрим эффективность мер защиты для рассматриваемого объекта, ориентированных на обнаружение и предотвращение возможного теракта путем повышения живучести конструкции моста укреплением пролета с помощью бетона, стали или углеродного волокна, а также инженерно-технической (физической) защиты путем видеонаблюдения — контроля критических элементов с помощью видеонаблюдения. Такая защита требует либо постоянного наблюдения за видеоматериалами, либо использования автоматической системы обнаружения.

В зависимости от условной вероятности при использовании каждой из мер защиты пересчитывается ущерб по приведенному выше алгоритму. Результаты суммарного ущерба и риска сведены в табл. 6.

Результаты расчета индекса живучести моста по формуле (6) в отсутствие и при наличии мер защиты приведены на рис. 5 (см. 2-ю стр. обложки).

Таблица 6

Результаты расчета риска ЧС от АНВ на мосту после внедрения мер защиты

Сценарий (ветвь)	Условная вероятность			Суммарный ущерб, млн руб.			Риск, млн руб.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Свободное движение без автобусов	0,519	0,12975	0,0519	3071,51	3071,51	3071,51	1594,1	398,53	159,41
Свободное движение с автобусами	0,231	0,05775	0,0231	3270,51	3270,51	3270,51	755,5	188,87	75,55
Затор без автобусов	0,173	0,04325	0,0173	3605,11	3605,11	3605,11	623,7	155,92	62,37
Затор с автобусами	0,077	0,01925	0,0077	3946,11	3946,11	3946,11	303,9	75,96	30,39
Общий риск	—	—	—	—	—	—	3277,2	819,28	327,72

Примечание: 1 — отсутствие мер защиты; 2 — укрепление пролета моста; 3 — введение системы видеонаблюдения.

Таблица 7

Результаты расчета частоты и периода безубыточности

Меры защиты	Ежегодные расходы, млн руб/год	Общий риск без мер защиты, млн руб.	Общий риск с учетом мер защиты, млн руб.	Частота безубыточности, год ⁻¹	Период безубыточности
Укрепление пролета	2,5	3277,2	819,28	$1,02 \cdot 10^{-3}$	980 лет
Видеонаблюдение	0,52	3277,2	327,72	$1,76 \cdot 10^{-4}$	5680 лет

Из приведенных результатов следует, что применение выбранных мер защиты от АНВ: укрепление пролетного строения и установка комплексной системы видеонаблюдения значительно снижает уязвимость (повышает защищенность) рассматриваемого моста, что выражается в снижении прямых и косвенных ущербов (в 5–10 раз) в случае реализации террористической атаки с наиболее неблагоприятными последствиями. При этом несколько возрастает индекс живучести по показателю затрат — с 0,509 у незащищенного моста до 0,534 при укреплении пролетного строения моста.

Результаты расчета частот безубыточности по формуле (7) приведены в табл. 7.

Из табл. 7 следует, что период безубыточности для мер "Укрепление пролета" и "Видеонаблюдение" составляет 980 и 5680 лет, соответственно. Это означает, что укрепление пролета должно осуществляться, если по оценкам этот тип атаки случается чаще, чем каждые 980 лет, а системы видеонаблюдения должны быть установлены, если существует вероятность, что нападение может осуществиться раз в 5680 лет или чаще.

Заключение

Разработанная методика хоть и использует экспертные оценки относительно возможности реализации мер антитеррористической защиты, но она впервые реализует методологию риск-менеджмента безопасности мостов от АНВ. Рассчитанная частота безубыточности может учитываться при принятии решений об использовании тех или иных мер защиты при разработке планов обеспечения защищенности ОТИ. Меры с наименьшими частотами безубыточности, т. е. с самыми высокими периодами безубыточности являются наиболее экономически эффективными. Так, видеонаблюдение как меру антитеррористической защиты следует осуществлять раньше, чем мероприятие, направленное на повышение живучести — "укрепление пролета".

Данные о частоте безубыточности доводятся до лиц, принимающих решения, которые должны определить, является ли возможность реализации подобного сценария атаки правдоподобной или нет. Такое решение должно учитывать возможности и намерения террористических групп. Следует также учитывать вероятность того, что нападение будет успешным, основываясь на уязвимости конструкции. Это решение может быть основано на данных секретных служб, принимая во внимание международные события и поведение или бездействие населения. Если частота безубыточности выше частоты правдоподобия, то рассмотренные выше меры должны быть реализованы. В противном случае они не являются рентабельными и следует воздержаться от их внедрения.

Список литературы

1. Трофименко Ю. В. Методические подходы к обеспечению транспортной безопасности в России и странах Европейского Союза // Транспорт Российской Федерации. — 2011. — № 6 (37). — С. 60–65.
2. ОДМД. Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры в сфере дорожного хозяйства. — М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2010. — 50 с.
3. Security of Road Transport Networks Deliverable D200 Task 203/204 Identification and Classification of European Bridge and Tunnel Types (concise version) FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354 / July 2011. — 27 pp.
4. Катастрофы и безопасность / В. А. Акимов, В. А. Владимирова, В. И. Измалков; МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2006. — 392 с.
5. Фомичев А. Риск-менеджмент. — М.: Изд. дом "Дашков и К", 2007. — 374 с.
6. Махутов Н. А., Петров В. П., Резников Д. О., Куксова В. И. Обеспечение защищенности критически важных объектов на основе снижения их уязвимости // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Научный информационный сборник. — М.: ВИНТИ, 2009. — № 2. — С. 50–69.
7. Махутов Н. А., Петров В. П., Резников Д. О. Оценка живучести сложных технических систем // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Научный информационный сборник. — М.: ВИНТИ, 2009. — № 3. — С. 47–66.
8. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. — 141 с.
9. Временная методика оценки экологического ущерба: утв. Председатель Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды В. И. Данилов-Данильян 09 марта 1999 г. — URL: <http://www.waste.ru/uploads/library/usherb.pdf> (дата обращения 14.01.2013).
10. The Blue Ribbon Panel on Bridge and Tunnel Security. Recommendations for Bridge and Tunnel Security. The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Transportation Security Task Force. — 2003. — 64 pp.
11. Cost-effectiveness of Protection Measures to Mitigate Terrorist Attacks on Bridges and Tunnels/ Christian A. Andersen, Kasper C. Jørgensen, Erik K. Lauritzen/ NIRAS. — 2012. — 11 pp / SeRoN. — URL: <http://www.seron-project.eu/> (дата обращения: 14.01.2013).
12. Security of Road Transport Networks Deliverable D500 Risk assessment (concise version) FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354 / March 2012. v.1.0 — 118 pp.
13. Security of Road Transport Networks Deliverable D600 Validation/ FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ 28/09/ 2012. — 40 pp.
14. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Книга 1 / В. А. Котляревский, К. Е. Кочетков, А. А. Носач, А. В. Забегаев и др. / Под ред.: К. Е. Кочеткова, В. А. Котляревского и А. В. Забегаева. — М.: Издательство АСВ, 1995. — 329 с.
15. РД 03-409-01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (с изменениями и дополнениями): утв. постановлением Госгортехнадзора России от 26 июня 2001 года № 25. — URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_93563.html (дата обращения 14.01.2013).
16. Трофименко Ю. В., Якимов М. Р. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов. — М.: Логос, 2013. — 464 с.



УДК 536.463

Ю. Х. Поландов, д-р техн. наук, проф., **М. А. Барг**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., **В. А. Бабанков**, канд. техн. наук, науч. сотр., Государственный университет — учебно-научно-производственный комплекс, г. Орел

Влияние местоположения газовой плиты на кухне на давление взрыва газа

Разработана математическая модель взрыва стехиометрической газозвушной смеси в помещении с одним окном. Численным экспериментом установлено, что давление взрыва при размещении источника взрыва у окна в несколько раз меньше, чем давление взрыва при размещении источника взрыва у дальней от окна стены.

Ключевые слова: взрыв газа на кухне, численный эксперимент, газовая плита, окно, давление взрыва

Yu. H. Polandov, M. A. Barg, V. A. Babankov

Influence of Position Gas Cooker Indoors in Pressure of Gas Explosion

The mathematical and computer models of the explosion of a stoichiometric air-gas mixture in a room with one window. Numerical experiments revealed that the explosion pressure when placing the source of the explosion at the window several times less than its finding from the window on the far wall.

Keywords: explosion gas indoors, numerical experiment, gas cooker, window, explosion pressure

Введение

Снижение рисков при газовых взрывах в помещениях продолжает оставаться проблемой [1–3], и потому исследования в этом направлении продолжают. Однако до сих пор удивительным образом задача о влиянии характера размещения внутри помещения газового оборудования, источников воспламенения и окна, играющего защитную роль, не только не решалась, но и не ставилась. Хотя, как оказалось, при ее решении результаты получаются довольно эффектными и значительными.

Это обстоятельство можно объяснить тем, что математические модели, используемые до сих пор при описании процесса взрыва в помещении, основаны на применении обыкновенных дифференциальных уравнений [3, 4], которые не позволяют следить за развитием фронта пламени при взрыве в помещении и, вообще, не могут описать распределение параметров в исследуемой области, что исключает в принципе возможность решения таких задач, как поставленная.

В то же время экспериментальные установки, по-

добные той, что представлена в работе [5], и опыты, которые можно было бы провести на них, дополнили бы материалы, изложенные в данной статье и пролили бы дополнительный свет на характер ответа в обсуждаемой задаче. Кстати, упомянутая экспериментальная установка была разработана в МГСУ (рис. 1), широко известна среди специалистов и неоднократно демонстрировалась в действии на телевизионных каналах. Установка представляет собой прозрачную двухсекционную камеру $300 \times 300 \times 600$ мм с окнами и снабжена оборудованием, позволяющим готовить газовые смеси, проводить опыты со скоростной киносъем-

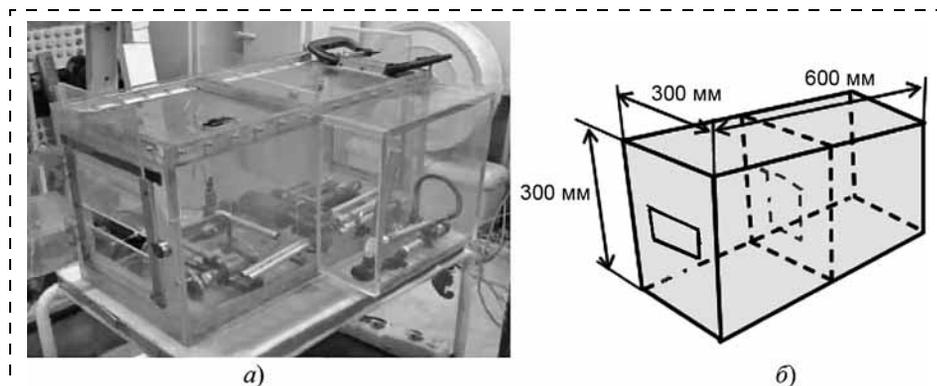


Рис. 1 Экспериментальная установка по исследованию газовых взрывов в помещениях (МГСУ):

a — фотография; *б* — схема и размеры установки. "Помещение" разбито на две секции

кой и измерением давления в "помещении". К сожалению, опыты по оценке влияния места воспламенения газа в помещении на этой установке не состоялись.

Постановка задачи исследования

При формулировке задачи исследования были приняты во внимание результаты физического эксперимента [6], на котором исследовалось развитие взрыва газа в камере ($d = 200$ мм, $L = 1500$ мм). На опытах камера (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки) заполнялась стехиометрической пропан-бутан-воздушной смесью, воспламенение которой производилось от электрического импульса и всегда в одном и том же месте у торца камеры, принятом за ее начало. При взрывах газовая смесь выбрасывалась в атмосферу через одно из трех окон, размещенных на цилиндрической части камеры: в начале камеры, посередине ее длины и в ее конце.

Исходное положение окон диаметром 70 мм — заглушенное, при их инициализации заглушки снимались, а проходное сечение перегоражива-

лось листом бумаги. Меняя окно, с которого снимали заглушку, и заглушив остальные, мы как бы перемещали место расположения окна. В ходе эксперимента решалась задача влияния места установки окна на давление взрыва. Из рис. 3 видно, что давление взрыва больше чем на порядок уменьшилось при сбросе через окно, расположенное рядом с источником воспламенения, по сравнению со сбросом через окно, дальней от источника воспламенения.

Установлено также, что данная зависимость снижается с уменьшением диаметра окна, а при его диаметре 20 мм разницы между максимальными значениями давления в упомянутых двух случаях практически нет (рис. 4).

На каждом из приведенных рисунков совмещены результаты 10 повторных опытов, что сделано специально для демонстрации воспроизводимости результатов и высокой детерминации выводов.

Проецируя этот эффект на газовый взрыв в помещении, в котором есть окно и потенциальный источник воспламенения газа, можно ожидать, что

месторасположения источника воспламенения газа и в этом случае будет играть значительную роль в развитии взрыва, так как отношения размеров окна к объему помещения не меньше отношения диаметра окна на экспериментальной установке к объему камеры.

В быту этот вопрос касается, прежде всего, газифицированного кухонного помещения, которое в традиционном представлении имеет окно и газовую плиту. Если считать, что источником открытого огня на кухне чаще всего является газовая плита, то поиск варианта снижения опасности может быть сведен к выбору наиболее безопасного места установки плиты. Таким образом, вопрос ставится так: приближение газовой плиты к окну (или наоборот: окна к плите) должно снизить давление взрыва и вместе с этим, уменьшить опасность разрушения помещения при взрывах газа внутри него.

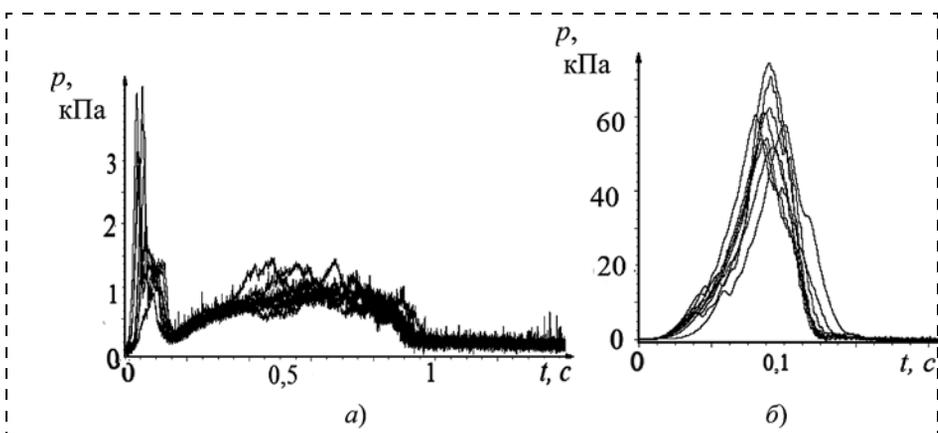


Рис. 3. Ход давления при взрывах с диаметром окна 70 мм:
а — источник зажигания и окно рядом; б — дальнейе окно от источника

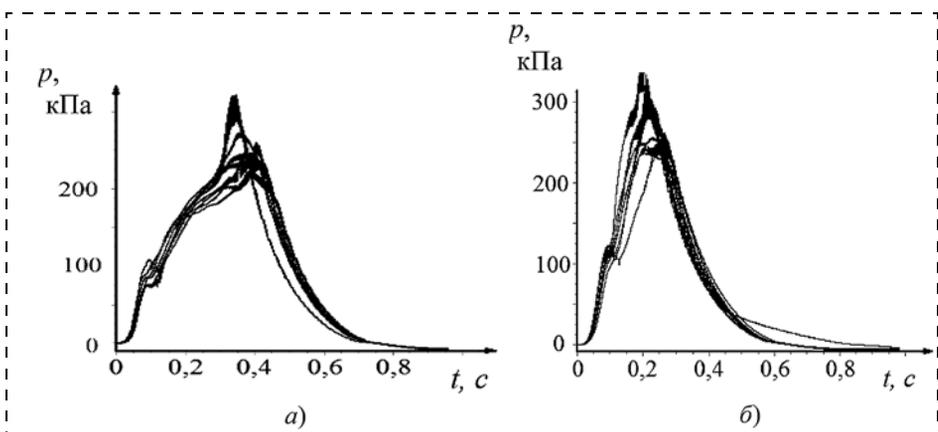


Рис. 4. Ход давления при взрывах с диаметром окна 20 мм:
а — источник зажигания и окно рядом; б — дальнейе окно от источника



Метод и средства исследования

Проверка гипотезы осуществлена численным экспериментом. Понятие численного эксперимента подразумевает составление математической модели газового взрыва в помещении, выбора метода аппроксимации уравнений и метода решения системы, демонстрации адекватности модели и проведение численного моделирования взрыва газа при заданных начальных и граничных условиях, так или иначе отражающих геометрические характеристики помещения и теплофизические свойства газа.

В основу математической модели положены три момента: исходная система уравнений с начальными и граничными условиями; метод решения системы; модель распространения пламени.

В исходную систему уравнений включены известные в газовой динамике дифференциальные уравнения в частных производных [7], выражающих фундаментальные законы сохранения (уравнения неразрывности, импульса и энергии) применительно к идеальной сжимаемой невязкой среде в так называемой форме Эйлера (уравнение сохранения импульса, в свою очередь, дано в виде трех скалярных уравнений):

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \bar{U}) &= 0 \\ \frac{\partial \rho U_x}{\partial t} + \operatorname{div}(U_x \rho \bar{U}) + \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial \rho U_y}{\partial t} + \operatorname{div}(U_y \rho \bar{U}) + \frac{\partial p}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial \rho U_z}{\partial t} + \operatorname{div}(U_z \rho \bar{U}) + \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial \rho E}{\partial t} + \operatorname{div}(E \rho \bar{U}) + \operatorname{div}(p \bar{U}) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Замыкается система уравнением газового состояния в форме

$$p = \rho I (\gamma - 1), \quad (2)$$

где ρ — плотность газа, кг/м³; \bar{U} — вектор скорости, м/с; E — удельная полная энергия, Дж/кг; p — давление, Па; γ — показатель адиабаты среды; I — удельная внутренняя энергия, Дж/кг; U_x , U_y , U_z — компоненты вектора скорости, соответственно, вдоль осей x , y , z , м/с.

$$I = E - \frac{U^2}{2}; \quad U^2 = U_x^2 + U_y^2 + U_z^2.$$

Начальные и граничные условия. Принято, что все помещение заполнено стехиометрическим со-

ставом метано-воздушной смеси, исходное давление и температура смеси имеют нормальное значение. Границы помещения непроницаемы, выброс газов при взрыве происходит через окно. Без большой погрешности принято, что состав газа не изменяется в процессе горения и одинаков с воздухом. Окно представляет собой невесомую перегородку, разрушающуюся в начальный момент взрыва.

Решение системы уравнений. Система решается численным методом, разработанным О. М. Белоцерковским и Ю. М. Давыдовым [7] и названным ими методом крупных частиц. Идея расчета заключается в следующей постановке. Расчетный объем разбивается на ячейки, названные *расчетными* и представляющие собой кубики (в нашем случае числом около 13 200 и размером $10 \times 10 \times 10$ см). Непроницаемые участки границы построены другим типом ячеек, названных *пограничными*, а истечение газа происходит через третий тип ячеек, названных *расходными*. Технология построения модели требует использования еще одного типа ячеек, названных *нерасчетными*, дополняющих расчетный объем вместе с границей до законченной формы параллелепипеда.

В расчетных ячейках выполняются законы сохранения, аппроксимированные разностными уравнениями. В пограничных ячейках выполняется условие непротекания за счет введения в них фиктивной скорости, направленной нормально к границе вовнутрь объема и равной по модулю компоненте скорости в расчетной ячейке, также нормально направленной к границе. В ячейках, через которые происходит истечение, давление приравнивается к среднему от значений давления в ближайшей расчетной ячейке и в атмосфере. Нерасчетные ячейки в расчетах не участвуют.

Величина шага по времени выбирается с учетом размера ячеек и в соответствии с критерием устойчивости решения Куранта—Фридрихса—Леви (в нашем случае $\Delta t = 5 \cdot 10^{-7}$ с). Согласно методу решение ищется в три этапа. На первом этапе выполняется первое приближение за счет отбрасывания слагаемых с оператором div , при этом не учитывается эффект переноса, а на двух других этапах — уточняются решения. Несмотря на то, что система аппроксимационных линейных алгебраических (разностных) уравнений решается в явном виде, решение достаточно устойчиво.

Модель распространения пламени. Для моделирования распространения пламени введена новая переменная — массовая доля продуктов сгорания в ячейке, что равносильно применению четвертого типа ячеек, в которых движется линия, разделяющая продукты сгорания и исходную смесь [6]. Этот прием позволил не только следить в процессе горения за линией раздела, но и применить разно-

стный метод при расчете тепловыделения в общем алгоритме. Движение линии внутри ячейки осуществляется со скоростью, равной нормальной скорости горения, значение которой зависит от температуры и давления в исходной смеси [10, 11]. Отдельно рассматривается вопрос перехода линии раздела через границу ячейки. Более подробно движение этой линии описано в программном продукте "ВулканМ" [9].

Использование дополнительного типа ячеек сказывается на устойчивости решения, ухудшает его, поэтому, как показал опыт [6], стало необходимым проводить расчеты при увеличенных запасах по критерию устойчивости.

Исследования, проведенные ранее нами, показали достаточно заметное влияние пограничных теплопотерь на параметры взрыва. В расчетах принимались согласно работе [9] поправки, учитывающие эти теплопотери. База данных, обычно объемом около 2 Гбайт, полученная в процессе расчета на одном опыте, позволяет визуализировать процесс взрыва, проследить за состоянием параметров на каждом шаге счета во всех ячейках. Так как векторы скоростей известны в каждой ячейке, то удалось построить векторные линии (траектории), по которым движется газ. По данным, входящим в базу, строятся графики, отражающие характер развития взрыва.

Проверка адекватности модели

Для оценки адекватности модели была проведена серия численных и физических опытов. На рис. 5 показано как выглядит расчетная область, форма и размеры которой повторяют конструкцию физической модели. Воспламенение смеси на численном опыте производится справа у торца так же как при физическом опыте, при этом клапан с диаметром 40 мм располагался на середине длины

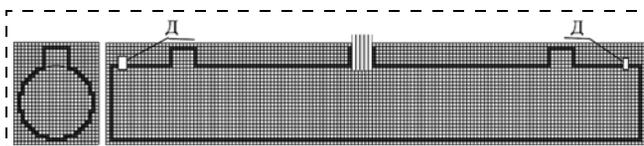


Рис. 5. Схема расчетной области экспериментальной установки "Сержант" (светлые ячейки — расчетные; черные — пограничные; однополосные — расходные; серые — нерасчетные ячейки, Д — "датчики давления")

камеры, а измерение давления производилось одновременно в двух точках, у обоих торцов камеры. Сравнение значений давления взрыва при физическом эксперименте и при расчетах приводится на рис. 6, а. При этом следует учитывать, что показания датчиков, расположенных в одной камере, разные, но ввиду малости этой разницы в приведенном масштабе графика ее не видно и потому кривая выглядит как одна линия. Но, главное, видна близость результатов, полученных при расчете и физическом опыте.

Дополнительным подтверждением адекватности численной модели является регистрация на этих опытах (физическом и соответствующему ему численному) второстепенного незапланированного эффекта — периодических колебаний давления — с одинаковыми частотами и амплитудами. На рис. 6, б и в показаны выноски записи, увеличивающие в масштабе значения давлений, зарегистрированных каждым из датчиков. Совершающиеся в противофазе периодические колебания давления можно объяснить наличием акустической волны, движущейся от одного торца камеры к другому и обратно как при физическом опыте, так и при расчетном. Видно, что частота акустических колебаний и их амплитуда одинаковы во время обоих типов опытов (частота — около 160 Гц, амплитуда — немногим меньше 1 кПа, что соответствует уровню звука около 140 дБ SPL в течение полусекунды).

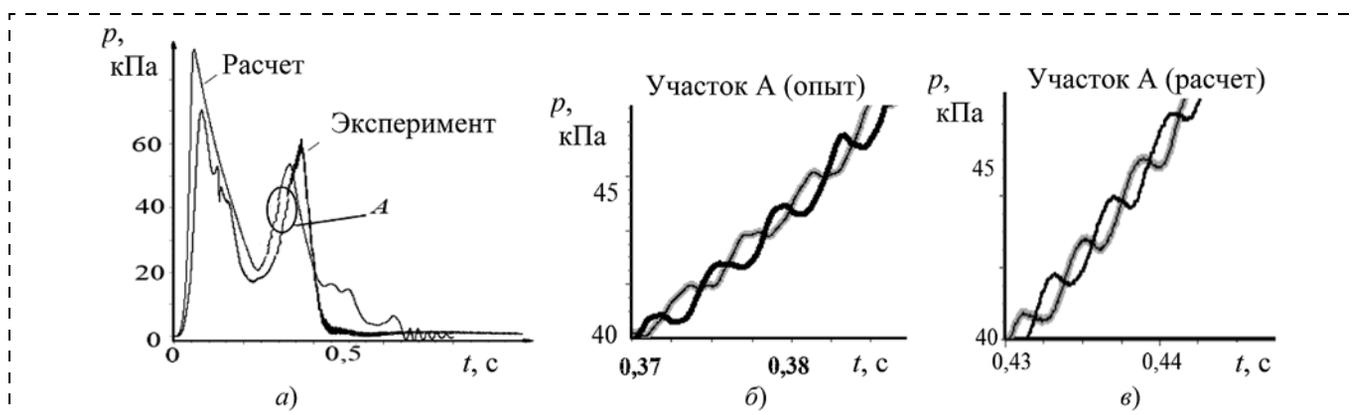


Рис. 6. Сравнение динамики давления при физическом и численном экспериментах (а), выноски из физического опыта (б) и из расчета (в)



Объект исследования

Численный эксперимент по теме исследования проведен в объеме, типичном для небольшого кухонного помещения размером 4×3 м и высотой 2,2 м, имеющем окно размером $1 \times 1,2$ м. На кухне для "оживления пейзажа" размещены предметы обихода, как-то шкаф, холодильник, стол и газовая плита, представленные в виде параллелепипедов (рис. 7). Там же показаны пять точек, расположенных по оси помещения на высоте 1 м, в этих точках по выбору в каждом отдельном опыте "устанавливался" источник воспламенения. "Датчик" давления на всех опытах был закреплен в центральной части помещения. "Датчик" температуры размещен по центру плоскости окна. Расчетный объем был разбит на ячейки размером $0,1 \times 0,1 \times 0,1$ м числом около 30 тыс шт.

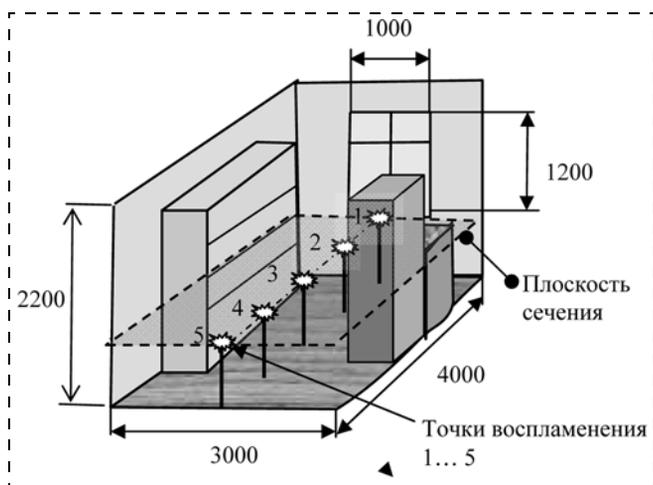


Рис. 7. Схема кухонного помещения

Физические и теплофизические характеристики газов и их зависимости от давления и температуры взяты из известных справочников. Значение скорости нормального горения и ее зависимость от давления и температуры приняты в том виде, как они определены В. С. Бабкиным [10] и В. В. Мольковым [11]: $U_H = 0,305(p/p_0)^{0,32}$ м/с — для метано-воздушной смеси и $U_H = 0,307(p/p_0)^{0,5}$ м/с — для пропано-воздушной смеси, где p и p_0 — текущее и начальное значения давления.

Результаты эксперимента

На рис. 8 (см. 3-ю стр. обложки) приведены кадры визуализации полученного решения, на которых виден фронт пламени и траектории, по которым движется поток газов. Векторные линии создают иллюзию проведенного реального эксперимента, а картина обладает правдоподобием.

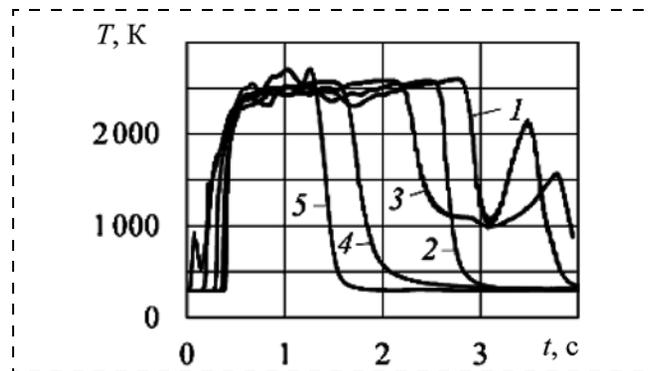


Рис. 9. Динамика температуры по центру плоскости окна

Кадры развития взрыва взяты при расположении источника воспламенения у дальней от окна стены и соответствуют сечению на высоте 1 м согласно рис. 7 (точка 5). Несимметричность расположения окна и мебели относительно продольной оси помещения сделали картину движения фронта горения весьма разной по правую и левую сторону от оси помещения. Мебель, имеющаяся на кухне, способствовала образованию вихрей. Черным цветом закрашены ячейки, в которых происходит горение (см. рис. 8). Время t , которое соответствует кадру, выделено в окантованных светлых прямоугольниках.

На кадрах показаны отдельные этапы развития взрыва. О времени, когда фронт горения достигает окна, можно судить по графику изменения температуры в ячейке, расположенной по центру плоскости окна (рис. 9), где расположен датчик температуры. На графике номер каждой кривой соответствует номеру точки на рис. 7. Резкий подъем температуры означает подход фронта пламени к точке измерения. Время подхода продуктов сгорания к окну, естественно, зависит от места воспламенения: чем дальше оно расположено от окна, тем позже фронт пламени подходит к нему. По температуре в окне можно судить и о продолжительности процесса взрыва. Время взрыва при воспламенении у дальней стены вчетверо меньше времени взрыва при воспламенении у окна.

Пожалуй, самым важным результатом проведенного эксперимента является полученная зависимость давления взрыва от места воспламенения газа (рис. 10). На этом рисунке номера кривых также соответствуют точкам на рис. 7. Из эксперимента следует, что, чем ближе к окну источник воспламенения, тем меньше давление взрыва, разница достигает шестикратного значения: на эксперименте 4,8 кПа при воспламенении у дальней от окна стены и 0,8 кПа при воспламенении вблизи окна. В помещении кухни наиболее вероятно воз-

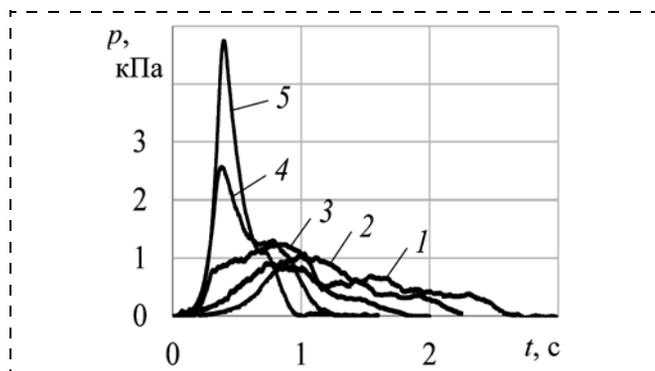


Рис. 10. Динамика давления при взрывах при различном расстоянии источника воспламенения от окна

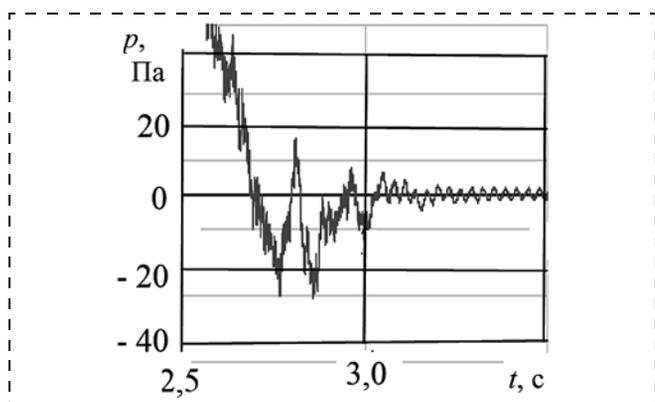


Рис. 11. Конец кривой давления при воспламенении у дальней стены

никновение источника воспламенения у газовой плиты, когда зажигается газ на конфорке, поэтому полученный результат можно трактовать так: приближение газовой плиты к окну с большой вероятностью позволит снизить давление взрыва на кухне.

Заметим, что снижение температуры газа в окне не следует напрямую из факта окончания горения. Представляется, что снижение температуры обусловлено тем, что с окончанием горения заканчивается динамический процесс выброса газов из помещения, который затем заменяется процессом имплозии, видимый на графике давления (рис. 11). Давление имплозии по сравнению с давлением взрыва невелико, всего 20 Па (ниже атмосферного), но его вполне достаточно для того, чтобы в помещение устремился холодный воздух из атмосферы со скоростью около 6 м/с.

Отчетливо прослеживаются угасающие колебания с частотой около 5 Гц, очень похожие на те, которые наблюдаются в резонаторе Гельмгольца,

их называют первыми по частоте в незамкнутых сосудах. Сопровождают процесс взрыва звуковые колебания частотой около 90 Гц и ими же он заканчивается с постепенно уменьшающейся амплитудой от 4 до 1 Па, т. е. от громкого звука (100 дБ) до затихающего.

Вывод

Давление взрыва газа в помещении в значительной мере зависит от места воспламенения: чем ближе к окну находится точка воспламенения, тем меньше давление взрыва, отношение давлений может быть шестикратным. Длительность взрыва в этом случае уменьшается втроекратно, в приведенном расчете от 1 с при воспламенении газа у дальней стены и до 3 с — при воспламенении у окна.

Список литературы

1. **Пожарные** подвели итоги. Более 18 тысяч россиян погибли в прошедшем году в огне. Управление информации МЧС России // Пожаро-взрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 1. — С. 62—68.
2. **Пожары** и взрывы в производственных помещениях в странах Европы. Хроника 2003—2005 гг. РИА Новости. Эл. ресурс <http://ria.ru/spravka/20051212/42448122.html>
3. **Комаров А. А.** Разрушение зданий при аварийных взрывах бытового газа // Пожаро-взрывобезопасность. — 2004. — № 5. — С. 14—22.
4. **Han Yongli, Chen Longzhu.** Mechanical Model of Domestic Gas Explosion Load // (Institute of Engineering Safety and Disaster Prevention, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China) Trans. Tianjin Univ. -Tianjin University and Springer Verlag. 2008, 14: 434—440.
5. **Мишуев А. В., Казеннов В. В., Громов Н. В., Лукьянов А. В., Прозорский Д. В.** Особенности аварийных взрывов внутри жилых газифицированных зданий и промышленных объектов // Пожаро-взрывобезопасность. — 2012. — Спец. выпуск. — С. 56—71.
6. **Поляндов Ю. Х., Барг М. А., Власенко С. А.** Моделирование процесса горения газозвушной смеси методом крупных частиц // Пожаро-взрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 3. — С. 6—10.
7. **Белоцерковский О. М., Давыдов Ю. М.** Метод крупных частиц в газовой динамике. — М.: Наука, 1982. — 392 с.
8. **Поляндов Ю. Х., Барг М. А., Марков С. С.** Моделирование процессов горения и взрыва газовых смесей "Вулкан-М": А031 Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ — 2007614950. Заявитель и владелец ГОУ ВПО ОрелГТУ. — Заяв. № 2007613936 от. 10/08/2007.
9. **Polandov Ju. H., Barg M. A., Babankov V. A.** On effectiveness of overflow explosive valve // Proceedings of the 6th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, September 10—14, 2012, Vienna / Austria, 2012.
10. **Бабкин В. С., Бабушок В. И., Михайлова Л. Г.** Влияние термодинамических и кинетических параметров на динамику сгорания газа в сферическом сосуде // Физика горения и взрыва. — 1979. — Т. 15, № 6. — с. 14—20.
11. **Мольков В. В., Некрасов Ю. П.** Динамика сгорания газа в постоянном объеме при наличии истечения // Физика горения и взрыва. — 1981. — Т. 17, № 4. — С. 17—24.

УДК 614.8

Л. В. Сулова, канд. биол. наук, доц. кафедры, Казанский государственный энергетический университет
E-mail: surova58@mail.ru

Современные инновационные методы образования как инструмент улучшения его качества

Раскрываются понятия инновационного образования, интерактивного обучения. Обоснована необходимость активных и интерактивных форм проведения занятий по безопасности жизнедеятельности, а также необходимость развития у студентов навыков самостоятельной работы.

Ключевые слова: инновация, структура инновационного процесса в образовательной среде, самостоятельная работа студентов

L. V. Surova

Modern and Innovative Methods as a Tool to Improve the Quality of Education

The concept of innovative education, online training. Grounded necessity of active and interactive forms of practice on safety of vital activity. Is installed, the need to develop students skills of independent work.

Keywords: innovation, structure of the innovation process in the educational environment, the independent work of the students

Современное образование является сложнейшей формой общественной практики, его место и роль на данном историческом этапе исключительны и уникальны. Сегодня образование оказывается самым масштабным и может быть единственным социальным институтом, через который осуществляется трансляция и воплощение базовых ценностей и целей развития российского общества. В условиях радикального изменения идеологических воззрений, социальных представлений, идеалов именно образование позволяет осуществить адаптацию к новым жизненным формам, поддержать процесс воспроизводства социального опыта, закрепить в общественном сознании и практике новые политические реалии и новые ориентиры развития [1, 2].

Инновационное образование — это развивающееся и развивающееся образование, т. е. способное к саморазвитию и к созданию условий для полноценного развития всех своих участников. Сущность и цель такого образования — действительное развитие способностей человека, освоение им универсальных способов деятельности и мышления.

Как показывает зарубежный опыт, наиболее эффективной моделью университета инновационного типа являются технические университеты. Главной их целью и отличительной особенностью является формирование у студентов "особой компетенции" — способности эффективно применять знания и умения на практике при создании новой конкурентоспособной продукции. Причем эти умения должны формироваться как в самом учебном процессе, так и в процессе самостоятельной практической деятельности (студенческие учебно-научно-инновационные комплексы, научные инновационные лаборатории). Можно привести ряд примеров успешной трансформации технических университетов США, европейских и других стран в инновационные.

Необходимость внесения инновационных изменений в профессиональную подготовку студентов обусловлена тем, что сегодня от будущих руководителей и работников требуются не только глубокие знания, но и умение в быстроменяющейся ситуации приобретать новые знания и использовать их для проектирования собственной деятельности и деятельности подчиненных. Все это

диктует необходимость поиска наиболее эффективных форм, методов и технологий обучения.

В последние десятилетия в теории и практике высшего профессионального образования все больше внимания уделяется активным и интерактивным формам, методам и технологиям обучения, которые могут стать эффективным средством подготовки студентов. С введением ФГОС инновационные формы обучения должны составлять около половины часов аудиторных занятий.

Не секрет, что эффективность образовательного процесса во многом определяется методикой преподавания. Широкое использование унифицированных методов и переход на исключительно письменный контроль усвоения студентами предметов изучения формально снижает роль преподавателя в непосредственном процессе обучения. Между тем, уровень подготовки и эффективность обучения находятся в прямой зависимости от взаимодействия звена преподаватель — студент.

В учебном процессе обе стороны должны играть творческую роль. Важно избегать так называемого трафаретного обучения, когда обучение студентов направлено на решение определенного типа задач, при этом отдается предпочтение не развитию экономического мышления студентов, а числу рассмотренных ими задач.

Студент должен научиться разбираться не только в смоделированных, но и реальных экономических процессах. Хорошая методика преподавания обеспечивает единство интересов преподавателя и студентов на основе соединения необходимости изучения любой дисциплины с убеждением необходимости в этом.

Методы активного обучения являются одним из наиболее перспективных путей совершенствования профессиональной подготовки специалистов [3, 4]. Эти методы стимулируют познавательную деятельность студентов. Они строятся в основном на диалоге, предполагающем свободный обмен мнениями о путях разрешения той или иной проблемы. Данные методы характеризуются высоким уровнем активности учащихся.

Как известно, существуют несколько форм методов активного обучения: проблемные лекции, конференции по отдельным темам, анализ конкретных ситуаций, деловые игры, кроссворды, игровое проектирование и др. Ни одна из этих форм не может быть признана универсальной, способной заменить другие. Формы учебного процесса находятся во взаимосвязи, взаимообусловленности и логической последовательности. Методика одной формы обучения оказывает существенное влияние на другую. В связи с этим по-прежнему

актуальной остается такая форма устного общения преподавателя с аудиторией с целью передачи научных знаний, как лекционное занятие. Лекция, как форма учебного процесса, имеет ряд отличительных черт, в частности:

- вооружает студентов методологией изучения данной науки;
- дает целостное и логичное освещение основных положений учебной дисциплины;
- лучше и полнее других форм компенсирует устаревание или отсутствие современных учебников и учебных пособий, оперативно знакомит с последними данными экономических наук;
- органично сочетает обучение с воспитанием;
- нацеливает студентов на самостоятельную работу.

Лекционная форма преподавания обладает рядом достоинств:

- наиболее экономичный и эффективный по степени усвоения способ обучения;
- наиболее действенное средство формирования мировоззрения и убеждений;
- средство прямого личного воздействия преподавателя на большую аудиторию.

Однако лекция не свободна и от недостатков, в частности:

- она не может отходить от базовых трудов, учебников, аксиом и истин;
- она обеспечивает лишь самую минимальную обратную связь от студентов к преподавателю;
- чем многочисленнее лекционная аудитория, тем слабее влияние лектора на конкретного обучаемого.

Развитие у студента способности логического мышления и умения творчески применять полученный в процессе обучения комплекс знаний при самостоятельном решении поставленной перед ним задачи — одна из главных целей обучения в вузе.

Сегодня обществом востребованы специалисты, способные самостоятельно и быстро ориентироваться в постоянно меняющихся экономических условиях и информационных потоках, когда помимо знаний важны такие качества личности, как самостоятельность в принятии решений, оперативность и нестандартность действий. Нужны специалисты, способные к непрерывному самообразованию. Поэтому одной из важнейших задач в изучении дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД), становится формирование готовности студентов к самообразованию, что обеспечит их будущий личностный и профессиональный рост.

В результате перехода на новые учебные планы и сокращения часов аудиторных занятий, многие



темы, разделы рабочих программ, изучаемых студентами, оказались без лекционного сопровождения, лабораторных работ и других видов учебных занятий, проводимых с участием преподавателя. В связи с этим становятся актуальными вопросы организации самостоятельной работы студента, контроля не только его знаний, но и собственно процесса самостоятельной работы.

В рамках компетентного подхода образование и обучение стало комплексным, многофакторным. Студентам передаются не только знания и навыки и не всякие знания и навыки, а лишь те, которые нужны для развития необходимых компетенций. Ведется также психологическая подготовка, формируются нужные установки, развиваются определенные личностные качества, нарабатываются конкретные алгоритмы эффективной деятельности. В период обучения у студентов появляется возможность получить необходимые теоретические знания как в рамках аудиторной работы, так и путем самостоятельного изучения учебной, научной, методической литературы, законодательных актов и нормативных документов. Имея достаточное количество времени для самостоятельной подготовки, студенты очной формы обучения изучают периодическую литературу, осваивают новые информационные технологии, участвуют в студенческих научных конференциях, проводят "Круглые столы" и т. д.

К сожалению, в последнее время стала вызывать растущее беспокойство проблема снижения качества довузовской подготовки, отсутствие навыков самостоятельной работы у студентов на фоне резкого сокращения часов аудиторных занятий и отсутствия часов на проведение еженедельных консультаций и индивидуальных занятий. Все это побуждает преподавателей искать пути решения проблемы повышения качества образовательного процесса на основе правильной организации целеустремленной самостоятельной работы студентов и ее качественного методического обеспечения, что, несомненно, будет способствовать развитию творческой активности студентов и профессиональному становлению личности.

Существенное значение имеет правильный выбор материала (темы) для самостоятельного изучения по учебной литературе. Не всякий вопрос студенты могут освоить самостоятельно без обстоятельного объяснения его преподавателем. Изучение некоторых тем по дисциплине вызывает у студентов большие трудности, поэтому не следует отсылать студентов к самостоятельному изучению: эти темы нужно излагать и объяснять самому преподавателю.

К примеру, при освоении дисциплины БЖД вопросы: понятие о вредных и опасных производственных факторах; образование в области безопасности жизнедеятельности; воздух рабочей зоны и другие предлагаются студентам изучить самостоятельно, так как они не вызывают каких-либо затруднений при изучении. Тогда как вопросы: управление охраной труда; технологическое оборудование повышенной опасности; основы электробезопасности должен объяснить сам преподаватель.

Назначение самостоятельной работы — развитие познавательных способностей, инициативы в принятии решения, творческого мышления. Поэтому, подбирая задания, надо свести к минимуму шаблонное их выполнение. Содержание работы, форма ее выполнения должны вызывать интерес у студентов, желание выполнить работу до конца. Самостоятельные работы организуются так, чтобы они вырабатывали навыки и привычку к труду.

Работа с учебной и методической литературой совмещается с другими формами и методами обучения, например: выполнение различного рода практических заданий, лабораторных работ, решение задач. Обязательно проверяется качество усвоения самостоятельно изучаемого материала: ставятся дополнительные контрольные вопросы, обобщается материал, проводится решение различных ситуационных задач, которые связаны с выработкой необходимых компетенций и дальнейшим углублением знаний студентов.

Основные методические инновации связаны сегодня с применением интерактивных методов обучения. Интерактивный означает способность взаимодействовать или находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо (человеком) или чем-либо (например, с компьютером). Следовательно, интерактивное обучение — это прежде всего диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и обучаемого. При использовании интерактивных методов обучаемый становится полноправным участником процесса восприятия, его опыт служит основным источником учебного познания. Интерактивные методики ни в коем случае не заменяют лекционный материал, но способствуют его улучшению и, что особенно важно, формируют мнения, отношения, навыки поведения.

Изменение содержания неизбежно ведет и к смене формы. Классическая форма занятий в виде лекций и семинаров постепенно сменяется интерактивными комплексными занятиями, подразумевающими двустороннее взаимодействие преподавателя со студентами, включение в структуру за-

нения мини- и микро-игр, обсуждений, активный обмен мнениями [5].

Предлагаемый автором новый подход к преподаванию безопасности жизнедеятельности обладает перечисленными ниже особенностями.

- Безопасность жизнедеятельности относительно молодая наука, и ее терминологическая база еще не устоялась. Это не только развивает в студентах креативность и научную эрудицию, но и позволяет им полнее понять суть изучаемого предмета, так как попытка дать собственное определение заставляет рассмотреть определяемый объект во всех возможных ракурсах, контекстах, во всем многообразии внутренних и внешних связей.
- Проблемная ориентация — студенты ориентируются на формирование собственного мнения и своих взглядов на проблемы безопасности.
- Интерактивность — в некоторые лекции должны быть включены мини-игры, иллюстрирующие различные положения безопасности.
- Высокий уровень требований к владению предметом преподавателем. Для успешного выполнения программы дисциплины необходима оперативная перестройка примеров под особенности восприятия аудитории.
- Использование в процессе обучения деловых игр и симуляторов. Метод симуляции профессиональной деятельности заключается в решении студентами задач, сходных с реальными проблемами безопасности в условиях, максимально приближенных к реальности.

Выделим основные правила организации интерактивного обучения дисциплине БЖД.

Во-первых. В работу должны быть вовлечены в той или иной мере все участники занятия. С этой целью полезно использовать технологии, позволяющие включить всех участников в процесс обсуждения. Это достигается с помощью интерактивных досок, интернета и специальной лаборатории.

Во-вторых. Надо позаботиться о психологической подготовке участников. Речь идет о том, что не все пришедшие на занятие психологически готовы к непосредственному включению в те или иные формы обучения. В этой связи полезны разминки, постоянное поощрение студентов за активное участие, предоставление возможности для самореализации студента.

В-третьих. Обучающихся в технологии интерактива не должно быть много. Количество участников и качество обучения могут оказаться в прямой зависимости. Лишь в малых группах возможна продуктивная работа.

В-четвертых. Только при условии соблюдения регламента и процедуры возможна продуктивная работа. Об этом надо договориться в самом начале и постараться не нарушать регламент. Например, все участники должны проявлять терпимость к любой точке зрения, уважать свободу слова каждого, уважать достоинства данного участника.

В-пятых. Необходимо отнестись с вниманием к делению участников семинара на группы. Первоначально его лучше построить на основе добровольности.

Интерактивное обучение — это специальная форма организации познавательной деятельности. Она имеет в виду вполне конкретные и прогнозируемые цели. Одна из таких целей состоит в создании комфортных условий обучения БЖД, при которых обучаемый чувствует свою успешность, свою интеллектуальную состоятельность и это делает продуктивным сам процесс обучения.

Современному обществу нужны творчески мыслящие специалисты, что предполагает творческое освоение современных знаний. Инновационный путь развития общества требует адекватных изменений в сфере образования. Необходим поиск новых подходов, обеспечивающих эффективность обучения, и он невозможен без инновационной деятельности. Если анализировать непосредственно сам инновационный процесс в сфере образования, то можно представить его как обновление и изменение концепций образования, содержания учебных программ, методов и методик, способов обучения и воспитания. Целью инновационного процесса в образовании являются кардинальные изменения сложившихся традиционных элементов образовательной системы или их взаимосвязей и достижение нового качественного состояния системы.

Список литературы

1. **Компетентностный подход.** Управление двухуровневой системой подготовки и качества образования: реферативный бюллетень / Сост. В. И. Байденко. — М.: РГГУ, 2005.
2. **Федорова О. А.** Сущность и перспективы инновационных процессов в образовательной среде // Перспективное развитие науки, техники и технологий: материалы 2-й Межд. научно-практ. конференции в 2-х томах, том 2. — Курск: Изд-во Юго-Зап. гос. ун-та, 2012. — С. 150—153.
3. **Сенашенко В. С., Кузнецов В. А., Кузнецов В. С.** О компетенциях квалификации и компетентности // Высшее образование в России. — 2010. — № 6.
4. **Чертков И. А.** Новые условия требуют новую методику // Энергетика, информатика, инновации — 2011. — Смоленск: РИО ГОУВПО МЭИ (ТУ), 2011.
5. **Сурова Л. В.** Современные методы преподавания БЖД при подготовке бакалавров // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 8 (140). — С. 53—56.



УДК 371.38

А. В. Верескун¹, канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.,
В. Н. Жуков², нач. отдела Департамента гражданской защиты,
А. А. Юдакова¹, мл. науч. сотр.

¹ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

² МЧС России

E-mail: bogdashkina1990@mail.ru

Навстречу II Международным соревнованиям "Школа безопасности"

В статье раскрыты методические и организационные аспекты подготовки и проведения соревнований Всероссийского детско-юношеского общественного движения "Школа безопасности", проанализирован опыт проведения Всероссийских соревнований, рассмотрены предложения по проведению II Международных соревнований летом 2014 г.

Ключевые слова: "Школа безопасности", соревнования, подростки, полевой лагерь, туризм, техника безопасности, подрастающее поколение, формирование культуры безопасности жизнедеятельности, подготовка и проведение соревнований, состязания и конкурсы

A. V. Vereskun, V. N. Jukov, A. A. Udakova

Towards the II International Competitions "School of Safety"

In this article you can find a review of methodological and organizational aspects of arrangement and running of competitions of Russia-wide children and junior social movement "School of safety", analysis of competition running experience of Russia-wide competitions. The second international competitions are planned in the summer 2014.

Keywords: "School of safety", competitions, teenagers, field camp, tourism, safety technique, growing up breed, development of life and safety culture, arrangement and running of competitions, contests

Обеспечение безопасности населения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) — важная проблема человечества с давних времен. Современные технологии, с одной стороны, создают комфортное существование человеку, с другой — инициируют новые угрозы безопасности. Чтобы минимизировать последствия техногенных аварий, катастроф, опасных природных явлений и стихийных бедствий, необходимо иметь навыки действий в этих ситуациях. В случае возникновения ЧС необходимо быть адаптивно мобильным, т. е. готовым к выживанию и активным действиям [1].

Подрастающее поколение — одна из наиболее уязвимых групп населения. Дети и молодежь зачастую недооценивают важность соблюдения техники безопасности и сами провоцируют возникновение экстремальных ситуаций. Подготовка молодежи в области безопасности жизнедеятельности — необходимая мера для обеспечения устойчивого развития общества [2]. Во многих странах мира такой подготовке уделяется важное внимание благодаря

сложившимся еще с конца XIX века традициям обучения подрастающего поколения пожарными-добровольцами. Привитие практических навыков по действиям в ЧС и безопасному поведению, морально-психологическая подготовка составляют комплекс задач по формированию культуры безопасности жизнедеятельности (КБЖ) населения [3].

Один из эффективных способов привития подрастающему поколению навыков безопасного поведения — проведение соревнований "Школа безопасности" различного уровня.

Начиная с 1994 г., в нашей стране организовано и успешно функционирует Всероссийское детско-юношеское общественное движение (ВДЮОД) "Школа безопасности". В основу движения положены лучшие традиции работы с дружинами юных пожарных, юношеского пожарно-спасательного спорта, подросткового туризма, патриотического воспитания и оборонно-спортивной подготовки игр "Зарница" и "Орленок". В частности: обучение подростков оказанию первой помощи, в том числе

и в полевых условиях, использованию средств индивидуальной защиты, применению простейших средств пожаротушения, выживанию и ориентированию на местности.

Эффективной формой взаимодействия команд различных образовательных организаций, муниципальных образований, субъектов и Федеральных округов РФ стала система соревнований "Школа безопасности". Они проводятся на муниципальном, региональном и всероссийском уровнях по единым требованиям и программе с 1995 г. согласно Уставу Всероссийского детско-юношеского общественного движения "Школа безопасности". В России раз в два года проводятся Всероссийские соревнования, в которых принимают участие команды, ставшие победителями в своих Федеральных округах. Они включают в себя проверку теоретических знаний по предмету основы безопасности жизнедеятельности, но основное — это практика. За время проведения соревнований ребята не только состязаются на силу, выносливость, ловкость, но и пробуют себя в роли пожарных и спасателей.

Несмотря на то, что отдельные этапы являются элементами прикладных видов спорта, таких как: спортивное ориентирование, спортивный туризм, пожарно-прикладной спорт, многоборье спасателей — все задания адаптированы для подростков 12—17 лет. Такие виды состязаний, как комбинированное силовое упражнение, прохождение кросса выполняются для проверки физической выносливости. Программа соревнований не ограничена проведением состязательных мероприятий. В зависимости от возможностей, организуются вахты памяти, экскурсии, вечера знакомств, дискотеки и КВН.

Учитывая широкий диапазон конкурсов и культурной программы, можно утверждать, что в ходе соревнований происходит не только подготовка к действиям в условиях ЧС, но и комплексный процесс обучения и воспитания подрастающего поколения в области безопасности жизнедеятельности.

В рамках подготовки ко II Международным соревнованиям "Школа безопасности" проанализированы итоги I Международных соревнований, успешно проведенных с 15 по 22 августа 2012 г. в г. Звенигород на базе пансионата МЧС России "Солнечный" и Всероссийских соревнований "Школа безопасности", проведенных в июле-августе 2013 г. в Вологодской области (Вытегорский район, учебный центр (УЦ) "Вытегра" МЧС России). Также были проанализированы итоги сорев-

нований "Школа безопасности", проведенных в 2011 г. в Мордовии (г. Саранск) на базе экспериментального учебного городка (ЭУГ).

В организации и проведении перечисленных выше соревнований активное участие приняли специалисты МЧС России. В I Международных соревнованиях участвовали команды из 11 государств: Азербайджана, Беларуси, Болгарии, Казахстана, Латвии, Литвы, Молдовы, Польши, России, Украины, Эстонии. Команды из разных стран с разным уровнем подготовки объединяло желание научиться преодолевать сложные испытания и познакомиться с другими участниками. В ходе интервью с участниками команд выяснилось, что в некоторых странах есть движения, аналогичные "Школе безопасности" (Беларусь и Украина). Тем не менее, их система подготовки участников отличается от российской. В ней учтены специфика стран и региональные особенности.

Проведенный анализ показал, что система подготовки в большинстве стран основана на пожарной тематике и участии молодежи в пожарно-прикладном спорте, что отмечали члены иностранных команд на совещании руководителей.

Показательно, что в Молдове работа с детьми в области безопасности сосредоточена на базе Кишиневской пожарно-технической выставки, где собираются дети со всей Республики.

Почти в каждом городе Польши функционируют Молодежные пожарные ассоциации.

В Германии работа с детьми проводится на базе пожарных станций. Юноши и девушки в возрасте от 12 до 18 лет вступают в детские пожарные организации, где акцент делается на пожарно-прикладной спорт [1].

В Великобритании отмечается преобладание разъяснительной работы среди детей, а также деятельности, направленной на создание положительного имиджа спасательных служб [1].

В Японии акцент направлен на работу с населением в целом, в формате уличных показательных выступлений с демонстрацией техники и приемов спасения [1].

Чешская молодежь вступает в организации, которые функционируют в рамках Ассоциации добровольных пожарных. Место, где базируется команда, называется "Сбор добровольных пожарных", который существует за счет помощи и поддержки государства и спонсоров. Родители многих подростков, всерьез занимающихся пожарным делом, сами являются добровольными пожарными и тоже активно поддерживают своих детей.



По результатам обучения и соревнований ребята получают знаки отличия. Подготовке в области ведения спасательных работ уделяется меньшее внимание [1].

Анализ опыта проведения Всероссийских соревнований (УЦ "Вытегра", Вытегорский район, 2013; Мордовия, г. Саранск, 2011) показал, что подавляющее большинство российских команд представляет собой не клубы юных пожарных-спасателей, а подростковые туристские объединения. Это объясняет, почему российские участники уверенно чувствуют себя, в отличие от большинства зарубежных "коллег", на воде и на местности, хорошо знакомы с различными способами преодоления препятствий при помощи туристского снаряжения, готовы к водным переправам и жизни в палатках.

Помощь в организации проведения соревнований всероссийского уровня оказывается командам в зависимости от региона проживания участников. В большинстве случаев главенствующую роль берут на себя территориальные органы МЧС России, обеспечивая участников снаряжением и транспортом, оказывая непосредственно консультационную помощь в приобретении подростками практических навыков работы со спасательным оборудованием [4]. Многие задачи выполняют образовательные учреждения, на базе которых создается команда. Встречаются и ситуации, когда для участия в соревнованиях высокого уровня оказывается спонсорская поддержка и поддержка родителей, так как и органы местного самоуправления, и родители заинтересованы в получении детьми положительного социального опыта.

Мотивация к борьбе за победу у российских участников соревнований высока — призовое место на уровне страны достаточно значимо как для самих участников, так и для направившего их региона и тех организаций, которые участвовали в подготовке команды. Юные участники в первую очередь отмечают возможность побывать в новом для себя месте, познакомиться со своими сверстниками из других регионов, оценить свой уровень подготовки.

Проведение беседы и обмен мнениями показал, что далеко не все участники хотят связать свое дальнейшее образование с МЧС России. Как правило, в каждой команде только 2—3 подростка планируют поступление в средние и высшие образовательные организации МЧС России. Для остальных — участие в команде является интересной и содержательной формой досуга, возможностью

приобрести жизненно важные навыки, новых друзей, посетить интересные места и получить яркие впечатления (со слов участников команд различных регионов России).

В силу того, что у всех российских участников есть опыт многодневных турпоходов, для них не было труда оборудовать полевой лагерь и проживать в палатках. И если в лагере ЭУГ в Мордовии участники Всероссийских соревнований "Школа безопасности" проживали в привезенных с собой палатках, то в УЦ "Вытегра" им был предоставлен палаточный городок из стандартных армейских утепленных палаток на 10 человек. Оба варианта при проведении соревнований приемлемы.

Участие в организации и проведении соревнований российского и международного уровня принимают: заинтересованные Федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и другие подразделения.

Перечень требований к подготовке участников, их снаряжению, оценивание этапов судьями регламентируются Положением об организации и условиях проведения соревнований "Школа безопасности, утвержденным зам. министра РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Опыт проведения соревнований различного уровня показал необходимость более насыщенного планирования культурной программы и системы досуговых мероприятий для команд-участников. Помимо официальных этапов творческих конкурсов "Визитка" (представление команды) и "Газета" (стенгазета о жизни команды), целесообразно проведение тематических мероприятий развлекательно-познавательного характера. Они не потребуют затрат времени на подготовку у команд, но продолжат погружение подростков в познание пожарно-спасательного дела, его героики и истории.

Сравнивая общую организацию быта участников, следует отметить, что палаточное размещение участников дает им возможность более близко приобщиться к походным условиям. Проживая в палатках, подростки принимают участие в конкурсе "Организация быта в полевых условиях" и данная деятельность требует от них немало сил и времени. При этом, организационный подход может быть различным.

Так, например, в Мордовии, проживая в палатках, участники в целях безопасности разводили

костер за пределами жилой зоны в специально отведенном месте (лагерь был разбит в живописном сосновом лесу). В УЦ "Вытегра" лагерь располагался на открытом пространстве, командная территория была значительно больше по площади, и каждый участок был оснащен первичными средствами пожаротушения. Была произведена централизованная заготовка качественных дров, которые выдавались командам, пищу участники готовили самостоятельно. Продукты юные участники получали ежедневно от организаторов соревнований. Медицинскими работниками постоянно осуществлялся контроль за качеством продуктов питания.

Важный аспект организации и проведения любых детско-юношеских соревнований — обеспечение безопасности жизни и здоровья участников, что неукоснительно соблюдается на всех этапах "Школы безопасности". Опыт УЦ "Вытегра" по медицинскому обеспечению Всероссийских соревнований 2013 г. заслуживает высокой оценки. За здоровьем и безопасностью участников наблюдали квалифицированные медики, которые неоднократно обеспечивали проведение таких мероприятий. В полевом лагере постоянно находился реанимобиль, оснащенный по последнему слову техники. Его экипаж дежурил на самых сложных и опасных этапах соревнований. Непосредственно в полевом лагере круглосуточно дежурили военфельдшер 346 спасательного центра МЧС России и медбрат. В их задачи входили: санитарные проверки, контроль гигиены на территории лагеря, отслеживание доставки питьевой воды для детей.

Очень важным в процессе проведения соревнований была работа психологов. Работали с ребятами сотрудники Центра экстренной психологической помощи, которые легко находили общий язык с подростками и помогали им справляться с моральными трудностями. Несмотря на то, что по объективной оценке всех специалистов настроение в подростковом лагере царил приподнятое и бодрое, условия соревнований требуют от всех высокой мобилизации душевных и физических сил. Так что ненавязчивая и квалифицированная психологическая поддержка была вполне своевременна.

Необходимо отметить, что проблем, характерных в целом для подростковой среды, в том числе и элементов межнациональной розни, не наблюдалось ни разу. Это еще раз доказывает эффективность социализации, которая осуществляется в процессе занятости подростков полезным и интересным делом. В интервью участники неоднократно

отмечали, что ребята из других команд воспринимаются как соперники исключительно в момент прохождения дистанции, в остальное время всех находящихся в полевом лагере связывают дружеские отношения. С учетом того, что подавляющее большинство ребят являются успешными спортсменами-туристами, им в принципе чужды проявления нарушения дисциплины.

Анализ результатов проведения международных и всероссийских соревнований "Школа безопасности" наглядно показал необходимость продолжения этой деятельности, как важнейшей составляющей в формировании личности безопасного типа, популяризации профессий пожарного и спасателя, укреплении международных отношений и обмена опытом между юными пожарными и спасателями из разных стран.

Учитывая весь спектр положительных и отрицательных моментов, МЧС России во взаимодействии с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти ведет активную работу по организации II Международных соревнований "Школа безопасности".

Основными целями соревнований станут:

- объединение усилий и развитие международного сотрудничества между молодежными организациями юных пожарных и спасателей разных стран;
- привлечение внимания государственных институтов и общественных организаций к вопросам формирования культуры безопасности жизнедеятельности подрастающего поколения, обучения навыкам правильного поведения в экстремальных условиях;
- формирование готовности подрастающего поколения к действиям в экстремальных и чрезвычайных ситуациях.

Проведение соревнований планируется в июле 2014 г. на базе 179 спасательного центра МЧС России, обладающего хорошей материально-технической базой для проведения мероприятия такого масштаба.

Появились и новые идеи, реализация которых повысит престиж проведения подобных мероприятий. Так, помимо обязательных состязаний и конкурсов планируется проведение множества дополнительных мероприятий.

Для привлечения интереса участников планируется проведение показательных выступлений спасателей, кинологов, пожарных, водолазов, горных спасателей, курсантов вузов МЧС России с



использованием современных образцов техники и авиации МЧС России.

Возможно параллельное проведение всероссийских полевых лагерей "Юный спасатель", "Юный пожарный", "Юный водник".

Совместно с Министерством образования и науки РФ планируется проведение Всероссийского этапа олимпиады по ОБЖ.

В период соревнований планируется работа научно-исследовательской группы, включающей специалистов научно-исследовательских организаций МЧС России. Целью ее деятельности в первую очередь станет исследование возможности внедрения новых форм и методов работы с подрастающим поколением в рамках обмена опытом между зарубежными странами и, разумеется, анализ всех этапов проведения соревнований.

Реализация этих идей повысит международный статус Российской Федерации как государства, одним из приоритетов которого является формирование у подрастающего поколения сознательного и ответственного отношения к вопросам личной и общественной безопасности, получение ими практи-

ческих навыков и умений поведения в экстремальных ситуациях, популяризация здорового образа жизни, патриотического воспитания, совершенствования морально-психологического состояния и физического развития детей.

Список литературы

1. **Дополнительное образование** детей и подростков: Монография / В. П. Голованов, Л. Н. Буйлова, И. И. Троицкая и др.; Под общей ред. Н. В. Лалетина. — Красноярск, Сиб. фед. ун-т, Красноярский гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. — 2013. — 176 с.
2. **Аюбов Э. Н., Верескун А. В., Прищепов Д. З.** Культура безопасности жизнедеятельности (на основе результатов научно-исследовательской деятельности) // Основы безопасности жизнедеятельности. — 2011. — № 9. — С. 4—7.
3. **Тараканов А. Ю., Норсеева М. Е.** О подходах к формированию культуры безопасности жизнедеятельности // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 5. — С. 52—55.
4. **Аюбов Э. Н., Верескун А. В., Прищепов Д. З.** Роль МЧС России в формировании культуры безопасности жизнедеятельности // ВНИИ ГОЧС: вчера сегодня, завтра. 35 лет на службе безопасности жизнедеятельности. Научные статьи. Книга 3. — М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. — С. 190.

Внимание!

Доводим до сведения подписчиков и авторов

Со второго полугодия 2014 года журнал "Безопасность жизнедеятельности" будет выходить без Приложения.

При этом объем журнала увеличится с 56 до 72 стр.

Основные причины такого изменения политики редакции:

- необходимость ускорения публикации поступающих в редакцию статей;
- отсутствие "ВАКовского" статуса у материалов, публикуемых в Приложениях.

Редакция предполагает сохранить в виде самостоятельных рубрик некоторые направления, по которым выпускались Приложения, например, "Представляем организацию" (вуз, кафедру и т. д.).

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

Журнал выходит при содействии Учебно-методического совета "Техносферная безопасность" Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию и Научно-методического совета "Безопасность жизнедеятельности" Министерства образования и науки Российской Федерации

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*

Сдано в набор 03.03.14. Подписано в печать 10.04.14. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ514.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.