



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

5(173)
2015

Редакционный совет:

БАЛЫХИН Г. А., д.э.н., проф.
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., акад. РАН,
д.м.н., проф.
ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,
д.т.н., проф.
ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,
д.м.н., проф.
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.
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
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.
ЛУЩИ 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.
ПАЛЯ Я. А., д.с.-х.н., проф.
(Польша)
ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
СИМАНКИН А. Ф., к.т.н., доц.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.
ЦЗЯН МИНЦЗЮНЬ, д.т.н., проф.
(Китай)
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Зинкин В. Н., Шешегов П. М., Чистов С. Д.** Влияние особенностей производственного шума и инфразвука на заболеваемость и систему профилактических мероприятий 3
- Михайлов В. А., Сотникова Е. В.** Обеспечение акустической безопасности систем защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса. 12
- Буренко Л. А., Казакова В. А., Ивлева И. Б.** Обеспечение безопасности при постановке сельскохозяйственной техники на хранение 20
- Кириллов В. Ф.** Об эффективности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания. 24

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Глухов С. В., Глухов А. В.** Применение программного комплекса "Баязет" для составления деклараций промышленной безопасности на базе разработанной концепции расчета и построения полей рисков на точечных и линейных объектах 29
- Глебова Е. В., Волохина А. Т., Гуськов М. А.** Снижение масштабов последствий аварий на объектах магистрального транспорта газа 35
- Волосенко К. И.** Эффективность звукопоглощающего материала, расположенного с откосом от жесткой стенки. 40
- Комкин А. И., Воробьева Л. С., Львов В. А., Теленков А. И.** Сопротивление продуванию волокнистых звукопоглощающих материалов. 45

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Двуреченский В. Г., Филонова Е. Н.** Тяжелые металлы в растительном покрове, деградирующем в результате воздействия горно-перерабатывающего предприятия. 49

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Шархун С. В., Брюхов Е. Н.** Своевременное начало эвакуации при пожаре как основа ее эффективности 54

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Капитонова Т. А., Стручкова Г. П.** Природные и техногенные источники опасности на территории Республики Саха (Якутия) 58

ОБРАЗОВАНИЕ

- Тимофеева С. С., Тимофеев С. С.** Инновационные методы подготовки специалистов по направлению "Техносферная безопасность". 63
- Карлов Г. П., Корнев В. М., Харин В. Ф., Жуков А. А., Ониско В. Н., Капустин И. Д.** Интегрированный подход при реализации программ дополнительного профессионального образования в области комплексной безопасности образовательных организаций 67

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' ŽIZNEDATEL'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., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
FEDOROV M. P., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
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.)
KACHURIN N. M., 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. (Phys.-Math.)
PALJA Ja. A. (Poland), Dr. Sci.
(Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
SIMANKIN A. F., Cand. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)
JIANG MINGJUN (China), Prof.
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

5(173)
2015

CONTENTS

LABOUR PROTECTION AND POPULATION HEALTH

- Zinkin V. N., Sheshegoff P. M., Chistov C. D.** The Influence of Industrial Noise and Infrasound on the Incidence and the System of Preventive Measures 3
- Mikhailov V. A., Sotnikova E. V.** Providing Acoustic Safety Systems for the Protection of the Air Environment of the Objects of the Transport Complex 12
- Burenko L. A., Kazakova V. A., Ivleva I. B.** Safety at Statement of Agricultural Machinery on Storage 20
- Kirillov V. F.** The Effectiveness of Filtering Personal Respiratory Protective Equipment 24

INDUSTRIAL SAFETY

- Glukhov S. V., Glukhov A. V.** Application of Software System "Bayazet" for Formation of Industrial Safety Declarations Based on Developed Conception of Calculation and Plotting Risk Fields on Point and Line Objects 29
- Glebova E. V., Volohina A. T., Guskov M. A.** Reduce the Scale of Incident Consequences on Gas Transport Facilities 35
- Volosenko K. I.** The Efficiency of the Sound Absorption of a Porous Layer with a Cavity Behind 40
- Komkin A. I., Vorobyeva L. S., Lvov V. A., Telenkov A. I.** The Airflow Resistivity of Fiber Sound-Absorbing Materials 45

ECOLOGICAL SAFETY

- Dvurechensky V. G., Filonova E. N.** Heavy Metals in Vegetation Cover, Degrading as a Result of Exposure to Mining and Processing Enterprise 49

FIRE SAFETY

- Sharhun S. V., Bryukov E. N.** Early Evacuation in Case of Fire as the Basis of its Effectiveness 54

REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

- Kapitonova T. A., Struchkova G. P.** Natural and Man-Made Hazards in the Republic of Sakha (Yakutia) 58

EDUCATION

- Timofeeva S. S., Timofeev S. S.** Innovative Methods of Training Specialists Majoring "Technosphere Safety". 63
- Karlov G. P., Kornev V. M., Kharin V. F., Zhukov A. A., Onisko V. N., Kapustin I. D.** Integrated Approach in the Implementation of Programs of Additional Professional Education in the Field of Integrated Security Educational Organizations 67

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

УДК 331.451:613.644:628.517

*Светлой памяти доктора медицинских наук
Дмитрия Всеволодовича ГУСАРОВА (1937—2014) —
видного ученого в области медико-биологических
исследований шума и инфразвука*

В. Н. Зинкин, д-р мед. наук, проф., ст. науч. сотр., e-mail: zinkin-vn@yandex.ru,

П. М. Шешегов, канд. мед. наук, ст. науч. сотр.,

С. Д. Чистов, канд. мед. наук, нач. лаборатории, Научно-исследовательский
испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики)
ЦНИИ ВВС Минобороны России, Москва

Влияние особенностей производственного шума и инфразвука на заболеваемость и систему профилактических мероприятий

Показаны особенности производственного шума и инфразвука, к которым можно отнести широкую распространенность их на промышленных объектах, высокий удельный вес промышленных предприятий, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по уровню шума; увеличение в спектре шумов доли низкочастотных и инфразвуковых частот; загрязнение окружающей среды. Дана характеристика профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний при действии производственного шума и инфразвука. Шум способствует развитию нейросенсорной тугоухости, повышению артериального давления, астеновегетативным расстройствам. Клиническая картина действия инфразвука более многообразная: нейросенсорная тугоухость, вестибулопатия, вегетативные и сосудистые нарушения, заболевания органов дыхания и др. Показаны особенности патологии при одновременном действии шума и инфразвука. Сформулированы основные направления профилактики неблагоприятного действия шума и инфразвука: специальная оценка условий труда, профилактические медицинские осмотры, организационно-технические мероприятия, средства индивидуальной защиты, защита окружающей среды от акустического загрязнения промышленного происхождения.

Ключевые слова: шум, инфразвук, вредный фактор, сочетания, заболеваемость, профилактика, средства индивидуальной защиты, экология

Введение

Происходящие в последние годы изменения в хозяйственном комплексе страны, нестабильность производства и финансирования, отсутствие экономической заинтересованности у работодателей в сокращении профессиональных заболеваний (ПЗ) и производственного травматизма, укреплении здоровья работников способствовали сохранению неудовлетворительного состояния условий труда в РФ. На протяжении двух последних десятилетий наблюдается рост доли работников, занятых во вредных и опасных условиях труда во всех видах экономической деятельности. При добыче полезных ископаемых эта доля составляет 42,5 %, в производстве и распределении электроэнергии 32,9 %, в обрабатывающих производствах 29,6 %, на транспорте 34,0 %. Численность работников, за-

нятых во вредных и опасных условиях труда, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, составила 32,8 % от общего числа работающих в промышленности [1].

Производственный шум и инфразвук (ИЗ) входят в перечень вредных факторов, длительное действие которых приводит к развитию ПЗ и производственно обусловленных заболеваний (ПОЗ) и может стать причиной снижения профессиональных качеств работающих вплоть до инвалидизации.

Проводимые мероприятия по борьбе с шумом не приводят к снижению заболеваемости, поэтому уровень экономических потерь от шума продолжает оставаться на высоком уровне. Такая ситуация требует постоянного контроля за профилактикой вредного действия шума и ее совершенствованием.



Особенности современного производственного шума

Производственный шум, создаваемый при эксплуатации техники и транспортных средств, работе современного производственного оборудования, представляет собой акустические колебания в широком частотном спектре от инфразвукового до ультразвукового диапазона.

В настоящее время удельный вес промышленных предприятий, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по уровню шума, составляет 31,3 %. Доля рабочих мест, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по шуму, в 2013 г. составила 17,2 %. Наиболее неблагоприятная обстановка по шуму в горнодобывающей промышленности, тяжелом машиностроении, черной металлургии, деревообрабатывающей, строительной, химической и полиграфической промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте [1].

Удельный вес рабочих мест промышленных предприятий, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям по шуму, составляет 24,63 %. На предприятиях, занятых добычей металлических руд, каменного угля, бурого угля и торфа, отмечалось превышение предельно допустимого уровня (ПДУ) шума и вибрации от 51,3 до 55,5 %; в металлургическом производстве — соответственно 61,4 и 46,8 %. Уровни звука, генерируемые производственным оборудованием, достигают 92...95 дБА и более, а уровень шума от специализированных транспортных средств, применяемых в данных отраслях, достигает 87 дБА (при норме 80 дБА).

Главными причинами превышения уровней звука на рабочих местах являются несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки технологического оборудования, их физический износ и невыполнение плановых ремонтов, недостаточная ответственность работодателей и руководителей производств за состояние условий и охраны труда.

Прослеживается четкая тенденция увеличения вклада низкочастотных и инфразвуковых составляющих в спектре производственного шума. Результаты акустических измерений показывают, что если уровни воздушного шума составляют около 90...100 дБА, то можно ожидать присутствие инфразвука (ИЗ) с уровнем звукового давления 100...107 дБ [2—4]. Данные о техногенных источниках низкочастотного шума и ИЗ представлены в табл. 1.

К наиболее неблагоприятным акустическим параметрам относят высокий уровень звука (выше 100 дБА) и его колебание во времени (непостоянный и импульсный шум), длительное и непрерыв-

Таблица 1

Источники низкочастотных и инфразвуковых колебаний на промышленных объектах

Источник	Уровни звукового давления, дБ	Максимум энергетического спектра, Гц
Автотранспорт	93...120	4...31,5
Железнодорожный транспорт	92...127	8...50
Грузовые речные и морские суда	110...130	8...45
Суда на подводных крыльях и воздушной подушке	100...130	6...10
Турбореактивные самолеты	105...135	16...125
Поршневые самолеты	95...110	50...250
Вертолеты	100...120	8...45
Металлургическая промышленность	95...108	8...31,5
Газовая и нефтяная промышленность	92...123	8...63
Авиационная промышленность	90...132	10...150
Горнодобывающая и строительная промышленность	98...123	10...45

ное действие в течение рабочей смены, большой стаж работы с шумом, преобладание в спектре высоких частот (2000...6000 Гц) и наличие ИЗ. Показано, что сочетание ряда перечисленных параметров сопровождается синергизмом, суммированием и потенцированием [5, 6].

Экологические аспекты воздействия производственного шума на окружающую природную среду все чаще становятся пристальным объектом научных исследований. Этому способствуют расширение сети автомагистралей, увеличение грузовых и пассажирских перевозок авиационным транспортом, высокие скорости полетов самолетов (звуковой удар), близкое расположение аэропортов и военных объектов к населенным пунктам, расширение сети газо- и нефтепроводов, наличие в спектре шумов перечисленных источников шума высоких уровней звука, низких частот и ИЗ.

Все чаще производственный шум становится причиной социального напряжения населения, проживающего вблизи промышленных объектов. Влияние шумового загрязнения на фауну при многих экологически опасных видах производственной деятельности, изучено недостаточно. Во многом именно этим объясняется отсутствие федеральных экологических нормативов и стандартов допустимого акустического загрязнения окружающей среды [7].

На основании вышеизложенного к современным особенностям производственного шума можно отнести:

- широкую распространенность шума на промышленных объектах;
- достаточно высокий удельный вес промышленных предприятий, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по уровню шума;
- увеличение в спектре шумов доли низкочастотных и инфразвуковых частот;
- сочетанное воздействие высокоинтенсивного шума и ИЗ;
- акустическое загрязнение окружающей среды.

Заболеваемость, обусловленная воздействием производственного шума и инфразвука

Длительная работа во вредных условиях труда оказывает неблагоприятное действие на организм работников и приводит к увеличению уровня общей заболеваемости с временной утратой трудоспособности, формированию профессиональных и производственно обусловленных заболеваний. Это подтверждается статистическими исследованиями. Заболевания, связанные с воздействием физических факторов в зависимости от классов условий труда, распределились следующим образом: класс 1 — оптимальный — не зарегистрировано; класс 2 — допустимый — 1,1 %; класс 3.1 — вредный — 17,2 %; 3.2 — вредный — 46,2 %; 3.3 — вредный — 24,7 %; 3.4 — вредный — 7,0 %; класс 4 — опасный — 3,7 % [8].

Производственный шум и заболеваемость. В клинической картине действия шума выделяют специфические слуховые (ауральные) и неспецифические внеслуховые (экстраауральные) эффекты.

В соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 27.04.2012 г. № 417н к профессиональным заболеваниям, обусловленным воздействием производственного шума, относят шумовые эффекты внутреннего уха и нейросенсорную тугоухость (НСТ) двустороннюю. Принято считать, что действие производственного шума, параметры которого превышают ПДУ на протяжении нескольких лет, приводит к постепенному развитию профессиональной НСТ. Длительность развития заболевания органа слуха до появления клинических симптомов составляет не менее 5 лет. Вероятность развития нарушения слуха зависит от уровня шума и длительности стажа работы с шумом. Высокочастотный шум носит более повреждающий характер, чем низкочастотный, и НСТ прогрессирует быстрее, если шум носит импульсный, неравномерный и неритмичный характер. Потенцируют негативное действие шума вибрация и высокая степень психоэмоционального напряжения.

Для диагностики нарушения слуха ведущее место занимает клиническая аудиометрия, которая позволяет выявить негативные шумовые эффекты еще на доклиническом этапе. Наиболее типичными жалобами при воздействии производственного шума являются головная боль, шум в голове и в ушах, раздражительность, нарушение сна. Постепенно работники начинают предъявлять жалобы на снижение остроты слуха. К особенностям клинических проявлений НСТ относятся: медленное и прогрессирующее течение процесса, двустороннее симметричное снижение тонального слуха по воздушной и костной проводимости, преимущественное повышение порогов слуха в области высоких частот.

Профессиональная НСТ занимает ведущее место в структуре ПЗ работников различных профессий РФ, причем доля НСТ имеет тенденцию к нарастанию: от 12,5 % в 2003 г. до 28 % в 2011 г. Еще выше удельный вес НСТ среди ПЗ, вызванных физическими факторами (шум, вибрация, ионизирующие излучения и пр.): в 2008 г. 49 %, в 2009 г. 52,25 %, в 2010 г. 56,41 %, в 2011 г. 58,98 %, в 2013 г. 59,25 % [1, 9].

К неспецифическим эффектам хронического воздействия шума относят изменения в центральной нервной, вегетативной нервной и сердечно-сосудистой системах, снижение общей резистентности организма и др. В настоящее время такого рода заболевания, доминирующие у работающих с вредными факторами, относят к ПОЗ.

Среди соматических эффектов шума ведущая роль принадлежит влиянию шума на тонус сосудов, что приводит к колебаниям артериального давления с последующим развитием нейроциркуляторной дистонии и гипертонической болезни. Нарушение тонуса сосудов микроциркуляторного русла проявляется спастическим и спастико-атоническим состоянием мелких сосудов в различных органах и тканях. Расстройство баланса процессов торможения — возбуждения в центральной нервной системе на фоне гипоксии за счет нарушения микроциркуляции приводит к развитию астеновегетативных нарушений.

Вестибулярные эффекты акустического шума большой интенсивности обусловлены тесной связью слухового и вестибулярного органов. В результате этого шум с уровнем звукового давления (УЗД) более 140 дБ вызывает дезориентацию, головокружение, тошноту и нарушение равновесия.

К психологическим эффектам шума относят раздражение, испуг, снижение работоспособности и хронический стресс. При длительном (хроническом) воздействии шума, превышающего ПДУ, высок риск развития психосоматической патологии.



Производственный инфразвук и заболеваемость. Клинические проявления ИЗ на организм характеризуются менее выраженным неблагоприятным влиянием на слуховой анализатор и большей выраженностью экстраауральных эффектов, чем воздействие шума.

В соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 27.04.2012 г. № 417н к ПЗ, связанных с действием ИЗ, относят НСТ двустороннюю, вестибулярный синдром и выраженные расстройства вегетативной (автономной) нервной системы.

Считается, что акустические колебания инфразвукового диапазона человек не способен воспринимать (слышать) как тональный сигнал. В то же время установлено, что ИЗ вызывает у людей ощущение мягкой пульсации и давления в среднем ухе, щекотания и массажа барабанной перепонки. Действие ИЗ при УЗД свыше 150 дБ сопровождалось появлением у испытуемых болевых ощущений в области наружного и среднего уха. Боль следует рассматривать в качестве критерия предела механической выносливости анатомических структур уха.

Исследования лиц, длительно подвергавшихся в условиях производства влиянию ИЗ при УЗД от 100 до 130 дБ, показали наличие у некоторых из них анатомических изменений барабанной перепонки, появление постоянного смещения порога слышимости. Низкочастотный шум вызывает ухудшение слуха преимущественно в диапазоне низких и средних частот. Клиническая картина профессиональной НСТ инфразвукового генеза требует дальнейшего изучения.

Вестибулярный синдром (вестибулярный симптомокомплекс) — представляет сочетание неврологических, соматических и вегетативных расстройств, наступающих при поражении различных отделов вестибулярного анализатора. Наиболее характерное его проявление — головокружение, обычно в виде ощущения вращения окружающих предметов или собственного тела. Этому часто сопутствуют тошнота, рвота, нарушение координации движений, спонтанный нистагм.

Начальные симптомы вестибулярного синдрома проявляются в ухудшении субъективного состояния человека. Прогрессирование болезни приводит к двигательным нарушениям, что создает серьезные трудности выполнения профессиональной деятельности, требующей быстрых и точных движений и перемещений тела в пространстве и работы на высоте, поэтому в ряде случаев необходимо принимать решение о прекращении работы.

Расстройства вегетативной нервной системы характеризуются наличием разнообразных жалоб, что указывает на формирование нарушений в центральной нервной системе (ЦНС). Появление же

на следующих этапах эмоциональных нарушений (снижение настроения, раздражительность и др.) и вовлечение в процесс вегетативной нервной системы (повышенная потливость, акроцианоз, лабильность частоты сердечных сокращений и артериального давления и др.) указывает на наличие одного из синдромов: астенического, астеновегетативного, астенодепрессивного, неврастенического и вегетососудистого.

Расстройства вегетативной нервной системы могут предшествовать патологии органа слуха. Этап вегетативных нарушений может продолжаться в течение нескольких лет с последующим формированием таких нозологических форм, как гипертоническая болезнь и/или дисциркуляторная энцефалопатия.

К производственно обусловленным заболеваниями при воздействии ИЗ можно отнести болезни органов дыхания (в виде хронического бронхита и эмфиземы легких), глаз и кожи, что можно объяснить прямым воздействием ИЗ на органы и ткани человека [4, 6, 10].

Сочетанное действие шума и инфразвука в производственных условиях характеризуется синергетическим эффектом в отношении слухового анализатора и других органов. Длительная экспозиция шума и ИЗ приводит к нарушению костного и воздушного звукопроведения в одинаковой степени по всему диапазону частот. Первые клинические признаки нарушения слуха по данным тональной пороговой аудиометрии появляются через два года экспозиции шума и ИЗ [4—6]. Вероятность развития профессиональной НСТ при сочетании действия шума и ИЗ выше, чем при изолированном действии широкополосного шума при стаже работы свыше 15 лет. При продолжительности работы 5...10 лет она практически соответствует оценкам стандарта ISO 1999:1990 [6].

Клиническая картина экстраауральных эффектов сочетанного действия шума и ИЗ характеризуется многообразием симптомокомплексов в виде смешанной вестибулопатии, функциональных нарушений вегетативной и центральной нервной системы, заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы, т. е. развитием заболеваний, характерных как для действия шума, так и для ИЗ.

Правильность оформления документации. Для установления причинно-следственной связи ПЗ с условиями труда важное место занимает правильность оформления документации, в которой должен быть проведен анализ профессионального маршрута по данным копии трудовой книжки, санитарно-гигиенической характеристики условий труда с указанием спектральной характеристики и эквивалентных уровней производственного шума

и ИЗ, амбулаторной карты с указанием перенесенных заболеваний и результатов исследования врачей специалистов при профилактических медицинских осмотрах.

Акустическое загрязнение окружающей среды и заболеваемость. В последние годы отмечается увеличение количества и мощности антропогенных источников шума и ИЗ в местах компактного проживания населения. Это обусловлено активной жилой застройкой с нарушением санитарных норм вблизи крупных производственных объектов, развитием и широким использованием в повседневной жизни наземного, воздушного и водного транспорта. В РФ более 30 млн человек проживает в условиях повышенного шумового воздействия. Повышенный шум входит в "тройку" экологических факторов окружающей среды, влияющих на заболеваемость: загрязнение атмосферного воздуха, акустическое загрязнение, загрязнение воды [11].

Жители территорий, где наблюдается высокий уровень шума от самолетов, склонны к заболеваниям сердечно-сосудистой системы. Такие выводы сделали ученые, изучившие данные более чем 3,5 млн человек, проживающих в районе аэропорта Хитроу в Лондоне. Риск заболеваемости при наличии шума самолетов увеличивается на 10...20 % по сравнению со средними показателями. Люди, проживающие возле аэропорта, чаще других попадали в больницу или умирали от сердечно-сосудистых заболеваний. По мнению ученых, все это происходит из-за того, что сильный шум самолетов увеличивает артериальное давление.

Близкие результаты получены в нашей стране. Население, проживающее на расстоянии до 2 км от аэропортов, получает суточную дозу шума, в 3 раза превосходящую ПДУ. В структуре причин смертности на таких территориях преобладают сердечно-сосудистые заболевания (62,7 %), злокачественные новообразования (15 %), травмы и отравления (14 %). Темп прироста смертности составляет для сердечно-сосудистых заболеваний 2,4 %, для злокачественных новообразований 9,1 %. Показатель общей смертности в 1,3 раза выше, чем в условно чистой зоне [12—15].

Известно, что при равных уровнях авиационный шум вызывает чувство раздражения у гораздо большего числа обследуемых по сравнению с шумом от автомобильного и железнодорожного транспорта. Наличие низкочастотной и инфразвуковой составляющей в промышленных и транспортных шумах способствует распространению шума на большую территорию жилых построек и к тому же оказывает неблагоприятное действие на психоэмоциональное состояние населения [16].

При внедрении ветряных электрогенераторов разработчики столкнулась с проблемой отказа населения приобретать жилье рядом с этими источниками электроэнергии. Причиной этого является развитие у лиц, проживающих в радиусе до 2 км от ветроэлектрических установок, заболевания, описанного в зарубежной литературе как "синдром ветряных генераторов" (*wind turbine syndrome, WTS*). Люди, страдающие этим заболеванием, предъявляют жалобы на нарушение сна, головную боль, шум в ушах, головокружение, тошноту, тахикардию, раздражительность, проблемы с концентрацией внимания и памятью, вибрацию грудной и брюшной стенок, что может быть причиной необоснованного чувства страха [17].

Система профилактических мероприятий

При борьбе с шумом на производстве важное место занимает система профилактических мероприятий. Она должна представлять комплекс организационно-технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий.

Специальная оценка условий труда. Такая оценка должна проводиться в соответствии с Федеральным законом "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ. Целью его является оценка соответствия условий труда государственным нормативным требованиям охраны труда. Она включает в себя заключение о соответствии условий труда гигиеническим нормативам, состоянии условий труда на рабочем месте, обеспеченности работников специальной одеждой, специальной обувью и другими СИЗ.

В соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 01.06.2009 г. № 290н оценку обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ) следует проводить после гигиенической оценки условий труда и травмоопасности рабочего места путем сопоставления фактически выданных средств с нормами бесплатной выдачи и проверкой соблюдения установленного порядка и правил обеспечения СИЗ (наличие личной карточки учета). Одновременно производится оценка соответствия выданных СИЗ фактическому состоянию условий труда на рабочем месте и проверка наличия сертификата соответствия при условии включения СИЗ в единые перечни продукции, подлежащей обязательной сертификации (Постановление Правительства РФ от 01.12.2009 г. № 982).

Специальной оценке подлежат все рабочие места. Она должна проводиться не реже одного раза в пять лет. Предусмотрено проведение внеплановой оценки. При высоких уровнях шума необ-



ходимо проведение измерения не только в звуковом диапазоне, но и в инфразвуковом.

Профилактические медицинские осмотры. Профилактические медицинские осмотры — контрольные медицинские обследования состояния здоровья работников являются одним из важнейших компонентов первичной профилактики ПЗ и ПОЗ. В соответствии со ст. 21 Основ законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан (от 22 июля 1993 г. № 5487-1) и со ст. 213 Трудового кодекса РФ в целях предупреждения ПЗ отдельных профессий, производств, предприятий, учреждений и организаций, перечень которых утверждается Правительством РФ, сотрудники проходят обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры. Порядок их проведения определен приказом Минздравмедпрома России № 302н от 12.04.2011 г.

Предварительный медицинский осмотр человек проходит при поступлении на работу с целью определить, можно ли данному человеку по состоянию здоровья работать в условиях данного производства или профессии. Этот осмотр включает оценку индивидуальных факторов риска развития ПЗ с учетом половых, возрастных, конституциональных и генетических особенностей развития организма; выявление вредных привычек, наркомании, хронического алкоголизма; индивидуальное определение противопоказаний к работе во вредных условиях согласно перечню общих и дополнительных противопоказаний к допуску на работу в контакте с вредными, опасными веществами и производственными факторами.

Лица, условия работы которых будут соответствовать вредному классу по шуму, должны проходить медицинский осмотр с участием врачей специалистов (терапевта, оториноларинголога, невролога, офтальмолога). Кроме того, должна проводиться аудиометрия. Противопоказанием к приему на работу в условиях шумовой загрязненности являются стойкое снижение слуха и нарушения вестибулярного аппарата. При приеме на работу с влиянием инфразвука, наряду с вышеперечисленным объемом обследования, проводится дополнительно исследование вестибулярного аппарата, а противопоказанием является наличие вестибулярных нарушений и выраженное расстройство вегетативной нервной системы.

Периодические медицинские осмотры проводятся для динамического наблюдения за состоянием здоровья работников в условиях воздействия профессиональных вредностей. Задачи: профилактика и своевременное установление начальных признаков профессиональных заболеваний; выявление общих заболеваний, препятствующих про-

должению работы с вредными, опасными веществами и производственными факторами; предупреждение несчастных случаев. Лица, условия работы которых соответствуют вредному классу по шуму, должны проходить медосмотр 1 раз в год в указанном выше объеме. Наличие умеренного снижения слуха, гипертонической болезни 2—3 стадии, ишемической болезни сердца, язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки в стадии обострения является противопоказанием к продолжению работы. При работе с инфразвуком осмотры проводятся 1 раз в 2 года, а противопоказанием является значительная степень снижения слуха.

Организационно-технические мероприятия. Важная роль в обеспечении защиты на рабочих местах от производственного шума и ИЗ принадлежит мероприятиям по оптимизации условий профессиональной деятельности (применение коллективных средств защиты, снижение продолжительности пребывания в зоне шума, чередование периодов работы и отдыха и др.). Необходимо учитывать, что периоды работы, связанные с обслуживанием производственного оборудования ("активный период акустической нагрузки"), следует чередовать с деятельностью, не связанной с обслуживанием источников шума ("пассивный период акустической нагрузки"). В пассивный период важно создать комфортные акустические условия и можно проводить реабилитационные мероприятия. Для этого необходимо использовать типовые сооружения (средства коллективной защиты), обладающие эффективной защитой от шума. Таким средствам необходимо отдавать предпочтение при наличии на производстве источников с высокими уровнями звука и наличием в спектре низких частот и ИЗ [4, 7].

Средства индивидуальной защиты. В соответствии с требованиями по технике безопасности на рабочих местах, где не удастся добиться снижения шума до ПДУ техническими средствами или это невозможно по технико-эксплуатационным соображениям, следует применять средства индивидуальной защиты (СИЗ), основное предназначение которых перекрыть пути проникновения акустических колебаний в организм. Выбор СИЗ от шума следует производить применительно к характеру спектра и уровню шума на рабочих местах.

В табл. 2 приведены рекомендации по использованию СИЗ в зависимости от уровня звука и спектра шума.

В настоящее время на промышленных объектах наиболее широко используются наушники, что связано с их достаточной эффективностью при уровнях шума до 110 дБА и хорошими эксплуатационными эргономическими свойствами. Для усиления их акустической эффективности, осо-

Таблица 2
Рекомендуемые СИЗ от шума, в спектре которого преобладают средние и высокие частоты

Частотный диапазон, Гц	Уровень звука, дБА	Средства индивидуальной защиты	
		Тип	Эффективность, дБ
100...8000	До 100	Вкладыши	20...30
		Наушники	20...40
	100...110	Наушники совместно с вкладышами	30...50
	110...125	Шлем	20...50
	Свыше 125	Шлем совместно с жилетом	20...50

бенно при смещении акустического спектра в область низких частот используются вкладыши. При уровнях свыше 110 дБА необходима защита не только воздушного пути передачи звука в орган слуха, но и костного пути. Поэтому здесь целесообразно использовать шлем, который обеспечивает перекрытие обоих путей передачи звука в улитку органа слуха. При уровнях шума свыше 125 дБА необходима защита не только органа слуха, но и грудной клетки, и брюшной полости, чтобы обеспечить защиту последних от прямого действия звуковых волн, что субъективно воспринимается как вибрация тела (феномен "воздушной вибрации"). Для этого рекомендуется дополнительно использовать противозумные жилеты [18].

Серьезные трудности возникают для защиты персонала от производственного шума, в спектре которого преобладают акустические колебания ниже 100 Гц. Существующие методы позволяют оценить эффективность СИЗ от шума только в диапазоне частот 63...125 Гц. Для расширения диапазона исследования акустической эффективности противозумов в области шума более низких частот и ИЗ были разработаны методики и технологии [19—21]. Учитывая механизмы действия шума низких частот и ИЗ, необходимо использовать средства защиты, предназначенные для защиты человека от экстрааурального действия. К ним относятся противозумный шлем и жилет, обладающие эффективностью в области частот ниже 100 Гц. Особенно актуально их использование при сочетанном воздействии высокоинтенсивного шума и ИЗ [4, 6, 7]. В табл. 3 даны рекомендации по использованию СИЗ для низкочастотного акустического диапазона.

При выборе СИЗ необходимо учитывать, что наличие их не всегда способствует решению проблемы защиты от воздействия вредного фактора.

Таблица 3
Рекомендуемые СИЗ от шума, в спектре которого преобладают низкие частоты и инфразвук

Частотный диапазон, Гц	Уровень звука, дБЛин	Средства индивидуальной защиты	
		Тип	Эффективность, дБ
От 100 и ниже	100...110	Наушники совместно с вкладышами	5...15
	Свыше 110	Шлем совместно с жилетом	5...15

Проведенные исследования показали, что, как правило, эффективность СИЗ в рабочих условиях в 2 раза и более ниже указанной изготовителем [22]. Для совершенствования оценки акустической эффективности СИЗ предлагается использование комплексного подхода, который включает технические и медицинские способы, что позволяет установить реальные величины защитных свойств таких средств [23, 24].

Защита окружающей среды от акустического загрязнения промышленного происхождения. В отличие от стран ЕС, США, Японии и др. в РФ отсутствует федеральный закон о шуме. В настоящее время разработан ряд методик, позволяющих уменьшить или устранить негативное влияние производственных шумов. Шумовое загрязнение от какого-либо объекта можно уменьшить, если на этапе разработки проекта этого объекта смоделировать с учетом различных внешних условий (например, топологии и погодных условий местности) характер шумов, которые будут возникать, и затем отыскать пути их устранения или хотя бы уменьшения. Это наиболее дешевый и рациональный способ снижения шума.

Другой способ заключается в использовании поглощающих или изолирующих звуку материалов в помещениях, где находятся сильные производственные источники шума. Есть и другие способы борьбы с шумом, направленные на его источник. Такие решения подразумевают изменение конструкции двигателей, чтобы сделать их тише, установку глушителей на моторы и механические устройства, изменение конструкций протекторов шин, установку амортизирующих бандажей на металлические колеса железнодорожных вагонов и вагонов метро.

К архитектурно-планировочным решениям относится создание санитарно-защитных зон вокруг предприятий. По мере увеличения расстояния от источника уровень шума уменьшается. Поэтому создание санитарно-защитной зоны необходимой



ширины является наиболее простым способом обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий. Для промышленных объектов, находящихся в черте города, создание протяженной санитарно-защитной зоны порой становится неразрешимой задачей. Сократить ширину зоны можно уменьшением шума на путях его распространения с помощью использования защитных экранов, рельефа местности, естественных и искусственных лесополос.

Исходя из вышеизложенного, для защиты окружающей среды от акустического загрязнения промышленного происхождения необходимо принятие федерального закона о шуме, разработка шумовых карт городов и населенных пунктов, автодорог, аэропортов, внедрение эффективного мониторинга за источниками акустического загрязнения в городах.

Заключение

Шум и инфразвук относятся к вредным производственным факторам, которые широко распространены на промышленных объектах и транспорте. Несмотря на проводимые мероприятия по борьбе с шумом, удельный вес промышленных предприятий, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по уровню шума, с каждым годом увеличивается. Производственный шум имеет ряд особенностей, которые оказывают влияние на заболеваемость и профилактику неблагоприятных последствий.

Длительная работа во вредных условиях труда, обусловленных наличием шума и инфразвука, приводит к формированию ряда профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний. Одновременное действие интенсивного шума и инфразвука приводит к усугублению патологии. Вызывает тревогу рост заболеваемости населения, подвергающегося повышенной акустической нагрузке от промышленных объектов и транспорта.

В РФ создана государственная система за оценкой условий труда при наличии вредных и опасных производственных факторов, которая требует дальнейшего развития и совершенствования. Важное место в ней отводится федеральному закону "О специальной оценке условий труда" № 426-ФЗ от 28.12.2013 г., действие которого направлено на унификацию системы оценки условий труда, основанной на учете рисков здоровью. Профилактика неблагоприятного действия производственного шума и инфразвука должна быть комплексной и проводиться с учетом особенностей акустической обстановки на рабочих местах.

Необходимо уделять должное внимание разработке мероприятий, направленных на защиту ок-

ружающей среды от акустического загрязнения промышленного и транспортного происхождения, основу которых должны составить правовые и нормативные акты.

Список литературы

1. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия, 2014. — 191 с.
2. **Карпова Н. И., Мальшев Э. Н.** Низкочастотные акустические колебания на производстве. — М.: Медицина, 1981. — 192 с.
3. **Измеров Н. Ф., Суворов Г. А., Куралесин Н. А.** и др. Инфразвук как фактор риска здоровью человека (гигиенические, медико-биологические и патогенетические механизмы). — Воронеж, 1998. — 275 с.
4. **Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Орихан М. М.** Инфразвук как вредный производственный фактор // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 9. — С. 2—9.
5. **Свидовый В. И., Зинкин В. Н., Солдатов С. К.** и др. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации // Профилакт. и клин. мед. — 2006. — № 2. — С. 46—48.
6. **Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Драган С. П.** и др. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 9. — С. 2—10.
7. **Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М.** Экологические, производственные и медицинские аспекты инфразвука // Защита от повышенного шума и вибрации / Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Санкт-Петербург, 2013. — С. 177—198.
8. **О состоянии** профессиональной заболеваемости в Российской Федерации в 2011 году // Информационный сборник статистических и аналитических материалов / ВБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора. — М., 2012. — 48 с.
9. **Панкова В. Б.** Новые регламенты диагностики профессиональной тугоухости // Вестник оториноларингологии. — 2014. — № 2. — С. 44—88.
10. **Зинкин В. Н., Свидовый В. И., Ахметзянов И. М.** Неблагоприятное влияние низкочастотных акустических колебаний на органы дыхания // Профилактическая и клиническая медицина. — 2011. — № 3. — С. 280—284.
11. **Иванов Н. И., Шашурин А. Е.** Проблемы шума в современном мире // Материалы международной акустической конференции. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — С. 182—190.
12. **Почкаева Е. Е.** Здоровье населения и гигиеническая безопасность территории, прилегающей к аэропортам: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — М., 2008. — 47 с.
13. **Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Ахметзянов И. М., Шешегов П. М.** Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Теоретическая и прикладная экология. — 2011. — № 3. — С. 97—101.
14. **Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Драган С. П., Ахметзянов И. М.** Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука // Экология и промышленность России. — 2012. — № 3. — С. 6—49.
15. **Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А.** и др. Медико-социальные аспекты экологической безопасности населения, подвергающегося кумулятивному действию авиационного шума // Экология промышленного производства. — 2011. — № 2. — С. 9—14.

16. **Жданько И. М., Зинкин В. Н., Солдатов С. К.** и др. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. — 2014. — Т. 48, № 4. — С. 5—16.
17. **Pierpont N.** Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment. — Santa-Fe: K-Selected Books, 2009. — 294 p.
18. **Солдатов С. К., Богомолов А. В., Зинкин В. Н.** и др. Средства и методы защиты от авиационного шума: состояние и перспективы развития // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. — 2012. — Т. 45, № 5. — С. 3—11.
19. **Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Еремин Г. И., Драган С. П.** Технология исследования акустической эффективности средств защиты от низкочастотного шума и инфразвука // *Мир измерений*. — 2011. — № 10. — С. 40—45.
20. **Зинкин В. Н., Солдатов С. К., Ахметзянов И. М.** и др. Методология экспериментальных исследований акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума в области низких частот // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. — 2011. — № 9. — С. 62—69.
21. **Драган С. П., Зинкин В. Н., Богомолов А. В.** и др. Акустическая эффективность средств защиты от шума // *Медицинская техника*. — 2013. — № 3. — С. 34—36.
22. **Денисов Э. И., Морозова Т. В., Аденинская Е. Е., Курьеров Н. Н.** Проблема реальной эффективности индивидуальной защиты и привносимый риск для здоровья работников (обзор литературы) // *Медицина труда и промышленная экология*. — 2013. — № 4. — С. 18—25.
23. **Свидовый В. И., Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М.** Методы оценки эффективности средств индивидуальной защиты от шума и предложения по их совершенствованию // *Профилактическая и клиническая медицина*. — 2012. — № 1. — С. 94—97.
24. **Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Солдатов С. К., Богомолов А. В.** Медико-биологическая оценка эффективности средств индивидуальной защиты от шума // *Медицина труда и промышленная экология*. — 2011. — № 4. — С. 33—34.

V. N. Zinkin, Professor, Senior Researcher, e-mail: zinkin-vn@yandex.ru,
P. M. Sheshegoff, Senior Researcher, **C. D. Chistov**, Head of Laboratory,
 Sciences head of laboratory Research testing center (Aviation and space medicine and military ergonomics), CRIS Military Air Force Ministry of defense of the Russian Federation, Moscow

The Influence of Industrial Noise and Infrasound on the Incidence and the System of Preventive Measures

Shows the features of industrial noise and infrasound, which can be attributed to the high prevalence of noise in industry, the high proportion of industrial enterprises that do not meet sanitary-epidemiological requirements to noise level; an increase in the noise spectrum of the share of low-frequency and infrasonic frequencies; environmental pollution. The characteristic of the professional and professionally-related diseases in the production of noise and infrasound. Noise contributes to the development of sensorineural hearing loss, high blood pressure, astenovegetative disorders. The clinical picture of the action of infrasound more diverse (sensorineural hearing loss, vestibulopathy, autonomic and vascular disorders, respiratory diseases and others). The features of the pathology under the simultaneous action of noise and infrasound. Formulated guidelines for prevention of adverse effects of noise and infrasound: a special assessment of working conditions, preventive medical examinations, organizational and technical measures, personal protection, protection of the environment from acoustic pollution of industrial origin.

Keywords: noise, infrasound, harmful factor, combination, incidence, prevention, personal protection, ecology

References

1. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия, 2014. 191 p.
2. **Карпова Н. И., Малышев Е. Н.** Низкочастотные акустические колебания на производстве. М.: Медицина, 1981. 192 p.
3. **Измеров Н. Ф., Суворов Г. А., Куралесин Н. А.** и др. Инфразвук как фактор риска здоровью человека (гигиенические, медико-биологические и патогенетические механизмы). Воронеж, 1998. 275 p.
4. **Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Орихан М. М.** Инфразвук как важный производственный фактор. *Безопасность жизнедеятельности*. 2013. N. 9. P. 2—9.
5. **Свидовый В. И., Зинкин В. Н., Солдатов С. К.** и др. Особности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации. *Профилат. и клин. мед.* 2006. N. 2. P. 46—48.
6. **Zinkin V. N., Ahmetzjanov I. M., Dragan S. P.** и др. Особности сочетанного действия шума и инфразвука на организм. *Безопасность жизнедеятельности*. 2011. N. 9. P. 2—10.
7. **Zinkin V. N., Ahmetzjanov I. M.** Экологические, производственные и медицинские аспекты инфразвука. *Zashhita ot povyshennogo shuma i vibracii / Sbornik dokladov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konierencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Sankt-Peterburg, 2013. P. 177—198.
8. **О состоянии** профессиональной заболеваемости в Российской Федерации в 2011 году. *Информационный сборник статистических и аналитических материалов / VBUZ FCGiJe Rospotrebnadzora*. М., 2012. 48 p.
9. **Pankova V. B.** Новые регламенты диагностики профессиональной тугухости. *Vestnik otorinolaringologii*. 2014. N. 2. P. 44—88.
10. **Zinkin V. N., Svidovij V. I., Ahmetzjanov I. M.** Неблагоприятное влияние низкочастотных акустических колебаний на органы дыхания. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2011. N. 3. P. 280—284.



11. Ivanov N. I., Shashurin A. E. Pfoblemy shuma v sovremennom mire. *Materialy mezhdunarodnoj akusticheskoy konferencii*. M.: Izd-vo MGTU im. N. Je. Baumana, 2014. P. 182—190.
12. Pochekaeva E. E. Zdorov'e naselenija i gigienicheskaja bezopasnost' territorii, priliegajushhej k ajeroportam: Avtoref. dis. ... d-ra med. nauk. M., 2008. 47 p.
13. Zinkin V. N., Bogomolov A. V., Ahmetjanov I. M., Sheshegov P. M. Jekologicheskie aspekty bezopasnosti zhiznedejatel'nosti naselenija, podvergajushhegosja dejstvu aviacionnogo shuma. *Teoreticheskaja i prikladnaja jekologija*. 2011. N. 3. P. 91—101.
14. Zinkin V. N., Bogomolov A. V., Dragan S. P., Ahmetjanov I. M. Kumuljativnye mediko-jekologicheskie jeffekty sochetannogo dejstvija shuma i infrazvuka. *Jekologija i promyshlennost' Rossii*. 2012. N. 3. P. 6—49.
15. Zinkin V. N., Bogomolov A. V., Kukushkin Ju. A. i dr. Mediko-social'nye aspekty jekologicheskoy bezopasnosti naselenija, podvergajushhegosja kumuljativnomu dejstvu aviacionnogo shuma. *Jekologija promyshlennogo proizvodstva*. 2011. N. 2. P. 9—14.
16. Zhdan'ko I. M., Zinkin V. N., Soldatov S. K. i dr. Fundamental'nye i prikladnye aspekty profilaktiki neblagoprijatnogo dejstvija aviacionnogo shuma. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina*. 2014. T. 48, N. 4. P. 5—16.
17. Pierpont N. Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment. Santa-Fe: K-Selected Books, 2009. 294 p.
18. Soldatov S. K., Bogomolov A. V., Zinkin V. N. i dr. Sredstva i metody zashhity ot aviacionnogo shuma: sostojanie i perspektivy razvitiya. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina*. 2012. T. 45, N. 5. P. 3—11.
19. Zinkin V. N., Bogomolov A. V., Eremin G. I., Dragan S. P. Tehnologija issledovanija akusticheskoy jeffektivnosti sredstv zashhity ot nizkochastotnogo shuma i infrazvuka. *Mir izmerenij*. 2011. N. 10. P. 40—45.
20. Zinkin V. N., Soldatov S. K., Ahmetjanov I. M. i dr. Metodologija jeksperimital'nyh issledovanij akusticheskoy jeffektivnosti sredstv individual'noj zashhity ot shuma v oblasti nizkih chastot. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy*. 2011. N. 9. P. 62—69.
21. Dragan S. P., Zinkin V. N., Bogomolov A. V. i dr. Akusticheskaja jeffektivnost' sredstv zashhity ot shuma. *Medicinskaja tehnika*. 2013. N. 3. P. 34—36.
22. Denisov Je. I., Morozova T. V., Adeninskaja E. E., Kur'erov N. N. Problema real'noj jeffektivnosti individual'noj zashhity i privnosimyj risk dlja zdorov'ja rabotnikov (obzor literatury). *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2013. N. 4. P. 18—25.
23. Svidovyy V. I., Zinkin V. N., Ahmetjanov I. M. Metody ocenki jeffektivnosti sredstv individual'noj zashhity ot shuma i predlozhenija po ih sovershenstvovaniju. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*. 2012. N. 1. P. 94—97.
24. Zinkin V. N., Ahmetjanov I. M., Soldatov S. K., Bogomolov A. V. Mediko-biologicheskaja ocenka jeffektivnosti sredstv individual'noj zashhity ot shuma. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2011. N. 4. P. 33—34.

УДК 338.436.33

В. А. Михайлов, д-р техн. наук, проф., **Е. В. Сотникова**, канд. хим. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru, Московский Государственный машиностроительный университет (МАМИ)

Обеспечение акустической безопасности систем защиты воздушной среды объектов автотранспортного комплекса

Рассмотрены причины возникновения шума вентиляторов систем защиты воздушной среды стационарных и мобильных объектов автотранспортного комплекса, приведены нормативы по ограничению уровня шума и даны рекомендации по его снижению в источнике возникновения и на пути распространения.

Решена задача по снижению аэродинамического шума малогабаритного центробежного вентилятора путем совершенствования его конструкции, и по результатам акустических испытаний получен положительный эффект при его использовании в блоке обработки воздуха кабин мобильных объектов. Показано также, что в блоках обработки воздуха стационарных объектов составные элементы их конструкции способствуют повышению акустических качеств изделия, а существенное снижение шума вентилятора, размещенного вне помещения, обеспечивается с помощью звукоизолирующего кожуха.

Ключевые слова: стационарные и мобильные объекты, оператор, приточная и вытяжная вентиляция, центробежный вентилятор, внешний и внутренний шум, акустическая характеристика, акустическая безопасность, аэродинамический шум вентиляторов, уровень звука, мероприятия по снижению шума

Введение

В настоящее время одним из показателей уровня экономического развития государства является "автомобилизация" [1], под которой понимаются как транспортные средства, так и весь комплекс стационарных технических объектов для обеспечения их

эксплуатации, к которому относятся производственные предприятия и авторемонтные мастерские. Таким образом автотранспортный комплекс (АТК) включает в себя как стационарные объекты, так и собственно транспортное средство (автомобиль), под которым подразумевается понятие "множество

машин", т. е. легковые и грузовые автомобили, дорожно-строительные машины, сельскохозяйственные и промышленные тракторы и т. п.

Одним из негативных факторов при функционировании АТК является шум, создающий акустический дискомфорт. При этом различают внешний и внутренний шум. Первый оказывает воздействие на окружающих, а второй — на операторов. Источники шума здесь различны (двигатель внутреннего сгорания машины, ее трансмиссия, ходовая система, всевозможные механизмы и устройства при их изготовлении, ремонте и т. д.). Рассмотрим такой специфический источник шума, как система защиты воздушной среды на рабочих местах операторов стационарных и мобильных объектов. Функциональным назначением такой системы является обеспечение безопасности жизнедеятельности путем создания требуемых параметров микроклимата при приемлемых акустических показателях [2].

В стационарных объектах АТК используется приточно-вытяжная вентиляция, состоящая из двух самостоятельных подсистем: приточной и вытяжной, оборудованных каждая своим вентилятором и содержащих аппараты для обработки приточного и выбросного воздуха [2]. При этом первая подсистема снабжена средствами для очистки воздуха от вредных примесей и аппаратами для его нагревания в холодный период года и охлаждения в теплый период, т. е.

здесь, по существу, имеется круглогодичный кондиционер.

На машинах также должен иметься аналогичный кондиционер для вентиляции кабины очищенным воздухом с его подогревом или охлаждением в зависимости от времени года для поддержания требуемых параметров микроклимата [1]. Отметим, что на мобильных объектах АТК отсутствует вытяжная вентиляция как самостоятельный агрегат. Здесь воздух из кабины удаляется через неплотности в ее ограждениях (или через специальные отверстия) вследствие избыточного давления, создаваемого указанной системой вентиляции, отопления и кондиционирования (системой ВОК).

Характеристика объектов исследования

Различные по производительности (от 1,6 до 100 тыс. м³/ч) приточные и вытяжные агрегаты для стационарных помещений АТК могут быть созданы на базе разработанных отечественной фирмой "ВЕЗА" [3] унифицированных блоков-модулей типажа КЦКП (кондиционеров центральных каркасно-панельных), расположенных в их воздушном тракте в необходимом сочетании последовательно. Характеристики указанных блоков-модулей КЦКП представлены в табл. 1 [3]. Здесь производительность по воздуху отвечает обозначению в условной ин-

Таблица 1

Габаритные размеры функциональных блоков КЦКП

Типоразмер по производительности, тыс. м ³ /ч	1,6	3,15	5	6,3	8,1	8,2	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
Ширина, мм	700	700	1000	1300	1600	1300	1300	1300	1600	1900	1900	1900	2200	2300	2600	3200	3800
Блок вентилятора	800	1000	1000	1250	1250	1500	1500	1500	2000	2050	2250	2250	2450	2850	2850	3500	3500
Блоки приточно-смесительные	С одним клапаном		425	425	425	425	425	525	565	665	665	765	865	1105	1105	1105	1105
	С двумя клапанами		425	425	425	425	425	525	665	665	665	765	865	1105	1105	1105	1105
	С тремя клапанами		850	850	850	850	850	1050	1130	1130	1130	1130	1530	1730	1730	2210	2210
Блоки фильтров	Грубой очистки ячеистый EU-3		260	260	260	260	260	300	300	300	300	300	300	340	340	340	340
	Грубой и тонкой очистки карманный EU-4 EU-8		700 1000	700 1000	700 1000	700 1000	700 1000	740 1040	740 1040	740 1040	740 1040	740 1040	740 1040	780 1080	780 1080	780 1080	780 1080
Блок воздушонагревателя		320	320	320	320	320	360	360	360	360	360	360	400	400	400	400	400
Блок воздушонагревателя с сепаратором и поддоном		660	660	660	660	660	700	700	700	700	700	700	740	740	740	740	740
Блоки увлажнения	Блок-камера орошения		—				1600				1800			2000			
	Блок сотового увлажнения		1060	1060	1060	1060	1060	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1340	1340	1340
Блок шумоглушения		500					1100			1500			2000				



дексации (например, КЦКП-40 соответствует производительности 40 тыс. м³/ч).

Для помещений относительно небольшого объема, к которым относятся кабины мобильных машин, где требуется подача воздуха менее 1,6 тыс. м³/ч, в нашей стране разработана [4] система нормализации микроклимата (СНМ), также использующая метод блочно-модульного построения агрегатов для очистки и тепловлажностной обработки приточного воздуха согласно схеме на рис. 1. Поскольку машины эксплуатируются в различных климатических зонах, а расчетный объем их кабин составляет 1,5; 2,0; 2,5 и 3,4 м³, СНМ представляет собой совокупность серий изделий унифициро-

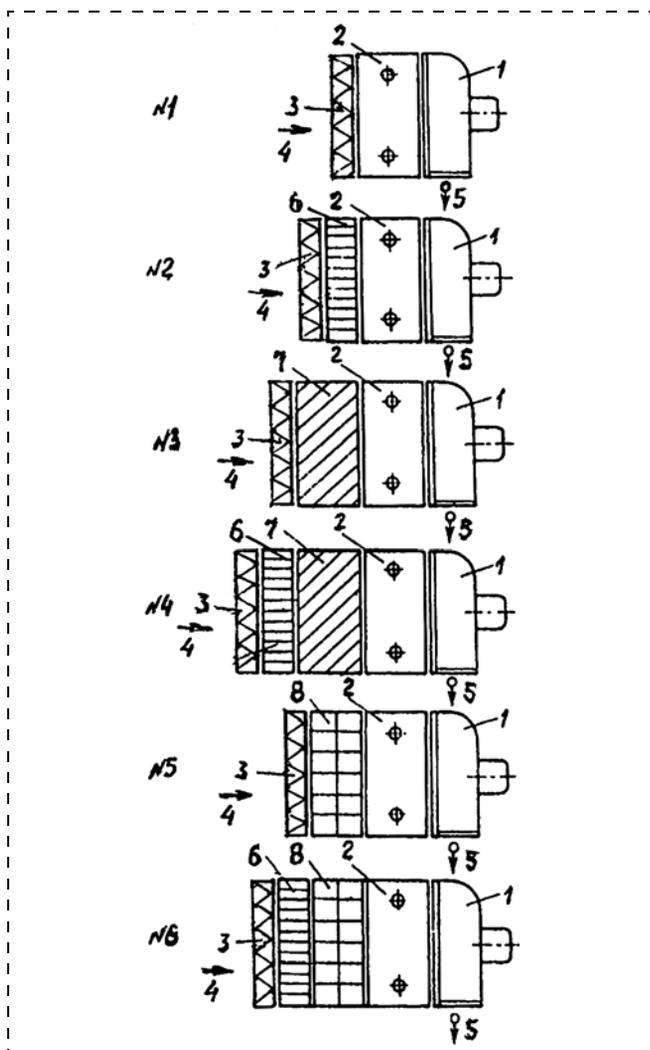


Рис. 1. Схема построения модификаций крышного блока СНМ:
1 — вентиляторный агрегат; 2 — несущая камера выравнивания статического давления; 3 — воздушный фильтр; 4 — обрабатываемый поток воздуха; 5 — приточный в кабину поток воздуха; 6 — теплообменник отопителя; 7 — аппарат адиабатного водоиспарительного охлаждения; 8 — теплообменник испарителя хладонового кондиционера

ванного типажа с различной расчетной производительностью по воздуху [4]:

- СНМ-0 (с номинальной увеличенной и уменьшенной подачей воздуха соответственно 1000 и 700 м³/ч);
- СНМ-1 (700 и 500 м³/ч);
- СНМ-2 (550 и 400 м³/ч);
- СНМ-3 (400 и 300 м³/ч).

В каждой серии предусмотрены следующие модификации СНМ (см. рис. 1): № 1 — вентиляционная установка; № 2 — вентиляционно-отопительная установка; № 3 — водоиспарительный воздухоохладитель; № 4 — водоиспарительный воздухоохладитель с отопителем; № 5 — хладоновый кондиционер; № 6 — хладоновый кондиционер с отопителем.

В связи с этим, например, для серии СНМ-0 вентиляционная установка будет иметь обозначение СНМ-0-1, вентиляционно-отопительная СНМ-0-2, водоиспарительный воздухоохладитель СНМ-0-3, водоиспарительный воздухоохладитель с отопителем СНМ-0-4, хладоновый кондиционер СНМ-0-5, хладоновый кондиционер с отопителем СНМ-0-6.

В табл. 2 представлены параметры модификаций № 3—6 моделей СНМ [4]. Для выполнения указанных в ней показателей производительности по воздуху модель СНМ-0 с увеличенной подачей имеет пять одинаковых вентиляторов, а ее модификация с уменьшенной подачей — четыре вентилятора; СНМ-1 — соответственно четыре и три; СНМ-2 — три и два; СНМ-3 — два и один.

Для водоиспарительных установок оценивают коэффициент эффективности E_a , равный отношению реального перепада температур (начальной и конечной) к теоретическому перепаду (психрометрической разнице, определяемой по сухому и влажному термометрам). Для хладоновых кондиционеров определяют холодопроизводительность Q_0 .

Системы защиты воздушной среды создают шум, обусловленный функционированием их вентиляторов [5]. В рассматриваемом случае в КЦКП и СНМ применены центробежные (радиальные) вентиляторы, принципиальные аэродинамические схемы которых представлены на рис. 2.

У малогабаритного вентилятора одностороннего всасывания для СНМ диаметр колеса составляет $D = 113$ мм при размерах элементов его конструкции, указанных в табл. 3. При этом колесо закреплено непосредственно на валу электродвигателя постоянного тока 19,3730 мощностью 0,04 кВт (на рис. 2, б не показан), вследствие чего частоты вращения этого колеса и привода равны и составляют 2800...3000 мин⁻¹ [4].

Параметры основных моделей СНМ

Серия и номер модификации	Подача воздуха, м ³ /ч, при напряжении 12 В и противодавлении 100 Па		Коэффициент эффективности E_a	Холодопроизводительность Q_0 , кВт	Мощность, потребляемая электродвигателями, кВт	Габаритные размеры крышного блока, мм	Масса блока, кг
	Модель с увеличенной подачи	Модель с уменьшенной подачи					
СНМ-0-3	1010	830	0,73	—	0,46	180×385×985	—
СНМ-0-4	900	740	0,73	—			19,0
СНМ-0-5	1030	850	—	6,1...7,3			—
СНМ-0-6	920	760	—	6,1...7,3			19,3
СНМ-1-3	800	620	0,73	—	0,38	180×385×790	—
СНМ-1-4	720	550	0,73	—			15,2
СНМ-1-5	820	630	—	4,5...5,9			—
СНМ-1-6	740	560	—	4,5...5,9			15,5
СНМ-2-3	610	470	0,73	—	0,30	180×385×590	—
СНМ-2-4	540	420	0,73	—			11,4
СНМ-2-5	620	480	—	3,4...4,4			—
СНМ-2-6	550	430	—	3,4...4,4			11,6
СНМ-3-3	400	310	0,73	—	0,22	180×385×395	—
СНМ-3-4	360	280	0,73	—			7,6
СНМ-3-5	410	320	—	2,3...2,9			—
СНМ-3-6	370	290	—	2,3...2,9			7,7

В различных по производительности моделях вентиляторов двухстороннего всасывания для КЦ-КП диаметр сдвоенных колес (по схеме на рис. 2, в) составляет 500, 560 и 630 мм с приводом посредством клиноременной передачи (на рис. 2, в не показано) от электродвигателя переменного тока

Таблица 3

Геометрические параметры корпуса и колеса вентилятора СНМ

Условные обозначения (см. рис. 2)	A	B	C	D	b	d	E	H	R
Значения, мм	45	70	70	113	57	88	176	170	14

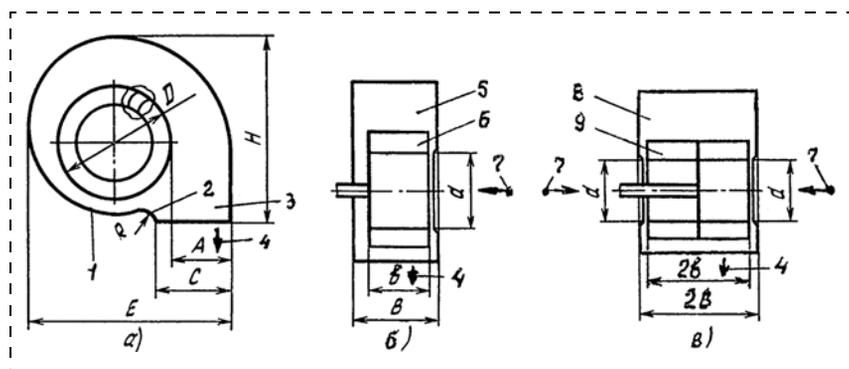


Рис. 2. Принципиальные аэродинамические схемы центробежных вентиляторов:
 а — геометрия корпуса с лопаточным колесом; б — вентилятор одностороннего всасывания; в — вентилятор двухстороннего всасывания; 1 — спиральная обечайка корпуса; 2 — язык корпуса; 3 — выходная часть корпуса; 4 — выходящий поток воздуха; 5 — корпус одностороннего всасывания; 6 — колесо одностороннего всасывания; 7 — входящий поток воздуха; 8 — корпус двухстороннего всасывания; 9 — колесо двухстороннего всасывания

соответствующей мощности с обеспечением частоты вращения этих колес 1400...1600 мин⁻¹ [3].

При частотах вращения 1400...3000 мин⁻¹ колес вентиляторов у них преобладает аэродинамическая составляющая шума. Механическая же составляющая, порождаемая дисбалансом колеса, вибрацией подшипниковых узлов и колебаниями стенок корпуса в рассматриваемом случае незначительна или практически отсутствует [6], поэтому в дальнейшем анализе эта составляющая шума не рассматривается.

Частотные составляющие аэродинамического шума зависят от неоднородности потока воздуха, обусловленной конечным числом лопа-



Таблица 4

Нормативы по шуму объектов АТК

Назначение помещений или территорий	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднеарифметическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения и территории с постоянными рабочими местами; рабочие места водителей тракторов, самоходных шасси, строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

ток рабочего колеса и конструкции элементов спирального корпуса, в особенности от конфигурации его языка [6], являющегося местом перехода спиральной обечайки и корпуса к стенке его выходной части. При рассогласовании взаимодействия языка с колесом может нарушиться функциональная симметрия по окружности колеса и увеличиться шум вентилятора. Несимметричность центробежного вентилятора обуславливает также неравенство звуковой энергии, излучаемой через входную и выходную части корпуса. Так, по данным работы [6] уровень звуковой мощности со стороны нагнетания бывает в среднем на 2...6 дБ выше уровня шума на стороне всасывания.

Нормирование и средства снижения шума

Нормативными документами, ограничивающими уровень шума на рабочих местах, а также на территории жилой застройки и промышленных объектов, являются действующие ГОСТ 12.1.003—83 "Шум. Общие требования безопасности" и нормы СН 2.24/2.1.8.562—96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки". Здесь регламентируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках считаются уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями от 31,5 до 8000 Гц. Для оценочных расчетов используют норматив по уровню звука L_A , дБА, или по эквивалентному уровню звука $L_{A_{ЭКВ}}$, дБА. Следует отметить, что шум как в помещении, так и в случае сравнения акустического качества различных его источников может быть оценен только по уровню звукового давления на частоте 1000 Гц, названного "индексом шума" [7].

В табл. 4 приведены нормативы по шуму по ГОСТ 12.1.003—83 для некоторых важных объектов и АТК.

В соответствии с действующим ГОСТ 12.1.029—80 "Средства и методы защиты от шума" средства защиты от шума в рассматриваемом случае должны включать:

- средства, снижающие шум в источнике его возникновения;
- средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Поскольку систему защиты воздушной среды следует рассматривать как дополнительный источник шума на объекте, где уже действует соответствующий норматив по шуму, необходимо, чтобы она не ухудшила акустическую обстановку. Для этого, как будет показано далее, уровень шума этой системы должен быть по крайней мере на 8 дБА ниже нормируемого значения величины шума в помещении. Например, если на рабочем месте оператора в помещении (см. табл. 4) установлен норматив по эквивалентному уровню звука 80 дБА, то вносимый в него кондиционером системы защиты уровень звука не должен быть более 72 дБА. Отметим, что по приведенным в каталоге [3] данным для КЦКП шум вытяжного вентилятора системы достигает 83 дБА, что превышает указанную величину 72 дБА. Следовательно, здесь в кондиционерах необходимо применить шумоглушение, что выполнено в КЦКП [3]. Наряду с этим в исследовании [8] предложены меры по обеспечению приемлемых акустических характеристик вентиляторов СНМ, что показано ниже.

Реализация и оценка мероприятий по снижению шума

В СНМ при использовании малогабаритного вентилятора с колесом диаметром 113 мм (из-за ограничения по высоте крышных блоков) будет усиливаться аэродинамический шум вследствие пульсации давления воздуха при прохождении лопатками колеса сокращенного зазора в районе схождения спиральной обечайки корпуса и языка, если здесь его конфигурация и скругление (радиус) выполнить согласно рекомендациям справочника [6] для вентиляторов с диаметром колеса более 200 мм. Воздушный шум реального вентилятора СНМ был снижен практически без уменьшения подачи воздуха, когда радиус языка (см. рис. 2, а и табл. 3) выполнили в пределах $R = (0,1...0,13)D$ [8], поскольку удалось обеспечить достаточно плавный переход спиральной обечайки 1 корпуса к его выходной части 3 и увеличить при этом зазор между колесом и языком 2 (см. рис. 2, а).

Что же касается шума разработанных крышных блоков СНМ, то остановимся на моделях с указан-

ным выше вентилятором одностороннего всасывания, который был освоен в серийном производстве и применен в СНМ-2-6/2 и СНМ-2-4/3 в количестве соответственно 2 и 3 шт. в зависимости от указанной модификации. Поскольку здесь речь идет об одновременной работе нескольких вентиляторов в воздушной сети, естественно их общий шум будет выше шума единичного вентилятора. Чтобы оценить, как это влияет на акустические показатели крышного блока, рассмотрим правило сложения шумов от нескольких источников.

Уровни шума, выраженные в децибеллах, складывать арифметически нельзя, и здесь общий уровень шума определяют по закону энергетического суммирования. Так, общий уровень шума L_{Σ} , дБ (дБА), от нескольких источников одинаковой мощности определяется по формуле [5]:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n_i, \quad (1)$$

где L_1 — уровень шума одного источника; n_i — число одинаковых источников шума, шт.

При одновременном действии двух источников с различными уровнями звукового давления суммарный уровень, дБ (дБА), составит [7]:

$$L_{\Sigma} = L_a + \Delta L, \quad (2)$$

где L_a — наибольший из двух суммируемых уровней шума; ΔL — добавка в функции разности уровней шума источников (дБА), определяемая по табл. 5 [4].

Как следует из табл. 5, если уровень шума одного источника выше уровня другого на 8...10 дБ (дБА), то общий уровень шума будет практически определяться более интенсивным источником, поскольку добавка к суммарному уровню шума пренебрежимо мала. По данным табл. 5 можно сделать экспресс-оценку общего уровня шума двух одинаковых вентиляторов с L_a , равным, например, 65 дБА. Здесь разность уровней шума этих двух вентиляторов равна нулю, следовательно $\Delta L = 3$, а их общий шум составит 68 дБА. По формуле (1) для трех вентиляторов общий уровень шума еще повысится и уже составит 70 дБА. Вместе с тем следует учитывать то, что при работе в сети одного и одновременно нескольких таких же вентиляторов они взаимодействуют с элементами крышного блока, как это видно на рис. 3 [9].

При компоновке блока СНМ-2-4/3 на крыше кабины трактора со стороны внешней среды перед

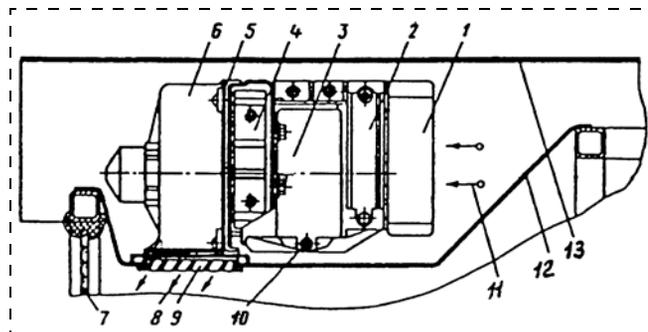


Рис. 3. Компоновка блока обработки воздуха СНМ-2-4/3 на крыше кабины трактора:

1 — бумажный воздушный фильтр; 2 — теплообменник отопителя; 3 — аппарат водоиспарительного охлаждения; 4 — несущая камера выравнивания статического давления; 5 — маска вентиляторов; 6 — вентилятор; 7 — переднее стекло кабины; 8 — обработанный поток воздуха; 9 — решетка воздухораспределителя; 10 — поддон; 11 — поток наружного воздуха; 12 — внутренняя панель кабины; 13 — экран крыши кабины

вентиляторным агрегатом размещен бумажный воздушный фильтр 1, являющийся, по существу, глушителем аэродинамического шума. Кроме этого в блоке имеется теплообменник отопителя 2, обладающий способностью шумоглушения, и орошаемая водой насадка 3 (аппарат водоиспарительного охлаждения), которая также является шумоглушителем [3]. Таким образом, со стороны всасывания вентиляторного агрегата внешняя среда защищена от его шума, поскольку указанное необходимо с учетом того, что нормируемый по действующему ГОСТ 12.2.019—86 "Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности" внешний шум машины (85 дБА на расстоянии 7,5 м от оси машины, а рядом с ее кабиной он еще выше) существенно превосходит нормируемый шум в кабине. Так как воздушный тракт крышного блока является по существу своеобразным "акустическим окном", требуется защитить оператора и от проникновения внешнего шума. Это обуславливает ужесточение требований к акустическим качествам крышного блока, выходные патрубки вентиляторов которого расположены непосредственно на входе приточного воздуха в кабину для его рационального распределения по ее объему. Поэтому более важной является оценка всего крышного блока как по уровню звука в дБА, так и по уровню звукового давления в дБ в октавных полосах.

Контрольные замеры эквивалентного уровня звука крышного блока СНМ-2-4/3, проведенные в акустической камере НАТИ, показали, что его значение составило 70 дБА, что является удовлетворительным. На рис. 4 в виде графика представлены результаты замеров уровней звукового давления в октавных полосах.

Таблица 5

Добавка в функции разности уровней шума (дБА) двух источников

Разность уровней шума двух источников $L_a - L_b$	0	1	2,5	4	6	8	10
ΔL	3	2,5	2	1,5	1	0,7	0,5

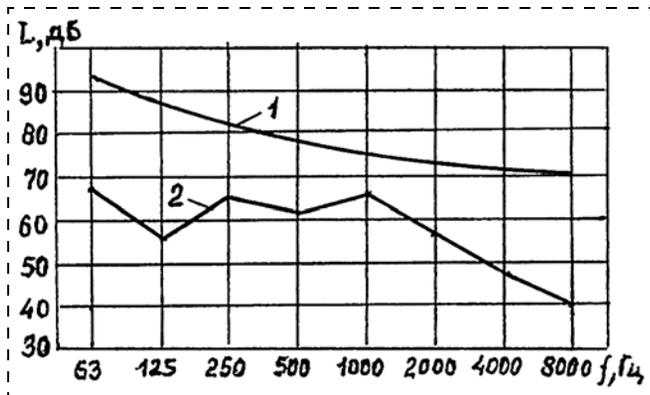


Рис. 4. Акустическая характеристика крышного блока обработки воздуха СНМ-2-4/3:

1 — норматив в кабине; 2 — опытные данные

Как следует из приведенного выше, блок СНМ с тремя вентиляторами обладает удовлетворительной акустической характеристикой, так как на частоте 1000 Гц уровень звука меньше нормируемого значения по крайней мере на 8 дБ, а в остальных октавных частотах разница еще более существенна. Следовательно, в рассматриваемом случае защита воздушной среды от шума блока обработки воздуха кабин самоходных машин может быть признана удовлетворительной.

Что же касается стационарных объектов, для которых разработаны КЦКП, то как отмечалось ранее, их вентиляторы обладают повышенным уровнем шума 83 дБА, поэтому необходимы дополнительные меры по его снижению. Во-первых, снижению шума способствует применение в КЦКП глушителя шума, размещенного после вентиляторного блока. Во-вторых, определенный вклад в снижение шума вносят и другие элементы конструкции КЦКП, размещенные перед вентиляторным блоком (см. табл. 1). Так по данным испытаний [3] могут снизить шум следующие агрегаты:

- блок воздушного фильтра (на 26 дБА);
- блок воздухоохладителя с сепаратором (на 17 дБА);
- блок сотового увлажнения (на 10 дБА);
- блок воздухонагревателя (на 8 дБА).

Таким образом, со стороны всасывания системы дополнительного шумоглушения не требуется, поскольку при указанном выше шуме вентилятора 83 дБА только воздушный фильтр снижает его уровень на 26 дБА, т. е. до 57 дБА при нормативе не более 72 дБА. Что же касается стороны выброса удаляемого в атмосферу воздуха, то необходимость шумоглушения обуславливается местом расположения выпускных устройств из помещений. Например, часто применяют монтаж вытяжного вентилятора системы снаружи здания (на крыше, на стене и т. п.). Тогда этот агрегат становится источ-

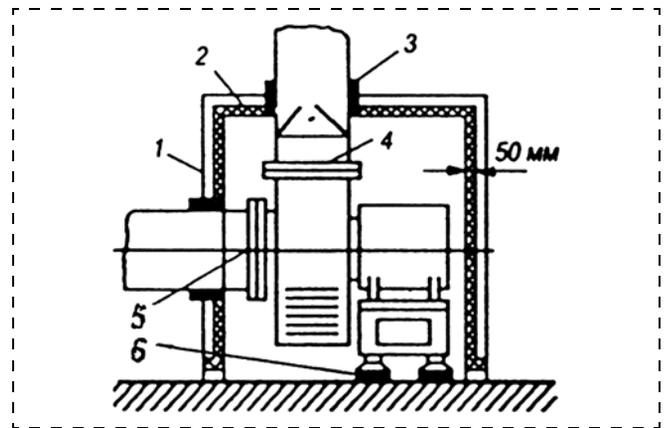


Рис. 5. Схема звукоизолирующего кожуха центробежного вентилятора:

1 — корпус кожуха из листовой стали; 2 — слой звукоизолирующего материала; 3 — уплотнитель из резины; 4 и 5 — эластичные вставки; 6 — виброизолятор

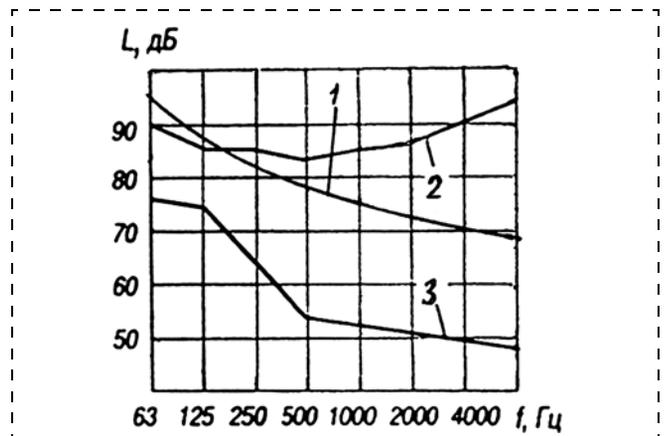


Рис. 6. Акустические характеристики центробежного вентилятора:

1 — норматив на территории и в помещениях с постоянными рабочими местами; 2 и 3 — опытные данные соответственно без кожуха и с кожухом

ником шума, ухудшающим акустическую обстановку прилегающей территории. В связи с этим необходимо применение шумоглушителя в выбросном воздушном тракте (в КЦКП по табл. 1 это предусмотрено), а также рекомендуется [2] использовать звукоизолирующий кожух, как это показано на рис. 5. По данным испытаний [2], кожух достаточно эффективно снижает шум вентилятора (рис. 6). Минимальное снижение на 11 дБ происходит на частоте 125 Гц, а на остальных частотах оно более существенно. При этом максимальный эффект достигается на высоких частотах. Так, на частоте 1000 Гц обеспечивается снижение шума на 32 дБ. Таким образом, применение кожуха можно считать приемлемым в части обеспечения защиты внешней среды от акустического воздействия системы.

Список литературы

1. Графкина М. В., Михайлов В. А., Иванов К. С. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник. — М.: Форум, 2009. — 320 с.
2. Графкина М. В., Михайлов В. А., Нюнин Б. Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под общ. ред. Б. Н. Нюнина. — М.: ТК Велби Проспект, 2007. — 608 с.
3. Кокорин О. Я., Дерипасов А. М. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Каталог. — М.: ИКФ "Каталог", 2002. — 92 с.
4. Михайлов В. А. Создание системы модульных типизированных и унифицированных средств нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах самоходных машин: Дис. ... д-ра техн. наук. М.: МГТУ "МАМИ", 1998. — 492 с.
5. Хорошев Г. А., Петров Ю. И., Егоров Н. Ф. Борьба с шумом вентиляторов. — М.: Энергоиздат, 1981. — 144 с.
6. Соломахова Т. С., Чебышева К. В. Центробежные вентиляторы. Аэродинамические схемы и характеристики: Справочник. — М.: Машиностроение, 1980. — 176 с.
7. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. В 2-х ч. Часть 2. Вентиляция / В. Н. Богословский, В. И. Новожилов, В. Д. Симаков, В. П. Титов / Под общ. ред. В. Н. Богословского. — М.: Стройиздат, 1976. — 439 с.
8. Михайлов В. А. Усовершенствование типажа вентиляторов для кабин тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1996. — № 3. — С. 18—21.
9. Михайлов В. А., Трофимова М. Ю. Улучшение параметров воздушной среды в кабинах машин, работающих в городских транспортных потоках // Грузовик &. — 2001. — № 12. — С. 9—11.

V. A. Mikhailov, Professor, E. V. Sotnikova, Associate Professor,
e-mail: ev.sotnikova@yandex.ru, Moscow State Engineering University (MAMI)

Providing Acoustic Safety Systems for the Protection of the Air Environment of the Objects of the Transport Complex

The reasons of formation of fan noise protection systems air pollution from stationary and mobile objects of the transport complex, the regulations limiting noise levels and recommendations for reduction in the origin and parhways.

Solved the problem by reducing the aerodynamic noise of the small-size centrifugal fan by improving its design and acoustic test results obtained positive effect when it is used in the treatment unit air cabins of mobile objects. It is also shown that the processing units air stationary objects constituent elements of their design enhance the acoustic qualities of the product and a significant reduction in fan noise, is placed outside the room, is provided with insulating casing.

Keywords: *stationary and mobile objects, the operator, supply and exhaust ventilation, centrifugal fan external and internal noise, acoustic performance, aerodynamic noise of the fans, the sound level, measures to reduce noise*

References

1. Grafkina M. V., Mihailov V. A., Ivanov K. S. Jekologija i jekologicheskaja bezopasnost' avtomobilja: Uchebnik. M.: Forum, 2009. 320 p.
2. Grafkina M. V., Mihailov V. A., Njunin B. N. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti: Uchebnik / Pod red. B. N. Njunina. M.: Tk Velbi. Prospect, 2007. 608 p.
3. Kokorin O. Ja., Deripasov A. M. Otechestvennoe oborudovanie dlja sozdaniya sistem ventiljacii i kondicionirovaniya vozduha: Katalog. M.: IKF "Katalog", 2002. 92 p.
4. Mihailov V. A. Sozdanie sistemy modul'nyh tipizirovannyh i unificirovannyh sredstv normalizacii mikroklimate i ozdorovlenija vozdušnoj sredy v kabinah samohodnyh mashin: Dis. ... d-ra tech. nauk. M.: MGTU "MAMI", 1998. 492 p.
5. Horoshev G. A., Petrov Ju. I., Egorov N. F. Bor'ba s shumom ventiljatorov. M.: Jenergoizdat, 1981. 144 p.
6. Solomahova T. S., Chebysheva K. V. Centrobezhnye ventiljatory. Aerodinamicheskie shemy i haracteristiki: Spravchnik. M.: Mashinostroenie, 1980. 176 p.
7. Otoplenie i ventiljacija: Uchebnik dlja vuzov. B 2-h ch. Chast 2. Ventuljacija / V. N. Bogoslovskij, V. I. Novozhilov, V. D. Simakov, V. P. Titov / Pod obsh. red. V. N. Bogoslovskogo. M.: Strojizdat, 1976. 439 p.
8. Mihailov V. A. Usovershenstvovanie tipazha ventiljatorov dlja kabin traktorov. *Traktory i sel'skhozajstvennyye mashiny*. 1996. N. 3. P. 18—21.
9. Mihailov V. A., Trofimova M. Ju. Uluchshenye parametrov vozdušnoj sredy v kabinah mashin, rabotajushih v gorodskih transportnyh potokah. *Gruzovik &*. 2001. N. 12. P. 9—11.



УДК 631.158:658.345

Л. А. Буренко, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., **В. А. Казакова**, зав. сектором, e-mail: ecoserv@mail.ru, **И. Б. Ивлева**, вед. инженер-маркетолог, Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ), Москва

Обеспечение безопасности при постановке сельскохозяйственной техники на хранение

Описаны места хранения сельскохозяйственных машин и указаны правила постановки их на хранение (минимальные расстояния между машинами, подставки и приспособления для установки и др.), дается номенклатура контролируемых параметров и средств контроля по обеспечению технической и экологической безопасности, а также представлена передвижная механизированная установка для нанесения красок и антикоррозийных материалов на машины и орудия.

Ключевые слова: машинный двор, охрана труда, сельскохозяйственная техника, хранение, требования безопасности

Меры безопасности при постановке машин на хранение

Установка машин на хранение должна производиться под руководством ответственного лица, назначенного работодателем. Отремонтированные или ожидающие ремонта тракторы, комбайны и другие сельскохозяйственные машины должны храниться на машинном дворе. Размещение машин в местах хранения должно обеспечивать безопасный въезд и выезд, осмотр и проведение технического обслуживания.

Машины при хранении должны располагаться на обозначенных местах по группам, видам и маркам с соблюдением расстояний между ними для проведения профилактических осмотров, а расстояние между рядами должно обеспечивать установку, осмотр и снятие машин с хранения.

Кратковременное хранение машин может осуществляться на станах бригад, в отделениях, на фермах и центральной усадьбе хозяйства, а также при ремонтных мастерских в период ожидания ремонта или после его окончания с соблюдением всех мер безопасности. При временном хранении машин на специально подготовленных площадках (в полевых условиях) машины должны располагаться в шеренгу в один ряд на расстоянии друг от друга, обеспечивающем свободный проезд с боковых сторон средств технического обслуживания и безопасную эвакуацию техники в случае пожара.

Минимальное расстояние между машинами при хранении в одном ряду на площадке без навеса должно быть 1,5 м, между рядами — 5 м, между машинами в одном ряду в помещении и на площадке с навесом — 0,7 м.

Место, предназначенное для хранения машин, должно быть хорошо освещено. Переносные элект-

рические лампы и электроинструменты должны включаться в сеть напряжением до 12 В.

При постановке машин на хранение должны быть приняты меры по предотвращению самопроизвольного опрокидывания или смещения машин. Рычаги-коробки перемены передач тракторов, комбайнов и других самоходных машин следует перевести в нейтральное положение, а педали, рычаги и другие органы механизмов управления выключить.

Прицепные машины устанавливаются на хранение так, чтобы их спицы были направлены в сторону выезда, а навесные — чтобы к ним мог подъехать трактор. Тракторы и комбайны следует устанавливать на специальные металлические подставки так, чтобы пневматические колеса не касались грунта. Подставки необходимо ставить под передний и задний мосты трактора, ведущий мост и брус управляемых колес молотилки. Жатку комбайна следует опускать в крайнее положение на подставки, уравнивающие пружины оставить натянутыми, под заднюю часть копнителя положить подкладки.

Чтобы машина самопроизвольно не откатывалась при подъеме ее домкратом, под ее колеса следует подставить колодки. При установке трактора, комбайна и других крупногабаритных машин безопаснее пользоваться двумя домкратами, которыми работают поочередно, поднимая на небольшую высоту то одну, то другую сторону машины.

В целях устойчивости навесные и полунавесные машины необходимо устанавливать на две подставки, если надо разгрузить ведущие колеса, на одну или две, если надо разгрузить управляемые колеса, жатку — на три подставки. Если при установке комбайна на хранение снимают жатку и мотовило, то для них должны быть сделаны стационарные подставки.

При подготовке к хранению жаток наибольшую опасность представляет режущий аппарат. Очищать его руками категорически запрещается. Чтобы не порезать руки, очистку следует проводить крючками и щетками. Когда нож очищен, его следует промыть, просушить и смазать, а затем уложить между двумя досками, обвязав проволокой. Ножи режущих аппаратов уборочных машин следует укладывать на стеллажи сегментами вниз или в специальные чехлы.

Зубовые бороны следует хранить в штабелях зубьями вовнутрь в устойчивом положении, предотвращающем их падение или перемещение.

Необходимо проявлять осторожность при регулировке рабочих органов плугов, культиваторов, сеялок и других машин и орудий, имеющих острые режущие элементы. Переносить лемехи, культиваторные лапы, диски борон, сеялок следует в рукавицах.

При снятии узлов и деталей, подлежащих складскому хранению, следует пользоваться переносными лампами напряжением 12...36 В, устойчивыми лестницами и другими приспособлениями, обеспечивающими безопасность работ.

Мелкие узлы необходимо разбирать и собирать на верстаках, а крупногабаритные — на специальных стендах или подставках, надежно фиксирующих узел в устойчивом положении и обеспечивающих свободный доступ к нему со всех сторон. Разобранные и снятые узлы и детали следует укладывать на стеллажи, тяжелые — на нижние полки, запрещается укладывать их на край верстака или стеллажа. При разборке узлов и агрегатов, в состав которых входят пружины, следует применять приспособления, предупреждающие внезапное действие пружин.

Для демонтажа и монтажа шин следует применять специальные приспособления и съемники. Шины необходимо освободить от веса машины, устанавливая ее на подставки, обеспечивающие зазор между поверхностью почвы и шинами. Давление в них следует уменьшить до 70...80 % от нормального (это можно не делать при кратковременном хранении до 10 дней).

Во время работы механизированных установок для нанесения красок и антикоррозийных материалов необходимо следить за показаниями манометров, не допуская давления в емкостях и ресиверах выше допустимого.

При постановке на хранение на машину наносят покрытие. Поверхность машины перед нанесением покрытий следует тщательно очистить от ржавчины, грязи, окалины, влаги и масла с помощью скребков, электрощеток, химических средств. Перед обработкой поверхности дисковой электрощеткой необходимо проверить наличие заземления; при подготовке поверхности под окраску шлифованием, сглаживанием и другими методами, при которых

выделяется большое количество пыли, следует применять очки и противопыльный респиратор. Если используются вращающиеся дисковые проволочные щетки, поверхность следует смачивать мыльным раствором, ограничивающим поступление пыли в воздух. При подготовке поверхности под окраску запрещается сдувать пыль или смахивать ее руками.

Регулировку сельскохозяйственных машин проводят на специальной площадке, оборудованной монорельсом. Рабочие, пользующиеся им, обязаны пройти инструктаж по технике безопасности при работе на грузоподъемных механизмах.

Машины, работавшие по внесению пестицидов и удобрений, следует мыть в специально отведенных местах с соблюдением действующих санитарных правил.

Втулочно-роликовые цепи необходимо промыть и проваривать в специальном приспособлении при температуре 80...90 °С, остерегаясь ожогов.

В местах хранения машин **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**:

- въезд машин, не прошедших очистку, мойку, а при необходимости и санитарную обработку;
- производить очистку машин от растительных остатков;
- мыть и протирать бензином детали и агрегаты, а также руки и одежду;
- хранить топливо (бензин, дизельное топливо) в баках машин;
- выполнять ремонт машин.

Для контроля состояния и безопасности труда в таблице дана номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению безопасной работы.

Хранение материалов и ремонтного фонда на складах

Помещение материального технического склада должно быть сухим, проветриваемым, отапливаемым, обеспечивающим температуру 5...30 °С. На территории склада строго запрещается курить и применять открытый огонь.

Склад должен быть оборудован стеллажами — поддонами, с указанием их предельной грузоподъемности и ящиками для хранения ремонтного фонда. Места хранения на стеллажах должны иметь нумерацию (маркировку), соответствующую хранимым материалам.

Доставка ремонтного фонда для хранения на складе должна быть механизирована. В помещениях склада, где хранятся на стеллажах электрооборудование, цепи, резинотехнические изделия, аккумуляторные батареи, должны быть ручные тележки грузоподъемностью до 250 кг с высотой подъема вилок до 1,5 м и лестницы-стремянки.

Сборочные единицы и детали должны храниться и укладываться на стеллажи так, чтобы тяжелые располагались на нижних полках, а легкие на верхних.



Номенклатура контролируемых параметров и рекомендуемых средств контроля по обеспечению технической и экологической безопасности на производственных участках хранения машин

Рабочий участок (рабочее место)	Применяемое вещество	Контролируемый параметр или выделяемое загрязняющее вещество и др.	Нормативное значение	Нормативный документ	Средства контроля
Постнаружной мойки	—	Освещенность, лк	≥ 150 (при общем освещении)	СНиП 23-05—95	Люксметр "Аргус-01"
		Электробезопасность, сопротивление: заземляющих проводов, Ом изолирующих электроустройств, МОм	≤ 5 ≥ 0,5	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-016—2001 Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390)	Омметр типа М372 Мегаомметры Ф4102/1-1М и Ф4102/2-1М
Пост консервации и окраски	Моющие жидкости МС-6, МС-8, Лабомид-101 и др.	Карбонат кальция (каустическая сода), мг/м ³	≤ 0,5	ГОСТ 12.1.005-88	Экспресс-анализатор "Газтестер"
		Освещенность, лк	≥ 300	СНиП 23-05—95	Люксметр "Аргус-01"
Пост консервации и окраски	—	Электробезопасность, сопротивление: заземляющих проводов, Ом изолирующих электроустройств, МОм	≤ 5 ≥ 0,5	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М-016—2001 Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. № 390)	Омметр типа М372 Мегаомметры Ф4102/1-1М и Ф4102/2-1М
		Ацетон, мг/м ³ Этиловый спирт, мг/м ³ Толуол, мг/м ³ Ксилол, мг/м ³ Уайт-спирит, мг/м ³ Фенолы, мг/м ³ Формальдегиды, мг/м ³	≤ 200 ≤ 1000 ≤ 50 ≤ 50 ≤ 300	ГОСТ 12.1.005—88	Газтестер КИ-28066
			≤ 0,3 ≤ 0,5		"Экотест"

Расположение деталей и изделий на краю стеллажа запрещается.

Крупногабаритные детали (рамы, картеры и т. п.) следует хранить отдельно от деталей малых размеров, допускается их хранение под навесами. Погрузку, выгрузку, транспортировку следует проводить с соблюдением требований к погрузочно-разгрузочным работам.

Втулочно-роликовые цепи, крепежные детали (метизы) должны храниться в ящичной таре вместимостью до 250 кг, которая устанавливается на три нижних полки стеллажей при высоте не более 1,5 м.

Аккумуляторные батареи следует хранить в соответствии с инструкциями по эксплуатации и обслуживанию в сухом состоянии (без электролита) в сухих прохладных, хорошо проветриваемых помещениях или погребе. Недопустимы резкие колебания температуры — от нее напрямую зависит срок хранения аккумулятора (оптимальная температура хранения — около нуля, но допускается до -15°C).

Батареи должны быть расположены самое меньшее на расстоянии 1,5 м от отопляющих предметов и скрыты от прямых солнечных лучей. Они должны быть защищены от пыли, бензина, масла, кислотных испарений и других загрязнителей. При хранении батарей на складе все аккумуляторные элементы должны быть закрыты транспортной пробкой, а батарея закрыта предохранительной крышкой.

При хранении и транспортировке батареи запрещено ставить одна на другую. Аккумуляторные батареи следует транспортировать в закрытых транспортных средствах или на специальных тележках. Для избегания механических повреждений батареи должны быть прочно прикреплены к полу транспортного средства. При переносе вручную необходимо использовать специальные захваты и приспособления.

Баллоны со сжиженными газами должны храниться в помещениях, защищающих от прямых

солнечных лучей, с кирпичными или железобетонными стенами с отверстиями, расположенными на расстоянии не менее 50...100 м от других зданий, в стойках в вертикальном положении, закрепленными от случайного падения. Не реже одного раза в неделю баллоны должны проверяться на отсутствие повреждений и утечки газа.

Лакокрасочные и антикоррозионные материалы, кислоты, щелочи необходимо хранить в отдельном от основного помещения отсеке склада с несгораемыми стенами. Отсек должен иметь выход наружу для приема материалов. На каждой бочке или банке с лакокрасочными материалами должны быть наклейка или бирка с названием материала. Кислоты и щелочи должны храниться в стеклянной посуде, защищенной от ударов.

Соблюдение рассмотренных рекомендаций позволит сократить число несчастных случаев на предприятиях технического сервиса и хозяйств АПК, а также поможет обеспечить нормальные условия труда на рабочих местах.

Список литературы

1. **Буренко Л. А.** Обеспечение безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. — М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2014. — 332 с.
2. **Черноиванов В. И., Колчин А. В., Буренко Л. А., Шкуникова М. В., Ивлева И. Б.** Технологические рекомендации по обеспечению технической, пожарной, экологической безопасности и охраны труда при ремонте и техническом сервисе новых марок отечественных (в том числе с газобаллонными двигателями) и импортных тракторов, сельскохозяйственных машин и животноводческого оборудования в АПК. — М.: ГОСНИТИ, 2008. — 176 с.
3. **ГОСТ 12.1.005—88.** Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. — Введ. 1989-01-01. — М.: Госстандарт СССР: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 48 с.
4. **Свод правил.** Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*: СП 52.13330.2011: утв. М-вом регионального развития Рос. Федерации 27.12.10: введ. в действие с 20.05.2011. — М.: Минрегион России, 2011. — 50 с.

L. A. Burenko, Senior Researcher, **V. A. Kazakova**, Head of Sector, e-mail: ecoserv@mail.ru, **I. B. Ivleva**, Leading engineer-marketing specialist, All-Russian Research Institute for Agricultural Machines and Harvesters Engineering Technology and Services (GOSNITI), Moscow

Safety at Statement of Agricultural Machinery on Storage

In article places of storage of agricultural cars are described and rules of their statement are specified storage (the minimum distances between cars, supports and adaptations for installation, etc.), the nomenclature of controlled parameters and control devices on ensuring technical and ecological safety is given, and also the mobile mechanized installation for putting paints and anticorrosive materials on cars and tools is presented.

Keywords: machine yard, labor protection, agricultural machinery, storage, safety requirements



References

1. **Burenko L. A.** Obespecheniye bezopasnosti pri tekhnicheskoy servise sel'skokhoziaystvennoy tekhniki [Ensuring safety during technical servicing of agricultural equipment]. Moscow: State Scientific Institution GOSNITI, 2014. 332 p. (Russian).
2. **Chernoivanov V. I., Kolchin A. V., Burenko L. A., Shkunkova M. V., Ivleva I. B.** Tekhnologicheskiye rekomendatsii po obespecheniyu tekhnicheskoy, pozharney, ekologicheskoy bezopasnosti i okhrany truda pri remonte i tekhnicheskoy servise novykh marok otechestvennykh (v tom chisle s gazoballonnyimi dvigateliami) i importnykh traktorov, sel'skokhoziaystvennykh mashin i zhivotnovodcheskogo oborudovaniya v APK [Technological recommendations on ensuring technical, fire, ecological safety and professional welfare during the repair and technical servicing of new makes of domestic (including those with compressed gas engines) and imported tractors, agricultural machines and animal husbandry equipment in the AIC]. Moscow: GOSNITI, 2008. 176 p. (Russian).
3. **GOST 12.1.005—88.** Sistema standartov bezopasnosti truda. Obschie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochey zony [Occupational safety standards system. General sanitary requirements for working zone air]. Moscow: Gosstandart of the USSR: IPK Standards Publishing House, 2002. 48 p. (Russian).
4. **Svod pravil.** Estestvennoe i iskusstvennoe osveschenie. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIP 23-05-95 [Set of rules. Natural and artificial lighting. The stacitized edition Construction Norms and Regulations 23-05-95]: SR 52.13330.2011: Moscow: Ministry of Regional Development of the Russian Federation, 2011. 50 p. (Russian).

УДК 614.894.2

В. Ф. Кириллов, д-р мед. наук, проф., e-mail: vasilena-san@mail.ru, Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России, Москва

Об эффективности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания

Кратко описаны современные научно обоснованные принципы выбора и организации применения фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), используемые в промышленно развитых странах, и их отличие от подходов, используемых в РФ, включая рекомендации известного специалиста в области СИЗОД В. И. Тарасова, изложенные в приложении к журналу "Безопасность жизнедеятельности" № 6 за 2014 г. Показана необоснованность рекомендации В. И. Тарасова применять полнолицевые маски с панорамным стеклом и шлем-маски при значительном превышении ПДК_з, недостатки при учете токсичности вредных веществ и при выборе СИЗОД для защиты от смеси токсичных веществ; несоответствие поля зрения шлем-масок современным требованиям. Продемонстрирована необходимость разработки и использования в РФ требований к выбору и организации использования СИЗОД, соответствующего аналогичным современным требованиям в развитых странах, для снижения риска развития профзаболеваний.

Ключевые слова: СИЗОД, коэффициент защиты, замена противогазных фильтров, требования законодательства, профессиональные заболевания

Публикация в приложении к журналу "Безопасность жизнедеятельности" № 6 за 2014 г. известного специалиста в области СИЗОД В. И. Тарасова "Об оценке эффективности фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания рабочих" побудила автора данной статьи высказать свою точку зрения по основным положениям опубликованного материала, связанным с выбором и применением средств индивидуальной защиты органов дыхания.

В настоящее время в РФ выбор и применение СИЗОД осуществляется работодателем в соответствии с "Типовыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам ...",

а выдаваемые респираторы должны быть сертифицированы. Выполнение этих требований не всегда позволяет защищать рабочих достаточно эффективно, так как и в указанном документе, и в Техническом Регламенте Таможенного Союза, используемого для сертификации, нет никакой информации, позволяющей определить области допустимого применения СИЗОД разных конструкций. Этой информации нет и в новых ГОСТах РФ с требованиями к качеству респираторов и их составных частей, и как справедливо заметил В. И. Тарасов (с. 23), не проводится обучение специалистов. В результате сочетания перечисленных проблем рабочим нередко выдаются заведомо недостаточно эффективные респираторы, в Интернете

регулярно появляются сообщения о гибели людей, а в работе [1] описан случай, когда заместитель начальника цеха попытался вытащить из колодца погивавших от недостатка кислорода сотрудников, используя фильтрующий противогаз.

Поэтому публикация указанного выше материала о выборе СИЗОД очень полезна. Однако следует отметить тот факт, что рекомендации В. И. Тарасова не вполне соответствуют общепринятым в промышленно развитых странах требованиям и что автор игнорирует современный уровень науки в области респираторной защиты, ограничиваясь ссылками на исключительно русскоязычные публикации и критикой имеющих существенных недостатков как новых стандартов, так и практики применения СИЗОД. Перед тем, как будут разобраны эти несоответствия, необходимо вкратце описать, как организовано применение фильтрующих респираторов в промышленно развитых странах сейчас.

Для защиты рабочего от вдыхания загрязненного воздуха фильтрующее СИЗОД должно: использоваться своевременно; отделять органы дыхания от окружающего загрязненного воздуха; обеспечивать рабочего пригодным для дыхания отфильтрованным воздухом.

Поскольку использование СИЗОД оказывает негативное воздействие на рабочего, возникают затруднения, вследствие чего снижается его работоспособность. Кроме того, из-за невозможности определения точного момента превышения концентрации вредных веществ (ПДК_{рз}) на основе субъективных ощущений, добиться своевременного использования респираторов бывает сложно, а порой просто невозможно. Например, при добыче угля в РФ запыленность воздуха может превышать 1 г/м^3 , но доля времени использования респираторов-полумасок не превышает 85...93 % из-за необходимости выполнять тяжелую физическую работу и общаться [2]. По этой причине специалисты по промышленной гигиене считают применение СИЗ самым ненадежным способом защиты, а законодательство развитых стран стимулирует работодателя в первую очередь улучшать условия труда, и лишь после этого — обеспечивать рабочих достаточно эффективными СИЗОД. Причем это требование с подробным перечислением более эффективных технических и организационных способов защиты включено в стандарты Великобритании и Германии, определяющие порядок выбора и организации применения СИЗОД в этих странах.

Даже при своевременном использовании респиратора вредные вещества могут попасть в организм через органы дыхания (просочившись через зазоры и пройдя через недостаточно эффективный фильтр) или через кожу. Если фильтр выбран пра-

вильно (и если противогазный фильтр своевременно заменяется) и поглощение кожей незначительно, то главным путем поступления вредных веществ может стать просачивание неотфильтрованного воздуха через зазоры между маской и лицом. Эти зазоры могут возникать из-за сползания маски во время работы, ее неаккуратного одевания и ее несоответствия лицу по форме и/или размеру. Десятки исследований защитных свойств респираторов разных конструкций, проводившиеся в различных производственных условиях во время реального выполнения работы [3], однозначно показали, что именно просачивание через зазоры определяет общую эффективность СИЗОД ([4] и др.). А поскольку имитировать все многообразие случаев использования СИЗОД во время кратковременной проверки при сертификации невозможно, то защитные свойства в лабораторных условиях обычно гораздо выше, чем на практике. Осознав это, специалисты Великобритании и США стали различать требования к респираторам при их сертификации и ограничения области применения. В Великобритании ограничения устанавливали после статистического анализа результатов измерений в производственных условиях (31 исследование, изучались СИЗОД семи типов, при этом проведено 1863 замера [5]), и также поступили в США (26 исследований, более 296 участников, более 926 замеров [6]). Наиболее наглядное отличие между требованиями при сертификации и ограничениями получилось в США: у полнолицевых масок коэффициент защиты — далее КЗ (отношение концентрации вещества снаружи маски к подмасочной) при лабораторной проверке $>250\,000$, применение ограничено 50 ПДК_{рз}, у полумасок — КЗ $>25\,000$ и 10 ПДК_{рз} [7, 8].

Для обеспечения рабочего пригодным для дыхания очищенным воздухом нужно правильно выбрать фильтры и своевременно заменять противогазные фильтры. Исследования показали, что использование субъективной реакции органов чувств на появление запаха под маской не является надежным методом, так как часть газов не имеет запаха при концентрации, значительно превышающей ПДК_{рз} (например, на запах пентаборана люди обычно реагируют при концентрации более 100 ПДК_{рз}); реакция на запах индивидуальна и зависит от разных факторов. Поэтому с 1996 г. в США требуют от работодателя заменять противогазные фильтры или по расписанию (составленному с помощью определения срока службы, например, путем вычислений), или по показаниям индикатора окончания срока службы. Стандарт ЕС рекомендует работодателю собрать информацию об условиях применения СИЗОД и передать



ее изготовителю фильтров для получения от него конкретного значения срока службы в указанных условиях, и не использовать реакцию органов чувств.

Проблемы со своевременной заменой противогазных фильтров и с предотвращением просачивания неотфильтрованного воздуха через зазоры между лицом и маской при ее случайном сползании побудили разработать еще один критерий для оценки возможности применения СИЗОД — значения концентраций, мгновенно опасных для жизни или здоровья. Считается, что концентрация загрязнений мгновенно опасна, если ее кратковременное воздействие может привести к смерти или необратимому ухудшению здоровья рабочего. При работе в таких опасных условиях требуют использовать самые надежные СИЗОД — изолирующие (чтобы не зависеть от фильтра) и с постоянным избыточным давлением под маской (чтобы исключить просачивание через зазоры). Установлены значения таких концентраций для более 650 самых распространенных веществ [9].

Главное отличие между рекомендациями В. И. Тарасова и современными требованиями в том, что он считает допустимым использование полнолицевых масок с панорамным стеклом (типа ППМ-88), соответствующих ГОСТ 12.4.189—99 при концентрации вредных веществ до 1000 ПДКрз. Это значительно больше, чем минимальные значения КЗ (полученные в реальных производственных условиях) — 11, 17 и 24 ПДКрз у трех моделей масок [10], и значительно меньше минимальных КЗ, полученных в лабораторных условиях — 25 и 30 ПДКрз [11]. Рекомендация не соответствует научно обоснованным ограничениям законодательства некоторых зарубежных стран (США — 50 ПДКрз, Великобритания — 40 ПДКрз).

В. И. Тарасов рекомендует использовать СИЗОД с лицевой частью ШМП при превышении ПДКрз до 100 000 раз — при отсутствии постоянного избыточного давления под маской (при вдохе) только за счет уникальной конструкции лицевой части, охватывающей всю голову, и не имеющей аналогов на западе (среди промышленных СИЗОД). Для обоснования такой рекомендации используются исключительно результаты лабораторных измерений, т. е. не учитывается возможное отличие лабораторной и производственной эффективности [3], а она есть у всех остальных видов СИЗОД.

Выше написано "возможное отличие", так как при оценке эффективности респираторов в производственных условиях нужно проверять такие СИЗОД, которые правильно ис-

пользуются в соответствии с установленными требованиями, а их нет в РФ и не было в СССР. Поэтому полноценное исследование производственной эффективности в РФ трудно осуществимо.

Описывая способность лицевой части ШМП отделять органы дыхания от окружающей загрязненной атмосферы и недостатки полнолицевых масок с панорамным стеклом, В. И. Тарасов умалчивает о недостатках ШМП, вызванных ее уникальной конструкцией. Охватывая всю голову, ШМП создает повышенное давление на нее, что стимулирует избегать применения СИЗОД, особенно при небольшом превышении ПДКрз, а существенно ограниченное поле зрения (см. рисунок) может помешать выполнению работы вообще:

"...в некоторых случаях работа в противогазе оказалась вовсе невозможной, или очень трудной ... например ... на опасной работе, требующей широкого поля зрения." [12, с. 51];

"...до сих пор несовершенна лицевая часть противогаза, шлем-маска промышленного противогаза непригодна, поскольку она создает большое давление на голову ... чрезвычайно мал обзор за счет очковых стекол..." [13, с. 209].

По данным работы [14, с. 29] при носке шлем-маски поле зрения сокращается более чем в 2 раза (на 53 %), а перекрытое поле зрения (обоими глазами) сокращается более чем в 6 раз. Отметим, что ГОСТ 12.4.189—99 в пункте 4.15.2 требует от изготовителей полнолицевых масок с двумя стеклами обеспечивать поле зрения не менее 70 % по отношению к полю зрения без маски, и перекрытое поле зрения (обоими глазами) не менее 20 % от поля зрения без маски. ШМП не соответствует обоим требованиям.

В. И. Тарасов утверждает, что его методика выбора СИЗОД позволяет учитывать токсичность —

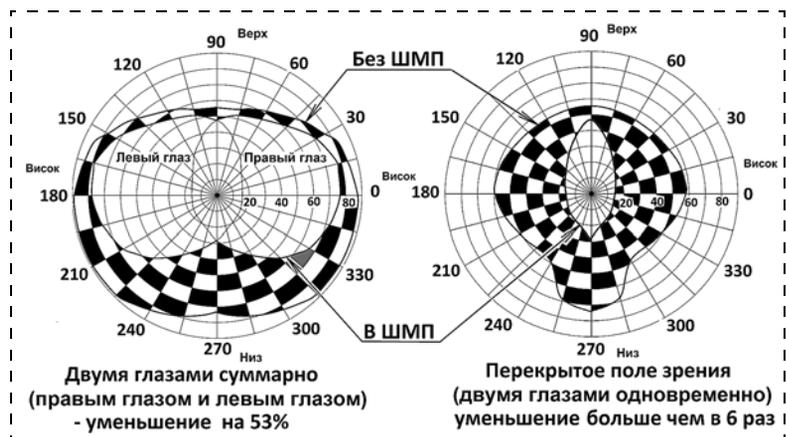


Схема сужения поля зрения рабочего при носке ШМП. Слева — поле зрения двумя глазами, справа — перекрытое поле зрения (только то, что видно двумя глазами одновременно)

если у вещества меньше значение ПДКрз, то допустимое превышение ПДКрз уменьшается. При этом токсичные свойства разных вредных веществ учитываются исключительно по их ПДКрз и по классу опасности [15]. А методика выбора адекватного респиратора (NIOSH, [16]) требует учитывать токсичность вредных веществ индивидуально, для чего с середины прошлого века были разработаны значения мгновенно опасных концентраций для сотен наиболее часто используемых вредных веществ [9].

И в рецензируемом материале, и в книге [15] автор ничего не сказал о том, как выбирать СИЗОД для часто встречающейся ситуации, когда воздух загрязнен смесью разных вредных веществ. А алгоритм выбора респиратора NIOSH позволяет учесть это для любого случая [16].

Можно также заметить, что за семь лет после публикации книги [15] мнение автора по указанным отличиям, к сожалению, не изменилось, хотя за 2011—2013 гг. он имел возможность ознакомиться с современным уровнем науки в этой области (десятки статей, учебники, стандарт [7]).

Указанные выше обстоятельства свидетельствуют о значительном отставании в области регулирования выбора и организации практического использования СИЗОД в РФ по отношению с США и Европейскому Союзу в части санитарно-законодательных документов, регламентирующих правила выбора, индивидуального подбора, проверки соответствия маски лицу, и обучения рабочих при допуске на рабочее место (требующее применения СИЗОД).

Необходимо в законодательном порядке установить ограничительные пределы применения СИЗОД любых конструкций в производственных условиях в зависимости от кратности превышения ПДКрз, и требования к организации их использования.

Указанное предложение позволит выйти на современный уровень организации применения СИЗОД и будет способствовать снижению частоты случаев профзаболеваний на тех рабочих местах, где использование более надежных и предпочтительных методов защиты от вредных факторов (изменение технологии, герметизация оборудования, снижение загрязненности воздуха с помощью вентиляции и других средств коллективной защиты) остается трудноосуществимым.

Список литературы

1. Путилов В. Смертельный колодец // Журнал Инспектор труда. С. 8—12. — в журнале Охрана труда и социальное страхование. 2012. — № 5.
2. Дремов В. И., Никитенко Е. А., Мокроусов Б. Л. Прогноз динамики риска заболеваемости проходчиков пневмокониозом // Технологическая и экологическая безопасность: Сб. науч. тр. Дон. отд-ние междунар. акад. наук экологии и безопасности жизнедеятельности. ЮРГТУ. — Ростов-на-Дону: "Логос", 2005. — С. 26—27.
3. Кириллов В. Ф., Филин А. С., Чиркин А. В. Обзор результатов производственных испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) // Токсикологический вестник. 2014. — № 6. — С. 44—49.
4. Wallis G. et al. Workplace field testing of a disposable negative pressure half-mask respirator 3M (8710) // American Industrial Hygiene Association Journal. — 1993. — Vol. 54. — N. 10. — P. 576—583.
5. BS 4275—1997. Guide to implementing an effective respiratory protective device programme. — London, 1997. — BSI. — 60 p.
6. Assigned Protection Factors. Federal Register. Vol. 68, No 109 / Friday, June 6, 2003. P. 34036-34119. URL: https://www.osha.gov/FedReg_oseha_pdf/FED20030606.pdf (дата обращения 10.10.2014).
7. Respiratory protection. 29 CFR 1910.134. URL: www.osha.gov (дата обращения 10.10.2014).
8. Approval of Respiratory Protective Devices. 42 CFR Part 84. URL: <http://cfr.regstoday.com/42cfr84.aspx> (дата обращения 10.10.2014).
9. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. — 2007. — DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-149. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf> (дата обращения 10.10.2014).
10. Tannahill S. N. et al. Workplace protection factors of HSE approved negative pressure full-facepiece dust respirators during asbestos stripping: Preliminary findings // The Annals of Occupational Hygiene. — 1990. — Vol. 34. — N. 6. — P. 547—552.
11. Crutchfield C. D. et al. Effect of Test Exercises and Mask Donning on Measured Respirator Fit // Applied Occupational and Environmental Hygiene. — 1999. — Vol. 14. — N. 12. — P. 827—837.
12. Митницкий М. и др. В противогазах на производстве. — М.: Осоавиахим СССР, 1937. — С. 51. — 64 с.
13. Капцов В. А. и др. Средства индивидуальной защиты работающих на железнодорожном транспорте: Каталог-справочник. — М.: Транспорт, 1996. — 426 с.
14. Трумпайц Я. И., Афанасьева Е. Н. Индивидуальные средства защиты органов дыхания (альбом). — Ленинград: Профиздат, 1962. — 55 с.
15. Кошелев В. Е., Тарасов В. И. Просто о непростом в применении средств защиты дыхания. — Пермь: Агентство Стиль МГ, 2007. — 280 с.
16. Bollinger N. et al. NIOSH Respirator Selection Logic. — 2005 // DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-100. — 32 p. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/pdfs/05-100.pdf> (дата обращения 10.10.2014).



V. F. Kirillov, Professor, e-mail: vasilena-san@mail.ru, I. M. Sechenov Moscow State Medical University

The Effectiveness of Filtering Personal Respiratory Protective Equipment

The article briefly describes the current evidence-based principles of selection and organization of application filtering personal respiratory protective equipment (RPE) in industrialized countries, and how they differ from approaches used in the Russia, including the recommendations of Tarasov's article. This article shows no justification for the recommendation to use a full-face mask with a panoramic window and a helmet-masks in significant excess of the permissible concentration limit, the deficiencies in the consideration of the toxicity of harmful substances and the selection of RPE for protection against a mixture of toxic substances; the mismatch of the helmet-masks' field of view to modern standard requirements. This article demonstrated the need for development and use in the RF such requirements to the selection and organization of the use of RPE, which correspond to similar requirements in industrialized countries, to reduce the frequency of occupational diseases.

Keywords: RPE, protection factor, gas filter replacement, legal requirements, occupational diseases

References

1. **Putilov V.** Smertel'nyj kolodec. *Journal "Inspektor truda"*, p. 8–12. — In the journal "Ohrana truda i social'noe strahovanie". 2012. N. 5.
2. **Dremov V. I., Nikitenko E. A., Mokrousov B. L.** Prognoz dinamiki riska zaboлеваemosti prohodchikov pnevmokoniozom. *Tehnologicheskaja i jekologicheskaja bezopasnost': Sb. nauch. tr. Don. oid-ie mezhdunar. akad. nauk jekologii i bezopasnosti zhiznedejatel'nosti. JuRGU. Rostov-na-Donu: "Logos", 2005. P. 26–27.*
3. **Kirillov V. F., Filin A. S., Chirkin A. V.** Obzor rezul'tatov proizvodstvennyh ispytanij sredstv individual'noj zashhity organov dyhanija (SIZOD). *Toksikologicheskij vestnik*. 2014. N. 6. P. 44–49.
4. **Wallis G. et al.** Workplace field testing of a disposable negative pressure half-mask respirator 3M (8710). *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1993. V. 54. N. 10. P. 576–583.
5. **BS 4275—1997.** Guide to implementing an effective respiratory protective device programme. London, 1997. — BSI. 60 p.
6. **Assigned Protection Factors.** Federal Register. V. 68. N. 109. Friday. June 6. 2003. P. 34036–34119. URL: https://www.osha.gov/FedReg_osha_pdf/FED20030606.pdf (date accessed 10.10.2014).
7. **Respiratory protection.** 29 CFR 1910.134. URL: www.osha.gov (date accessed 10.10.2014).
8. **Approval of Respiratory Protective Devices.** 42 CFR Part 84. URL: <http://cfr.regstoday.com/42cfr84.aspx> (date accessed 10.10.2014).
9. **NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.** — 2007. — DHHS (NIOSH) Publication N. 2005-149. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf> (date accessed 10.10.2014).
10. **Tannahill S. N. et al.** Workplace protection factors of HSE approved negative pressure full-facepiece dust respirators during asbestos stripping: Preliminary findings. *The Annals of Occupational Hygiene*. 1990. V. 34. N. 6. P. 547–552.
11. **Crutchfield C. D. et al.** Effect of Test Exercises and Mask Donning on Measured Respirator Fit. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 1999. V. 14. N. 12. P. 827–837.
12. **Mitnickij M. et al.** V protivogazah na proizvodstve. M.: Osoaviahim USSR, 1937. 64 p.
13. **Kapcov V. A. et al.** Sredstva individual'noj zashhity robotajushhij na zheleznodorozhnom transporte: Katalog-spravochnik. — M.: Transport, 1996. 426 p.
14. **Trumpajc Ja. I., Afanas'eva E. N.** Individual'nye sredstva zashhity organov dyhanija (al'bom). Leningrad: Profizdat, 1962. 55 p.
15. **Koshelev V. E., Tarasov V. I.** Prosto o neprostom v primenenii sredstv zashhity dyhanija. Perm': Agentstvo Stil' MG, 2007. 280 p.
16. **Bollinger N. et al.** NIOSH Respirator Selection Logic. 2005. *DHHS (NIOSH) Publication*. 2005. N. 100. 32 p. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/pdfs/05-100.pdf> (date accessed 10.10.2014).

УДК 658.012:614.8.01

С. В. Глухов, канд. экон. наук, главный специалист отдела,
А. В. Глухов, канд. техн. наук, вед. специалист отдела, e-mail: A.Glukhov@vunipigaz.ru,
ООО "ВолгоУралНИПИгаз", г. Оренбург

Применение программного комплекса "Баязет" для составления деклараций промышленной безопасности на базе разработанной концепции расчета и построения полей рисков на точечных и линейных объектах

Рассмотрен программный комплекс "Баязет" и его возможности по автоматизации процесса разработки деклараций промышленной безопасности объектов нефтегазовой отрасли, оценке рисков аварий и инцидентов и построению полей рисков на картографической основе. Предложен метод расчета полей потенциального риска от возможных аварий на линейных объектах нефтегазовой отрасли — трубопроводах. Показано, что этот метод позволяет получать адекватные результаты, так как дает значения, более близкие к данным отраслевой статистики, чем существующие реализованные численно методы.

Ключевые слова: поле потенциального риска, декларация промышленной безопасности, точечные и линейные объекты нефтегазовой отрасли

Построение полей рисков аварий — неотъемлемая часть деклараций промышленной и пожарной безопасности. Основные проблемы и неточности при декларировании связаны с оценкой риска аварий, выявлением "слабых" мест и выработкой на этой основе обоснованных рекомендаций по обеспечению безопасности. На практике используются различные методы оценки рисков, качественные и количественные, выбор которых обусловлен стадией выполнения проектов. Качественные методы, например Hazid (идентификация опасностей) и Hazop (анализ опасностей и работоспособностей), популярны за рубежом, эффективны на ранних этапах разработки проектов. Количественная оценка рисков является наиболее точной по сравнению с другими методами анализа рисков. Количественная оценка риска невозможна без применения современного программно-аппаратного обеспечения. Связано это с необходимостью проведения огромного количества вычислений по различным сценариям развития аварий; численно-интегрирования, решения систем дифференциальных уравнений.

Программный комплекс (ПК) "Баязет" [1], разработанный авторами в ООО "ВолгоУралНИПИгаз", Оренбург, предназначен для автоматизации процесса разработки деклараций промышленной безопасности объектов нефтегазовой отрасли, оценки рисков аварий и инцидентов и построения полей рисков на картографической основе. Про-

грамма может применяться в управлении процессом обеспечения промышленной безопасности нефтегазовых предприятий. На рис. 1 представлено главное "окно" программы.

ПК "Баязет" обеспечивает выполнение следующих функций:

- расчет масс компонентов смеси (газовая, жидкостная, двухфазная смесь — газо-жидкостная или трехфазная смесь, состоящая из газовой смеси и двух жидкостных смесей), содержащихся в оборудовании, по мольным, объемным или массовым процентам;

- расчет масс веществ, участвующих в аварии и в поражающем факторе при разрыве (разрушении) оборудования на полное сечение и утечке через отверстие, на основе введенной в базу данных информации по оборудованию и смесям веществ, автоматически производится расчет масс веществ, участвующих в аварии и в поражающем факторе;

- моделирование различных сценариев развития аварий: "Взрыв топливно-воздушной смеси", "Огненный шар", "Пожар разлития", "Токсическое воздействие" на основе утвержденных государственными органами методик;

- построение полей рисков летального поражения на картографической основе;

- формирование готовой отчетности в формате MS Word по основным пунктам декларации промышленной безопасности и расчетно-пояснительной записки к ней.

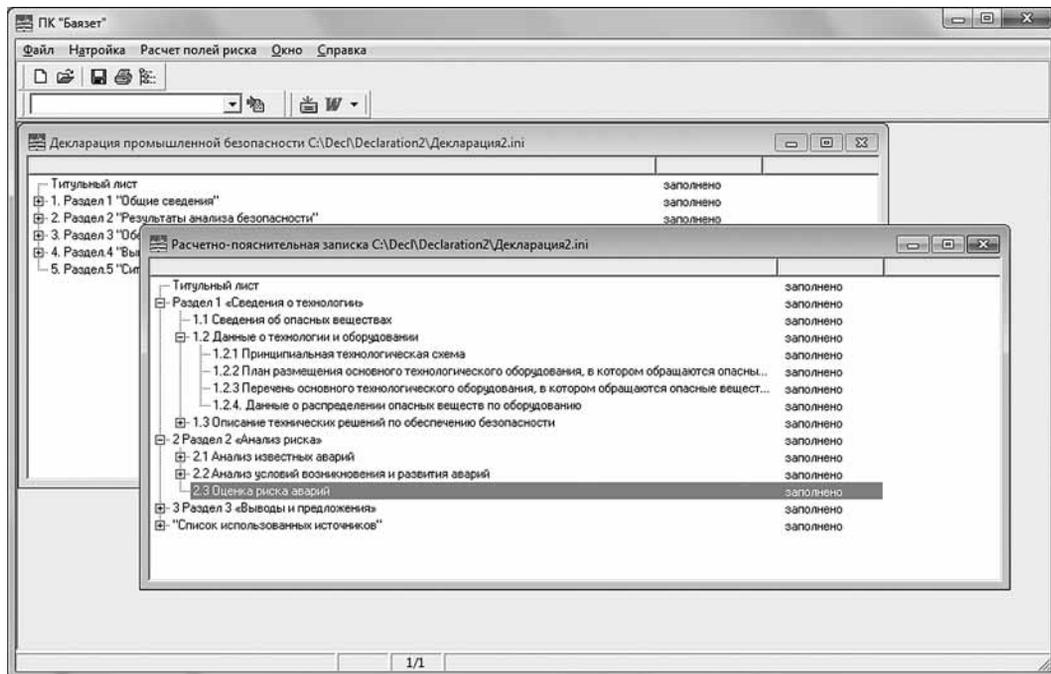


Рис. 1. Главное окно ПК "Баязет"

При моделировании истечения газа и (или) жидкости через отверстие, можно варьировать диаметр отверстия, место его расположения относительно дна емкостного оборудования. Исходя из времени ликвидации утечки и расположения отверстия, автоматизированная система рассчитыва-

ет массу газовых и жидких составляющих, вышедших через отверстие, отслеживаются ситуации, когда выходит только жидкость и не выходит газ.

В специальном справочнике, интегрированном в программу, задаются химико-физические параметры простых веществ, из которых составляются

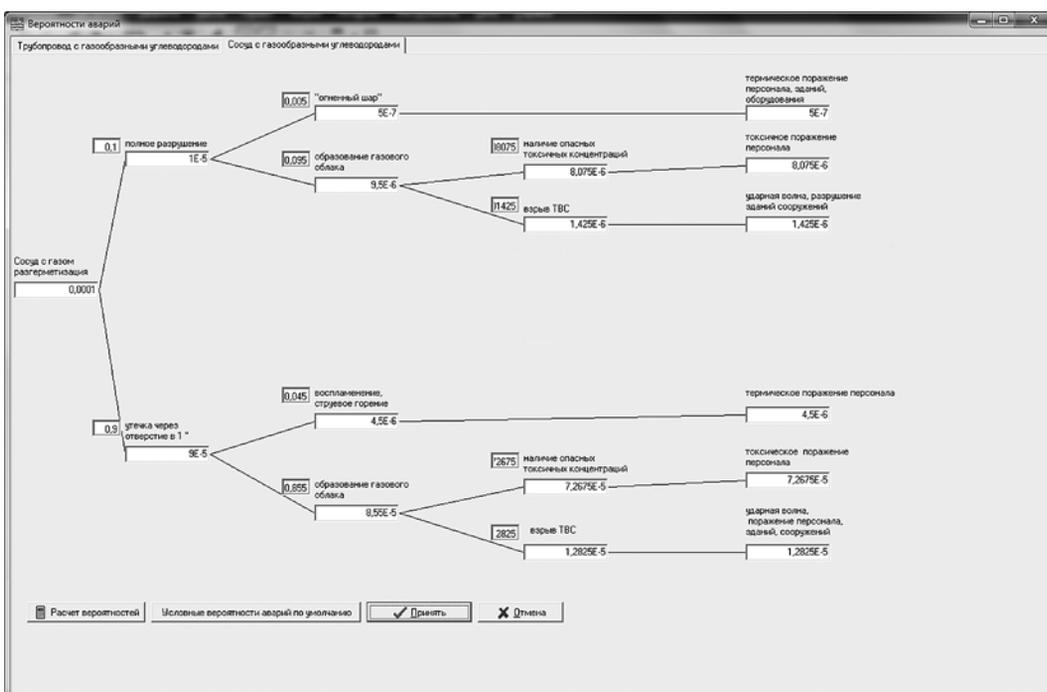


Рис. 2. Форма задания вероятностей сценариев развития аварий

смеси. Данные параметры участвуют в расчетах по различным методикам.

В ПК "Баязет" в специальных экранных формах формируются деревья событий, описывающие различные сценарии развития аварийной ситуации на опасном производственном объекте (ОПО). Например, на рис. 2 приведено дерево событий для описания сценариев и их вероятностей реализации для возможной аварии в сосуде с газобразными углеводородами. Данные основаны на отраслевой статистике, при этом предусмотрена возможность их корректировки и ручного ввода для конкретного ОПО.

Для каждой единицы оборудования моделируются ранее упомянутые сценарии развития аварий. Для моделирования токсичных сценариев используется методика "ТОКСИ-3" [2]. При этом в отличие от существующих программных средств в ПК "Баязет" используются значения пороговой и летальной токсодоз, соответствующие гигиеническими нормами, а также программно обрабатывается многолетняя статистика по направлению ветра, температуре воздуха, определяются классы устойчивости атмосферы [3].

В результате моделирования нескольких десятков сценариев для каждой единицы оборудования, в ПК "Баязет" осуществляется построение полей рисков. Координаты всех объектов программно привязаны к карте, выполненной в заданном масштабе. Имеется возможность построения полей

рисков в виде изолиний. На рис. 3 (см. 2-ю стр. обложки) представлено поле потенциального риска, рассчитанное с помощью ПК "Баязет".

Недостаточно построить лишь поля потенциального риска. Подход к оценке рисков должен быть комплексным. С учетом времени нахождения человека на конкретной территории строятся поля индивидуальных рисков, а с учетом количества людей в данной области и вероятности их нахождения в ней — поля коллективного риска. Для целей страхования объектов, принимающего все более актуальное значение с выходом закона "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте" [4], необходимо построение F/N диаграмм социального риска (F — частота, N — количество людей) (рис. 4).

По значению показателя социального риска нормативы устанавливаются для населенных пунктов и обслуживающего персонала ОПО:

а) для населенных пунктов показатель социального риска обосновывается путем сравнения F/N кривой (зависимость частоты возникновения событий F , в которых пострадало не менее N человек), с одной из рекомендуемых в Декларации [5] F/N кривых, характеризующих предельно допустимый социальный риск для населения, год⁻¹:

на действующих ОПО:

$$F = 10^{-2} N^{-2}, \quad (1)$$

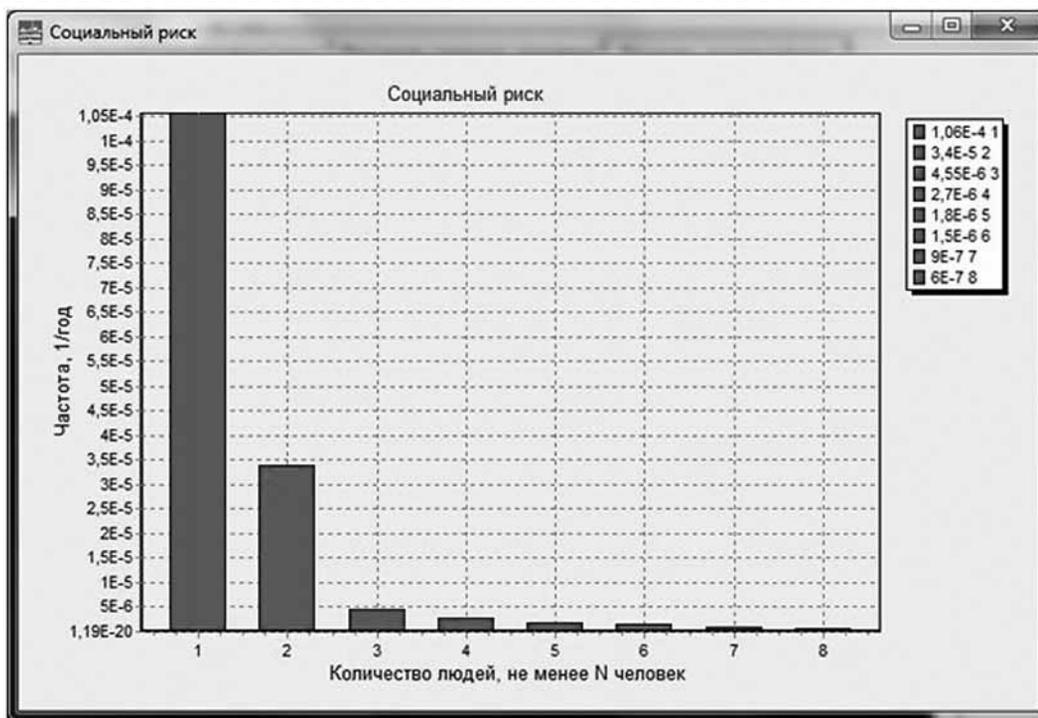


Рис. 4. F/N диаграмма, построенная с помощью ПК "Баязет"



на проектируемых ОПО:

$$F = 10^{-3}N^{-2}; \quad (2)$$

б) для обслуживающего персонала в Методических указаниях [6] рекомендованы функции: на действующих ОПО:

$$F = 5 \cdot 10^{-2}N^{-2}, \quad (3)$$

на проектируемых ОПО:

$$F = 5 \cdot 10^{-3}N^{-2}. \quad (4)$$

Сравнение расчетной F/N кривой с допустимыми значениями рисков выполняется путем их совместного построения. Если расчетное значение F/N кривой расположено выше области допустимых значений, делаются выводы о чрезмерно высоком уровне опасности на рассматриваемом ОПО и необходимости принятия мер по снижению риска в отношении населения и персонала. На рис. 5 представлено сопоставление предельных и расчетных кривых, полученных с помощью ПК "Баязет". Для наглядности соответствующие значения построены в разных масштабах.

Данные по рассчитанным социальным рискам могут быть полезны страховым компаниям для определения страховой премии.

Авторами при разработке ПК "Баязет" использован новый подход для расчета рисков на линейных объектах — трубопроводах углеводородов. Вы-

звано это тем, что при построении полей рисков на трубопроводах зачастую применяют следующий подход: рассчитывают риск для точечного источника и "растягивают" поле риска вдоль трубопровода. Данный подход неверен, так как не учитывает воздействие различных участков трубопровода друг на друга.

В работе [7] сказано, что в тех случаях, когда аналитическое вычисление зон потенциальной опасности невозможно, проводят интегрирование при оценке потенциальных зон опасности для точечных объектов вдоль направления, определяемого в пространстве линейным источником (ось y):

$$L(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(x, y) dy, \quad (5)$$

где $L(x)$ — величина, характеризующая приведенное расстояние линейного источника опасности, оказывающее влияние на удалении x от оси, т. е. характеристическую зону влияния линейного источника опасности; $R(x, y)$ — вероятность ущерба в точке (x, y) (потенциальный риск в точке (x, y) от точечного источника опасности).

Случаем невозможности аналитического вычисления является также построение полей риска для токсического воздействия. В этой ситуации, из-за необходимости моделирования по различным скоростям и направлениям ветра поле риска

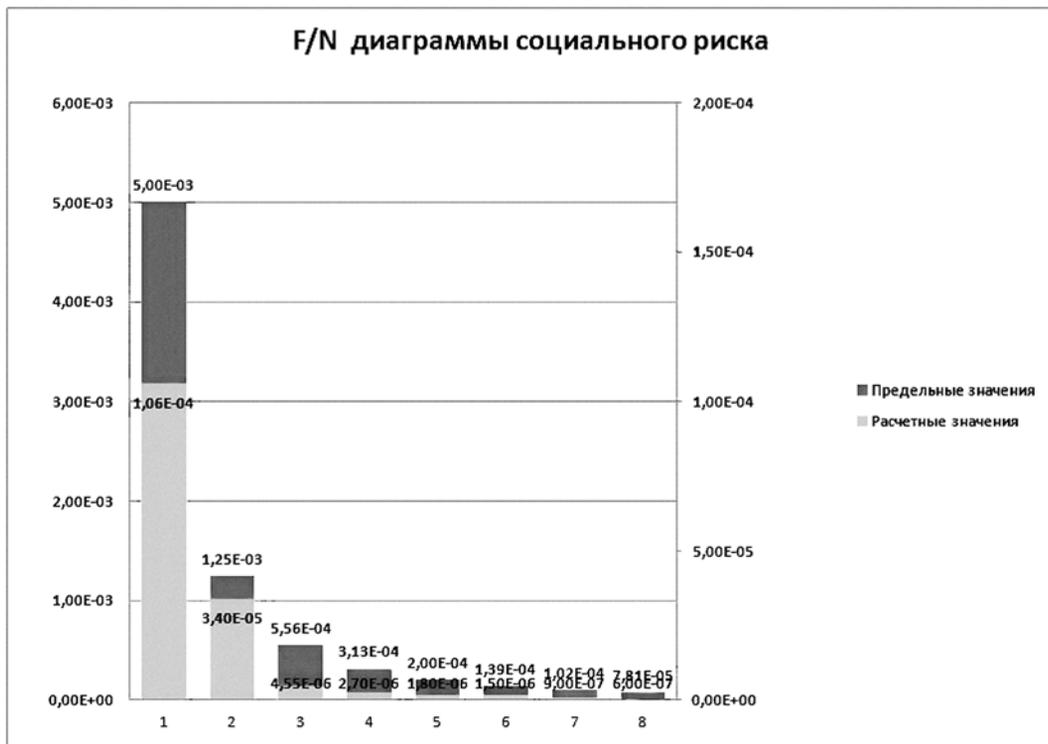


Рис. 5. Предельные и расчетные значения социального риска

не является круговым, и нельзя аналитически вычислить зоны потенциальной опасности, как для круговых сценариев ("пожар разлития", "огненный шар", "взрыв топливно-воздушной смеси").

Вероятности складываются как вероятности независимых событий. Чтобы учесть влияние различных участков трубопровода друг на друга, необходимо проводить интегрирование, т. е. суммирование потенциального риска для точечных объектов вдоль направления, определяемого в пространстве линией трубопровода (ось y) $\int R(x, y)dy$ [7].

Для получения поля потенциального риска от точечного источника необходимо провести умножение поля потенциальной опасности от точечного источника, определяемого пробит-функцией $P(x, y)$ (вероятность поражения человека в зависимости от расстояния до источника опасности), зависящей от массы опасного вещества, на статистическую вероятность разрыва, т. е. на частоту возникновения аварии (разгерметизация трубопровода) λ [7]:

$$R(x, y) = P(x, y)\lambda. \quad (6)$$

Для каждого поражающего фактора (например, "пожар разлития", "взрыв ТВС", "токсическое поражение") есть своя пробит-функция, определяющая степень негативного (поражающего) воздействия этого фактора на организм человека.

В предлагаемом методе трубопровод разбивается на малые участки равной длины и для всех точек сетки территории учитывается суммарное воздействие от точечных источников, расположенных в центре участков трубопровода.

Таким образом, для всех точек (x, y) сетки территории учитывается суммарное воздействие как от независимых событий. При построении полей риска поражения персонала авторами использовалась формула (5). Суммарные вероятности поражения от трубопровода, рассчитанные с использованием формулы (5) могут на два порядка превышать вероятности, рассчитанные путем "растягивания" риска от точечного источника вдоль трубопровода. Также необходимо отметить, что в зонах перегиба трубопровода (в зоне сближения участков трубопровода) должно наблюдаться сгущение полей рисков, а в зоне удаления участков трубопровода друг от друга — разряжение.

На рис. 6 (см. 2-ю стр. обложки) представлено поле потенциального риска гибели людей на нефтегазовом объекте, состоящем из емкости и соединительного трубопровода.

При использовании разработанного метода (см. рис. 6, б) поле риска от трубопровода и емкости имеет один порядок. Если же "растягивать" поле риска трубопровода (см. рис. 6, а), подсчитанное для одной его точки по всей его длине, то трубопровод практически не видно на общем поле

потенциального риска, что не соответствует данным отраслевой статистики, согласно которым риск от трубопровода близок риску от емкости.

Действительно, вероятность аварии (разрыв) на 1 м трубопровода ($10^{-6} \dots 10^{-7}$) на один-два порядка ниже вероятности разгерметизации емкости (10^{-5}) [7]. Но если учесть, что участки трубопровода длиной около 100 м оказывают влияние друг на друга, т. е. если разрыв трубопровода произойдет на одном конце и поражающий фактор может достигнуть другого конца трубопровода, то получается, что потенциальный риск от трубопровода и емкости имеют один и тот же порядок.

Таким образом, предложенный в работе метод позволяет получать адекватные результаты, так как дает значения, более близкие к данным отраслевой статистики, чем существующие реализованные численно методы.

Необходимо обратить внимание на то, каким выбирать шаг расчетной сетки, на которую разбивается карта местности, где находится трубопровод для численного расчета поля потенциального риска. Примем, что $\lambda(x, y)$ — статистическая вероятность разрыва участка трубопровода длиной 1 м, взятая, например, из данных отраслевой статистики; $Step$ — шаг сетки в м — длина участков, на которые трубопровод разбивается при вычислениях.

Чем меньше взять шаг сетки, тем больше будет производиться суммирований потенциальных рисков от точечных источников вдоль трубопровода, так как возрастет количество участков, а следовательно, количество точечных источников, помещаемых в центр каждого участка, хотя вероятность исходного события $P_{исход} = \lambda(x, y)Step$ (разрыв трубопровода на участке длиной $Step$) будет уменьшаться с уменьшением шага сетки. То есть суммирований потенциального риска будет больше, но потенциальный риск от каждого слагаемого будет меньше, так как в формуле (6) будет уменьшаться второй множитель пропорционально уменьшению шага сетки. Неизвестно, будет ли суммарный потенциальный риск увеличиваться или уменьшаться при уменьшении шага сетки, также неизвестно, будет ли процесс сходящимся или расходящимся.

Для разрешения трудности с суммированием полей риска от бесконечного числа точек длины трубопровода, чтобы получить в конечном счете значение в каждой точке сетки карты, предлагается задаваться конечным значением шага сетки $Step$, например, равным 1 м, считая, что в каждой ячейке трубопровода в соответствии с этим шагом находится точечный источник, и рассматривая сумму воздействий от точечных источников вдоль трубопровода. Данное положение основано на



том, что разбивать трубопровод на бесконечное число точек не представляется возможным и неправильно, так как авария может возникнуть не во всех точках, а в наиболее опасных — в точках, где находятся задвижки, места сварки, наибольшие поражения коррозией.

Вывод

Разработанный авторами программный комплекс "Баязет", позволяющий решать практически любые задачи, связанные с расчетом и построением полей рисков, моделированием опасных зон поражения для различных сценариев аварий, и включающий в себя самые современные расчетные методики и подходы, использовался при разработке деклараций промышленной безопасности для объектов ООО "Газпром добыча Оренбург" (газоперерабатывающий завод, газопромысловое управление), Лемезинского месторождения, обустройства месторождения "Шахпахты" (Узбекистан), при оценке текущего состояния подземных переходов газопроводов Дедуровского коридора ООО "Газпром добыча Оренбург" и в других проектах.

Список литературы

1. **Программный комплекс "Баязет"**. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010610439 от 11.01.2010, Роспатент (ФИПС).
2. **РД-03-26—2007**. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 декабря 2007 г. № 859, введены в действие с 25 января 2008 г.
3. **Глухов С. В.** Подготовка и обработка метеорологических данных для сценариев расчета по методике "ТОКСИ-3" при построении полей рисков летального поражения при авариях на опасных производственных объектах // Нефтепромысловое дело. — 2009. — № 8. — С. 75—78.
4. **Федеральный закон** от 27.07.2010 № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте".
5. **Об установлении предельно допустимого уровня риска:** Декларация Российского научного общества анализа риска // Проблемы анализа риска. — 2006. — Т. 3, № 2. — С. 162—168.
6. **СТО Газпром 2-2.3-351—2009**. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО "Газпром": распоряжение ОАО "Газпром" от 30.03.2009 г. № 83; введ. 30.12.2009 г. — М.: ОАО "Газпром Экспо", 2009. — 377 с.
7. **Сафонов В. С., Одисария Г. Э., Швыряев А. А.** Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. — М.: НУМЦ Минприроды России, 1996. — 208 с.

S. V. Glukhov, Chief Specialist, A. V. Glukhov, Leading Specialist,
e-mail: AGlukhov@vunipigaz.ru, ООО "VolgoUralNIPigaz", Orenburg

Application of Software System "Bayazet" for Formation of Industrial Safety Declarations Based on Developed Conception of Calculation and Plotting Risk Fields on Point and Line Objects

In the article software system "Bayazet" and its functionality on automation of development of industrial safety declarations of oil and gas industry sector, risk assessment of accidents and plotting of risk fields on base material were considered. Method of calculation of potential risk field from line objects of oil and gas industry sector — pipelines was introduced. This method allows obtaining adequate results, because it gives the values that approximate the data of branch statistics more accurately, than existing numerically implemented methods.

Keywords: field of potential risk, industrial safety declaration, point and line objects of oil and gas industry sector

References

1. **Программный комплекс "Баязет"**. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ N. 2010610439 от 11.01.2010, Роспатент (ФИПС).
2. **РД-03-26—2007**. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 декабря 2007 г. N. 859, введены в действие с 25 января 2008 г.
3. **Глухов С. В.** Подготовка и обработка метеорологических данных для сценариев расчета по методике "ТОКСИ-3" при построении полей рисков летального поражения при авариях на опасных производственных объектах. *Нефтепромысловое дело*. 2009. N. 8. P. 75—78.
4. **Federal'nyj zakon** от 27.07.2010 N. 225-FZ "Ob objazatel'nom strahovanii grazhdanskoj otvetstvennosti vladel'ca opasnogo ob#ekta za prichinenie vreda v rezul'tate avarii na opasnom ob#ekte".
5. **Ob ustanovlenii predel'no dopustimogo urovnja riska:** Deklaracija Rossijskogo nauchnogo obshhestva analiza riska. *Problemy analiza riska*. 2006. V. 3, N. 2. P. 162—168.
6. **СТО Gazprom 2-2.3-351—2009**. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО "Газпром": распоряжение ОАО "Газпром" от 30.03.2009 г. N. 83; введ. 30.12.2009 г. М.: ОАО "Газпром Экспо", 2009. 377 p.
7. **Safonov V. S., Odisharija G. Je., Shvyryaev A. A.** Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. М.: НУМЦ Минприроды России, 1996. 208 p.

Е. В. Глебова, д-р техн. наук, проф., **А. Т. Волохина**, канд. техн. наук, доц.,
М. А. Гуськов, асп., ассистент, e-mail: m.a.guskov@gmail.com,
 РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, Москва

Снижение масштабов последствий аварий на объектах магистрального транспорта газа

Обеспечение постоянной готовности персонала к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий является обязанностью организации, эксплуатирующей опасный производственный объект. Повышение готовности может быть обеспечено выявлением работников из числа оперативного персонала с высоким уровнем развития профессионально важных качеств. В данной статье выявлена взаимосвязь между оперативным реагированием персонала ООО "Газпром трансгаз Югорск" в случае возникновения аварии на объектах магистрального транспорта газа и масштабами последствий возможных аварий. Для подтверждения данного факта произведен расчет объемов выбросов природного газа при разгерметизации линейной части магистрального трубопровода. Этот расчет показал, что уровень развития профессионально важных качеств оперативного персонала оказывает влияние на объемы потерь природного газа и соответственно на площади зоны превышения предельно допустимой концентрации выброшенного вещества в атмосферном воздухе и зоны, в которой возможно воспламенение.

Ключевые слова: ресурсосбережение, снижение потерь природного газа, масштабы последствий аварий, промышленная безопасность, профессионально важные качества, оперативный персонал

Современные достаточно жесткие условия функционирования производственных объектов требуют особого внимания к вопросам ресурсосбережения. Так, в экологической политике ООО "Газпром трансгаз Югорск" на первое место ставятся вопросы ресурсосбережения процессов производства, уменьшения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения приоритета предупреждающих действий [1].

В результате аварии на производственном объекте в окружающую среду могут выбрасываться значительные объемы опасных веществ. Данное утверждение следует из определения аварии — разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте (ОПО), неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ [2].

Динамика аварийности на ОПО магистрального транспорта природного газа за период с 2008 по 2013 г. представлена на рис. 1 [3]. Согласно приведенным данным, несмотря на сокращение количества аварий в 2013 г., устойчивой тенденции к снижению аварийности не наблюдается.

При этом полный ущерб от аварий на магистральном трубопроводном транспорте в 2013 г. составил 318 915 тыс. руб., из них прямые потери от аварий составили 74 064 тыс. руб., затраты на локализацию и ликвидацию последствий аварий — 211 555 тыс. руб., экологический ущерб — 4971 тыс. руб., ущерб, нанесенный третьим лицам, — 332 тыс. руб. [3].

Масштабы возможной аварии на объектах магистрального транспорта газа зависят от правильности и быстроты действий оперативного персонала, который предпринимает определенные действия, направленные на локализацию аварии. Слаженность и своевременность действий персонала во время оперативного реагирования при реализации аварии складывается не только из уровня профессиональной подготовки, но и личностных особенностей (профессионально важных качеств — далее ПВК).

В рамках данного исследования работников из числа оперативного персонала условно разделили на две группы: руководители работ (начальники смен — диспетчеры, мастера линейно-эксплуатационной службы, инженеры по эксплуатации объектов газового оборудования и исполнители работ (машинисты технологических компрессоров, линейные обходчики, электромонтеры). Эксперт-

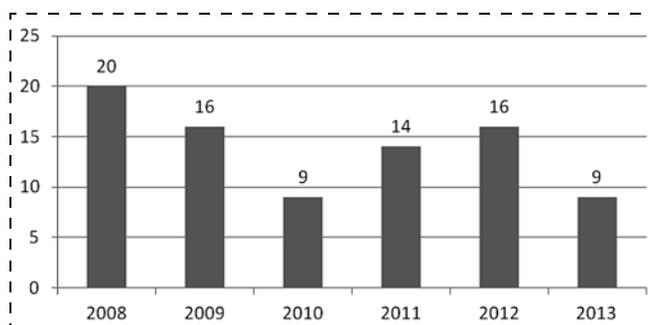


Рис. 1. Динамика аварий на ОПО магистрального транспорта природного газа



ным путем были выявлены наиболее значимые ПВК, определяющие готовность персонала к оперативному реагированию при возникновении аварий. К ним относятся следующие ПВК:

- Распределение, переключение, устойчивость и концентрация внимания.
- Кратковременная память.
- Аналитическое мышление.
- Вычислительные способности.
- Эмоциональная стабильность.
- Нервно-психическая устойчивость.
- Стиль поведения в конфликтной ситуации.
- Темп психических процессов.

Кроме этого, для руководителей работ профессионально важными качествами являются ответственность и организаторские способности, а для исполнителей работ — дисциплинированность и коммуникабельность.

Таким образом, оценка указанных ПВК оперативного персонала позволяет методически правильно подойти к выбору сценариев учебно-тренировочных занятий, проводимых в рамках плана ликвидации аварии (ПЛА), исходя из "слабых сторон" участников смены. Качественная подготовка персонала к действиям по оперативному реагированию является одним из возможных путей повышения уровня промышленной безопасности за счет снижения ущерба и непосредственно зон поражения при реализации возможной аварии на магистральных газопроводах (далее — МГ).

В ходе исследования профессионально важных качеств оперативного персонала ООО "Газпром трансгаз Югорск" при проведении учебно-тренировочных занятий было установлено, что время реагирования персонала с высоким уровнем развития профессионально важных качеств в среднем на 50 % меньше, чем у персонала, обладающего низким уровнем развития ПВК.

Для сравнения масштабов потерь природного газа при реализации аварии оценим объемы выбросов при разгерметизации линейной части магистрального трубопровода. Объектом оценки выбран участок магистрального трубопровода между

компрессорными станциями (далее КС) Таежная и Новокомсомольская.

В случае разгерметизации аварийным участком считается участок от места разрыва трубопровода до компрессорной станции (под первым аварийным участком понимается участок от места разрыва до КС Таежная, соответственно под вторым аварийным участком — участок от места разрыва до КС Новокомсомольская). Аварийной секцией считается участок от места разрыва до ближайшего линейного крана (если линейный кран отсутствует или не может быть закрыт, под аварийной секцией понимается весь аварийный участок) [4].

Расчет истечения газа для каждой из аварийных секций производится в два этапа. На первом этапе рассчитывается аварийный расход газа от момента аварии до момента закрытия линейного крана. На втором — аварийный расход газа из отсеченной секции (после закрытия линейного крана) до его полного истечения [4].

Время, прошедшее от момента аварии до момента полного закрытия станционного охранного крана К1 на КС Таежная, составляет величину t_{21} (с), которая включает время идентификации аварии оператором, время принятия им решения об отключении КС и время закрытия охранного крана. Аналогичное время принимается для крана К2 на КС Новокомсомольская. Время закрытия линейных кранов с применением телемеханики составляет одну минуту. Идентификация разрушения газопроводов осуществляется по падению давления на 0,2 МПа, фиксируемое оператором КС в течение некоторого времени с момента начала падения давления (до 2 мин) [4].

Расчетная схема участка на перегоне между компрессорными станциями КС Таежная и КС Новокомсомольская представлена на рис. 2.

Исходные данные для расчета массы газа, выброшенной из двух аварийных участков в результате разгерметизации магистрального газопровода:

- состав транспортируемого газа: CH_4 — 98,5 %, C_2H_6 — 0,5 %, N_2 — 1 %;
- давление на выходе из КС Таежная (P_H) — 7 080 401,3 Па;

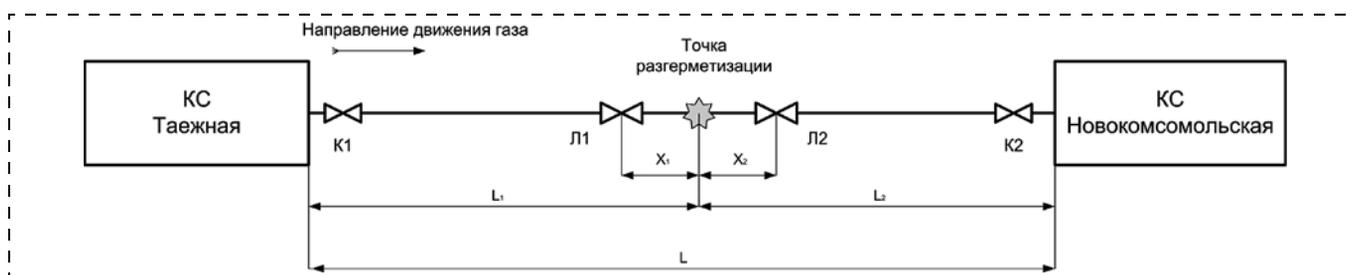


Рис. 2. Расчетная схема участка газопровода КС Таежная — КС Новокомсомольская:

x_1, x_2 — расстояния от места разрыва до ближайших линейных кранов Л1, Л2 (аварийные секции 1 и 2), м; L — расстояние между компрессорными станциями, м; L_1, L_2 — расстояния от места разрыва до КС Таежная и КС Новокомсомольская (аварийные участки 1 и 2), м

- давление на входе в КС Новокомсомольская (P_K) — 5 138 684,6 Па;
- наружный диаметр трубы (D) — 1420 мм;
- толщина стенки (δ) — 15,7 мм;
- производительность газопровода в нормальном режиме эксплуатации (Q) — 32 млн м³/сутки;
- температура на выходе из КС Таежная (T_H) — 35 °С;
- температура окружающей среды (T_{oc}) — 5 °С;
- коэффициент теплообмена между газом и окружающей средой (K_{cp}) — 1,3956 Вт/(м² · К);

Таблица 1

Расчетные величины

Параметр, размерность	Значение
Молярная масса транспортируемого газа, кг/кмоль	16,232
Газовая постоянная для транспортируемого газа, кДж/(кг · К)	0,512
Относительная плотность транспортируемого газа по воздуху	0,556
Псевдокритическая температура для транспортируемого газа, К	190,48
Значение приведенной температуры	1,618
Среднее давление на рассматриваемом участке трубопровода (КС Таежная — КС Новокомсомольская), МПа	6,161
Псевдокритическое давление, МПа	4,588
Приведенное давление	1,543
Средняя изобарная теплоемкость природного газа, кДж/(кг · К)	2,665
Среднее значение коэффициента Джоуля—Томсона, К/МПа	3,468
Давление в точке разрыва в начальный момент аварии, МПа	6,252
Среднее значение давления на аварийном участке 1, МПа	6,675
Температура газа в точке разрыва газопровода, К	294,392
Средняя температура газа, К	285,14
Средняя температура газа на аварийном участке 1, К	300,84
Начальный критический массовый расход газа, кг/с	16 860
Коэффициент сжимаемости газа до разрыва	0,899
Производительность газопровода, кг/с	265,48
Масса газа, которая нагнетается в аварийный участок газопровода КС Таежная до момента отсечения аварийного участка, кг	47 790
Масса газа, находящаяся в аварийном участке газопровода до аварии, кг	$3,696 \cdot 10^6$
Масса газа, истекающего в адиабатическом режиме из аварийного участка 1, кг	$3,28 \cdot 10^5$

Таблица 2

Массовый расход газа из аварийного участка 1 до и после закрытия линейного крана

Время, с	Массовый расход, кг/с
Массовый расход газа (с первой секунды после разгерметизации и до закрытия линейных кранов) для аварийного участка 1	
1	4821
5	4725
10	4608
30	4186
60	3666
90	3254
180	2458
Массовый расход газа (с первой секунды после закрытия линейных кранов) для аварийного участка 1	
181	2442
220	1826,7
325	944
425	488
525	253
625	130,5
825	34
1200	2,9
1500	0,4

- плотность транспортируемого газа — 0,7168 кг/м³.

Расстояние между КС Таежная и КС Новокомсомольская составляет 107,4 км. Длина первого аварийного участка равна 50 км, второго — 57,4 км.

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Рассчитанные параметры позволяют определить расход газа в различные моменты времени для аварийного участка 1 (табл. 2).

Аналогичные результаты были получены для аварийного участка 2. На рис. 3 представлен суммарный массовый расход газа G при истечении из двух аварийных участков.

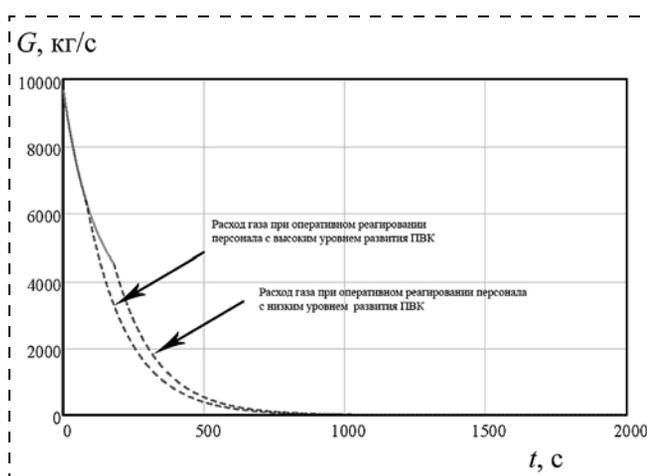


Рис. 3. Зависимость суммарного массового расхода газа при истечении из двух участков МГ от времени оперативного реагирования персонала с различным уровнем развития ПБК



Таблица 3

Масса выброшенного газа

Параметр	При оперативном реагировании персонала	
	с высоким уровнем развития ПВК	с низким уровнем развития ПВК
Масса газа, выброшенная из первого аварийного участка до закрытия линейных кранов, кг	322 200	609 200
Масса газа, выброшенная из первого аварийного участка после закрытия линейных кранов, кг	509 800	372 600
Масса газа, выброшенная из первого аварийного участка, кг	832 000	981 800
Масса газа, выброшенная из второго аварийного участка до закрытия линейных кранов, кг	306 800	553 000
Масса газа, выброшенная из второго аварийного участка после закрытия линейных кранов, кг	450 300	303 900
Масса газа, выброшенная из второго аварийного участка, кг	757 100	856 900
Суммарные потери газа, кг	$1,589 \cdot 10^6$	$1,839 \cdot 10^6$

В случае быстрой реакции персонала (уровень развития ПВК высокий) потери газа сокращаются на 13,6 % (табл. 3).

После разгерметизации газопровода развитие аварии может пойти по четырем типовым сценариям: 1) Пожар в котловане. 2) Струевые источники пламени. 3) Рассеивание шлейфа газа. 4) Рассеивание двух струй газа.

В рамках данного исследования рассматривались сценарии 3 и 4 без мгновенного воспламенения (время оперативного реагирования непосредственно влияет на объем природного газа, вышедшего в атмосферу; при мгновенном воспламенении время оперативного реагирования влияет на время воздействия опасных факторов пожара).

При реализации сценария без воспламенения (например, "Рассеивание двух струй газа") были произведены оценки зоны превышения предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) и параметров зоны превышения нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), под которой принято понимать область пространства с минимальной концентрацией горючего вещества, в однородной смеси с окислителем, при которой возможно распространение пламени по смеси от источника зажигания. Для этих целей был использован программный продукт Токсик + Риск (вер. 4.2; сборка 2) (рис. 4 — см. 3-ю стр. обложки).

Согласно рис. 4 зона превышения ПДК (красная окружность) при оперативном реагировании персонала с низким уровнем ПВК превышает по площади зону превышения ПДК (зеленая окружность) при оперативном реагировании персонала с высоким уровнем ПВК.

За счет снижения времени координации действий персонала (руководителей и исполнителей работ)

сокращаются потери газа и соответственно площадь зоны, в которой имеет место превышение ПДК при реализации сценария без воспламенения (табл. 4).

Радиусы зоны НКПР при оперативном реагировании персонала с различным уровнем развития ПВК представлены на рис. 5 (см. 3-ю стр. обложки).

Из рисунка видно, что зона превышения НКПР (темно-фиолетовая окружность) при оперативном реагировании персонала с низким уровнем ПВК превышает по площади зону превышения НКПР (светло-сиреневая окружность) при оперативном реагировании персонала с высоким уровнем ПВК. Числовые значения зон НКПР приведены в табл. 5.

Таблица 4

Геометрия зоны превышения ПДК при реализации сценария "Рассеивание двух струй газа"

Направление	Зона превышения ПДК, м		Изменение, %
	низкий уровень развития ПВК у диспетчера	высокий уровень развития ПВК у диспетчера	
По ветру	3123	2744	12,1
Против ветра	679	610	10,2
Ширина	1749	1524	12,9
На удлинение	1412	1235	12,5

Таблица 5

Геометрия зоны НКПР при реализации сценария "Рассеивание двух струй газа"

Направление	Оперативное реагирование персонала с низким уровнем развития ПВК	Оперативное реагирование персонала с высоким уровнем развития ПВК	Изменение, %
Радиус зоны НКПР, м	612,50	583,66	4,7
Высота зоны НКПР, м	20,42	19,46	4,7

Таким образом, в данном исследовании была установлена взаимосвязь между оперативным реагированием в рамках обеспечения промышленной безопасности ОПО магистрального трубопроводного транспорта газа и масштабами последствий возможных аварий. Было выявлено, что уровень развития ПВК оперативного персонала оказывает влияние на объемы потерь природного газа при аварийной разгерметизации участка магистрального газопровода. Следовательно, при выборе сценариев учебно-тренировочных занятий, проводимых в соответствии с ПЛА, рационально ориентироваться на развитие персонала с низким уровнем ПВК.

Список литературы

1. **Торопова Е. А.** Повышение эффективности процессов управления ОТ и ПБ, охраны окружающей среды в свете внедрения интегрированной системы менеджмента // Газпром Развитие. URL: smk.gazpromdevelopment.ru/fileadmin/site/.../11_Toropova_E._A..pps (дата обращения: 10.11.2014).
2. **Федеральный закон** от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
3. **Годовые отчеты** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2005—2013 годах // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 11.01.2015).
4. **СТО Газпром 2-2.3-351—2009** Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО "Газпром".

E. V. Glebova, Professor, **A. T. Volohina**, Associate Professor,
M. A. Guskov, Postgraduate, e-mail: m.a.guskov@gmail.com,
Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow

Reduce the Scale of Incident Consequences on Gas Transport Facilities

Ensuring the continued readiness of the staff to act on localization and liquidation of consequences of accidents is the responsibility of organizations operating hazardous production facility. Increased preparedness can be achieved by identifying workers from among the operational staff with a high level of development of professionally important qualities. The article reveals the relationship between the operational response personnel of LLC "Gazprom transgaz Yugorsk" in the event of an accident on the objects of main gas transportation and magnitude of the consequences of potential accidents. To confirm this fact calculated emissions of natural gas during depressurization of the linear part of the pipeline showed that the level of development of professionally important qualities of the operational staff has an impact on the amount of losses of natural gas and, accordingly, the area exceeding the maximum allowable concentration of emitted substances in the atmospheric air and the zone in which it is possible ignition.

Keywords: resource-saving, natural gas saving, the magnitude of the accident's consequences, industrial safety, professionally important qualities, operational staff

References

1. **Toropova E. A.** Povyshenie jeffektivnosti processov upravlenija OT i PB, ohrany okruzhajushhej sredy v svete vnedrenija integrirovannoj sistemy menedzhmenta. *Gazprom Razvitie*. URL: smk.gazpromdevelopment.ru/fileadmin/site/.../11_Toropova_E._A..pps (data accessed: 10.11.2014).
2. **Federal'nyj zakon** ot 21.07.1997 N 116-FZ (red. ot 02.07.2013) "O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov".

3. **Godovye otchety** o dejatel'nosti Federal'noj sluzhby po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2005—2013 godah. *Federal'naja sluzhba po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru*. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (data accessed: 11.01.2015).
4. **СТО Газпром 2-2.3-351—2009** Metodicheskie ukazaniya po provedeniju analiza riska dlja opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov gazotransportnyh predpriyatij ОАО "Газпром".



УДК 534.8.081.7

К. И. Волосенко, асп., e-mail: volosenko@list.ru, Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения

Эффективность звукопоглощающего материала, расположенного с отнесом от жесткой стенки

Представлены результаты экспериментального и численного исследования эффективности звукопоглощения пористых материалов, расположенных на отнесе от ограждающих поверхностей. Волновые параметры звукопоглощающих материалов (ЗПМ) определялись из экспериментальных данных по методу двух толщин. На основании результатов расчета определен диапазон частот эффективного поглощения при различных толщинах ЗПМ. Для разных материалов определены целесообразные параметры звукопоглощающей конструкции. Данные представлены в виде таблиц.

Ключевые слова: звукопоглощающие материалы, волновые параметры, акустический интерферометр, коэффициент звукопоглощения, эффективность звукопоглощения

Введение

Основным средством акустической обработки является размещение звукопоглощающих устройств внутри объема помещения. Облицовкой стен и потолка звукопоглощающими материалами, обладающими заданными частотными характеристиками эффекта поглощения звука, можно достигнуть оптимального значения реверберации помещения, в котором требуется выполнить условие снижения шума.

На сегодняшний день на рынке существует масса звукопоглощающих материалов (ЗПМ), предназначенных для акустической обработки помещений. При производстве таких материалов учитывается ряд необходимых требований: гигиенические показатели, пожарно-технические характеристики, ударопрочность, влагостойкость и т. д. При этом нередко таким важным с точки зрения акустики параметрам, как толщина материала и объемная плотность не уделяется должного внимания. Последнее обстоятельство резко снижает эффективность применения ЗПМ. Применение облицовок с небольшой звукопоглощающей способностью делает бесполезной акустическую обработку помещений.

Пористые звукопоглотители изготавливают в виде плит, которые крепятся непосредственно к ограждающим поверхностям или на отнесе. Как правило, фирма изготовитель выпускает ЗПМ определенной толщины и предоставляет рекомендации к глубине такого отнеса. Однако остается не ясным, какой будет эффективность звукопоглотителя при изменении параметров глубины отнеса и толщины материала.

Эффективность звукопоглощающего слоя определяется частотной характеристикой коэффициента поглощения α , который не должен быть меньше 0,8 во всем диапазоне звуковых частот, га-

рантируя отсутствие тембральных искажений звуковых сигналов.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию эффективности звукопоглотителей, на основе широко применяемых на сегодняшний день пористых материалов.

1. Методика расчета акустических параметров ЗПМ

Известно, что входное акустическое сопротивление слоя поглощающего материала толщиной d , определяется по формуле [1]:

$$\bar{Z}_{\text{вх}} = \bar{w} \frac{Z_{\text{н}} \operatorname{ch}(\bar{\gamma}d) + w \operatorname{sh}(\bar{\gamma}d)}{w \operatorname{ch}(\bar{\gamma}d) + Z_{\text{н}} \operatorname{sh}(\bar{\gamma}d)}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{н}}$ — акустическое сопротивление нагрузки строительной конструкции (например, стенки), на которую крепится звукопоглощающий материал толщиной d ; \bar{w} — волновое сопротивление звукопоглощающего материала, кг/(м²·с); $\bar{\gamma}$ — комплексное значение постоянной распространения в материале, 1/м.

В общем виде волновое сопротивление представляется комплексной величиной $\bar{w} = w_a - iw_r$, где w_a , w_r — активная и реактивная компоненты \bar{w} соответственно; i — мнимое число.

Постоянная распространения $\bar{\gamma} = \gamma_a + i\gamma_r$ является комплексной величиной, действительная часть которой γ_a представляет собой показатель затухания амплитуды давления звуковой волны в среде волокнистого материала. Мнимая часть γ_r характеризует распространение звуковой волны с частотой f , Гц, и скоростью звука в материале c_m , м/с.

В зависимости от способа крепления материала к стенке помещения, определяется акустическое сопротивление нагрузки $Z_{\text{н}}$. При плотном приле-

гании к жесткой стенке $Z_H \gg \bar{w}$. Тогда формула (1) преобразуется к виду:

$$\bar{Z}_{\text{ВХ}} = \bar{w} \operatorname{cth}(\bar{\gamma} d). \quad (2)$$

При закреплении слоя на расстоянии $h = \lambda_0/4$ от стенки $Z_H = 0$, где $\lambda_0 = \frac{c_0}{f}$ — длина звуковой волны, падающей на ЗПМ; c_0 — скорость звука в воздухе.

При прочих размерах отнoса h акустическое сопротивление нагрузки определяется по формуле

$$\bar{Z}_H = -i\rho_0 c_0 \operatorname{cth}(\omega h/c_0),$$

где $\rho_0 c_0$ — волновое сопротивление воздуха; $\omega = 2\pi f$ — круговая частота.

При размещении ЗПМ в свободном пространстве $Z_H = \rho_0 c_0$.

Определив частотную характеристику $\bar{Z}_{\text{ВХ}}$ легко найти значение частотной характеристики коэффициента поглощения α материала по формуле

$$\alpha = 1 - \beta^2 = 1 - \left| \frac{\bar{Z}_{\text{ВХ}} - \rho_0 c_0}{\bar{Z}_{\text{ВХ}} + \rho_0 c_0} \right|^2, \quad (3)$$

где β — коэффициент отражения.

Очевидно, что волновые параметры $\bar{\gamma}(f)$ и $\bar{w}(f)$ пористых и волокнистых материалов определяют поглощающие свойства последних. Однако необходимо отметить, что применение формулы (1) для расчета входного акустического сопротивления оправдано для толщин материала d , превышающих четверть длины звуковой волны в материале, т. е. на частотах $f \geq c_m/4d$. В таких частотах квазигомогенный материал можно представить средой с распределенными параметрами. На низких частотах слой материала обладает сосредоточенной массой и упругостью, теряет волновые свойства, колеблется как единая система, обладающая собственными резонансными частотами.

Волновое сопротивление \bar{w} и постоянная распространения $\bar{\gamma}$, характеризующие свойства ЗПМ как среды, определяются по методу двух толщин [2]:

$$\bar{w} = \frac{\bar{Z}_d}{\operatorname{cth}(\bar{\gamma} d)}, \quad (4)$$

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{2d} \operatorname{arch} \left(\frac{\bar{Z}_d}{\bar{Z}_{2d}} - 1 \right)^{-1}, \quad (5)$$

где \bar{Z}_d и \bar{Z}_{2d} — входные сопротивления для образцов толщиной d и $2d$ соответственно, устанавливаемых вплотную к жесткой стенке.

Таким образом, зная волновые параметры поглощающего материала, можно рассчитать коэффициент звукопоглощения слоя или всей звукопо-

глощающей конструкции (ЗПК) и сравнить его с экспериментально измеренным.

2. Проведение эксперимента и результаты

Существует множество методик измерения акустических характеристик ЗПМ в интерферометре [3, 4]. В представленной работе применяется метод стоячей волны. Как показано в [5], данный метод обеспечивает приемлемую точность получаемых результатов. В качестве акустического интерферометра использовался прибор фирмы Briel & Kjaer тип 4002. Для обеспечения широкого частотного диапазона измерения с прибором типа 4002 поставляются две измерительные трубы с диаметрами 10 см (частотный диапазон от 90 до 1800 Гц) и 3 см (от 800 до 6500 Гц). Низкочастотный диапазон представляет наибольший интерес в рамках данной статьи, поэтому труба с большим диаметром использовалась при проведении эксперимента.

Измерение волновых параметров происходит при двух установках образца, как это требует метод двух толщин. Для уверенности в надежности результатов для каждого материала было произведено три таких измерения. Полученные данные усреднялись. На рис. 1 приведены эксперименталь-

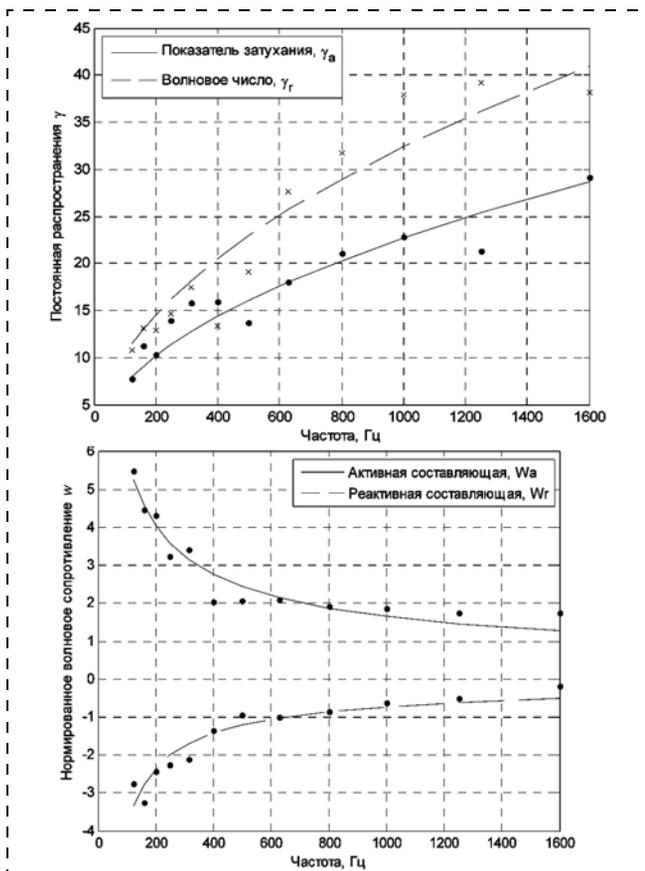


Рис. 1. Волновые параметры материала Ecorphon Super G плотностью $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$



Таблица 1

Звукопоглощающая эффективность однослойных ЗПМ

Материал	Толщина, мм	$f_{\text{раб}}$, Гц	Материал	Толщина, мм	$f_{\text{раб}}$, Гц
Шуманет ЭКО $\rho = 30 \text{ кг/м}^3$	20	3000	Ecorphon Super G $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$	20	1450
	50	780		40	780
	70	400		60	570
	100	250		80	500
	120	210		100	450
Шуманет БМ $\rho = 47 \text{ кг/м}^3$	20	2500	Ecorphon Sombra A $\rho = 64 \text{ кг/м}^3$	20	1350
	50	730		40	800
	70	480		60	680
	100	390		80	500
	120	350		100	480

ные значения для материала Ecorphon Super G. Подобным образом были определены параметры материалов марки Шуманет Эко, Шуманет БМ, Ecorphon Sombra A.

Из графиков, представленных на рис. 1, видно, что с ростом частоты волновое сопротивление приближается к значениям, характерным для воздуха — действительная часть к единице, а мнимая к нулю, а коэффициент затухания возрастает. Также с частотой возрастает волновое число, а значит и скорость звука в материале.

Расчет параметров производился в программной среде Matlab. Аппроксимация экспериментальных данных производилась по методу наименьших квадратов, на рис. 1 изображена сплошной и пунктирной линиями. При дальнейших расчетах, например, коэффициента звукопоглощения всей конструкции, или отношения ЗПМ от жесткой стенки, аппроксимирующая функция принималась как функция волновой характеристики материала.

На основании результатов расчета определен диапазон частот эффективного поглощения при различных толщинах ЗПМ. Результаты численного эксперимента приведены в табл. 1 на частотах $f \geq f_{\text{раб}}$. Рабочей частотой будем считать ту, при которой $\alpha \geq 0,8$.

Из табл. 1 видно, что при увеличении толщины поглощающего слоя в 2 раза, закрепленного вплотную

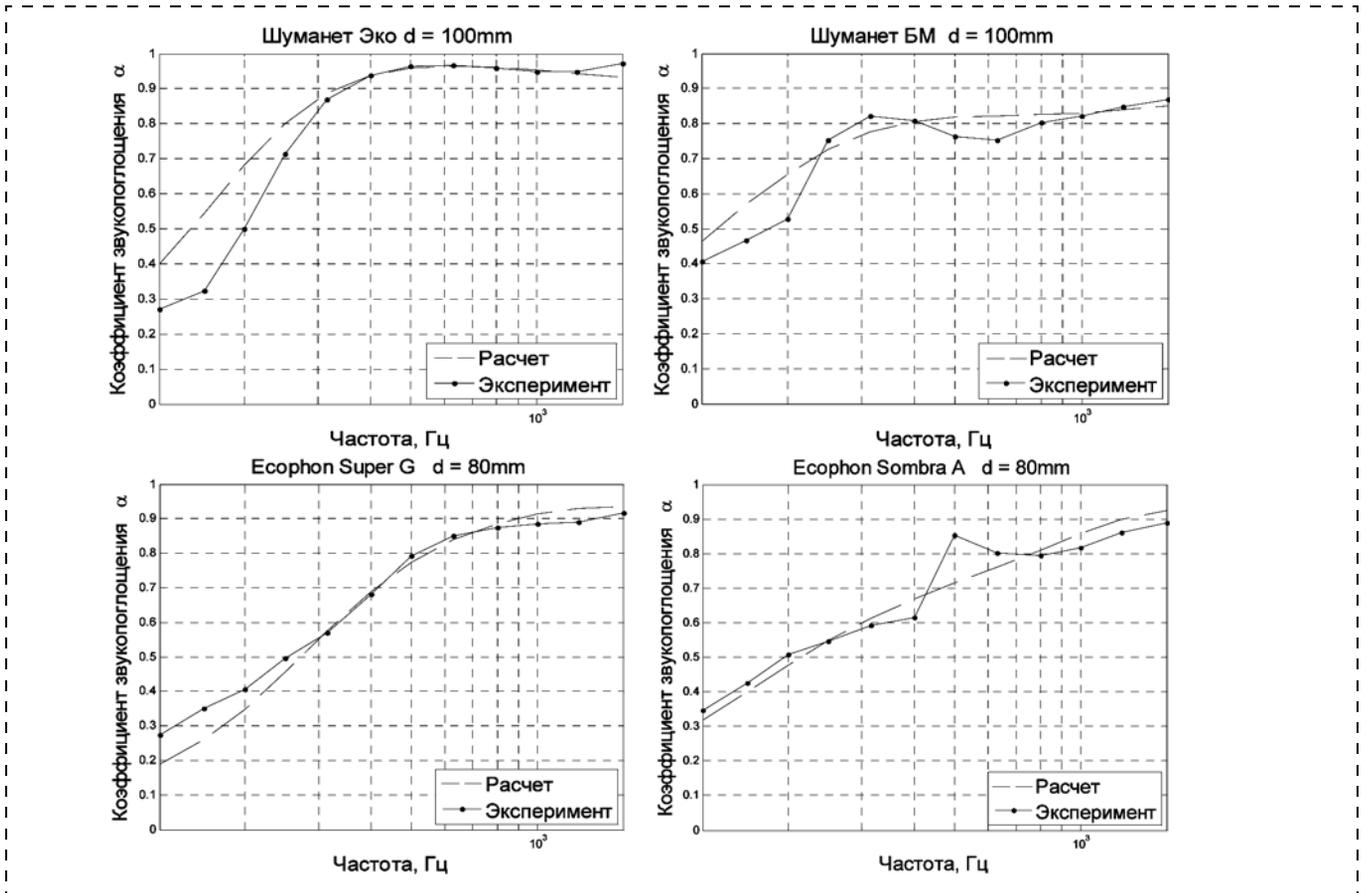


Рис. 2. Сравнение экспериментальных и расчетных частотных характеристик ЗПМ

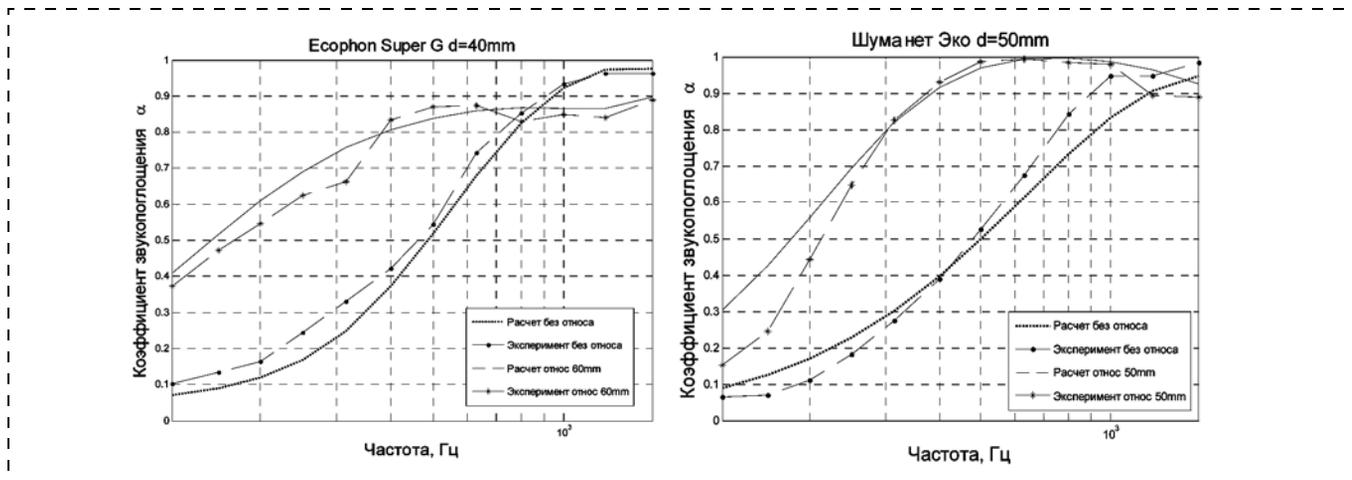


Рис. 3. Сравнение экспериментальных и расчетных частотных характеристик ЗПМ на отнoсе

к жесткой стенке, рабочая частота снижается в 1,5—2 раза и даже больше. Такой эффект обусловлен влиянием задней стенки. Однако существует предел, при котором последующее увеличение толщины d материала не приводит к существенному снижению рабочей частоты. В таком случае входной импеданс слоя определяется лишь волновым сопротивлением материала, так как при больших аргументах гиперболического котангенса, в выражении (2) значение функции $\text{cth}(\bar{\gamma}d) \rightarrow 1$.

Экспериментальные исследования частотной зависимости коэффициента поглощения различных ЗПМ, представленные на рис. 2, подтвердили результаты численного эксперимента.

Получивший широкое применение способ крепления поглотителя на отнoсе от жесткой стенки помещения, позволяет скорректировать реактивную составляющую волнового сопротивления, тем самым уменьшая рассогласование на низких частотах между входным сопротивлением материала и волновым сопротивлением воздуха.

На рис. 3 представлены частотные характеристики коэффициента поглощения пористого материала в зависимости от величины его отнosa от ограждения.

Результаты численного эксперимента получены аналогичным образом и представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что для каждой толщины d с увеличением отнosa h , рабочая частота смещается в область низких частот. Также стоит отметить, что одно и то же значение $f_{\text{раб}}$ можно достичь двумя способами: используя более тонкий слой материала на большем отнoсе, или используя более толстый слой на меньшем отнoсе (так например, для материала Шуманет Эко при толщине $d = 50$ мм на отнoсе $h = 100$ мм рабочая частота $f_{\text{раб}} = 140$ Гц и при толщине $d = 100$ мм на отнoсе $h = 50$ мм ра-

Таблица 2

Звукопоглощающая эффективность ЗПМ на отнoсе

Материал	d , мм	h , мм	$f_{\text{раб}}$, Гц	Материал	d , мм	h , мм	$f_{\text{раб}}$, Гц
Ecophon Super G	20	20	860	Ecophon Sombra A	20	20	800
		40	590			40	560
		60	440			60	410
		80	350			80	330
	40	20	550		40	20	600
		40	450			40	550
		60	400			60	550*
		80	350			80	550*
	80	20	400		80	20	400*
		40	350*			40	400*
		60	350*			60	400*
		80	350*			80	400*
Шуманет Эко	20	20	1500	Шуманет БМ	20	20	910
		50	750			50	500
		70	560			70	390
		100	400			100	300
	50	20	450		50	20	450
		50	300			50	280
		70	200			70	230
		100	140			100	170
	100	20	200		100	20	400
		50	140			50	200*
		70	125			70	200*
		100	125			100	200*



бочая частота также равна 140 Гц). Очевидно, что правильный выбор толщины слоя материала и величины его отношения от жесткой стенки позволит сэкономить на количестве используемого дорогостоящего ЗПМ.

В табл. 2 есть значения помеченные (*), при которых, строго говоря, коэффициент звукопоглощения так и не достигает эффективного значения $\alpha \geq 0,8$, но частотная характеристика становится более пологой в области низких частот. Применение материалов с таким соотношением толщины и отношения является не целесообразным, так как влечет за собой существенное удорожание конструкции и не приносит желаемого результата звукопоглощения.

При использовании материалов толщиной $d \sim 100$ мм увеличение глубины отношения не дает высокого эффекта звукопоглощения на низких частотах, создавая при этом весьма габаритную конструкцию. Таким образом, можно сказать, что для каждой толщины ЗПМ существует свой оптималь-

ный относительный, при котором требуемое значение $f_{\text{раб}}$ можно достичь при минимальных весогабаритных параметрах всей звукопоглощающей конструкции.

Список литературы

1. Цвиккер К., Костен К. Звукопоглощающие материалы. — М.: ИЛ, 1952. — 160 с.
2. Шевьев Ю. П. Физические основы архитектурно-строительной акустики. — СПб.: СПбГУКИТ, 2000. — 401 с.
3. Комкин А. П., Никифоров Н. А. Современные методы измерения акустических характеристик однородных звукопоглощающих материалов // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 8. — С. 22—26.
4. Комкин А. И. Методы измерения акустических характеристик звукопоглощающих материалов // Измерительная техника. — 2003. — № 3. — С. 47—50.
5. Chung J., Blaser D. Transfer function method of measuring induct acoustic properties: I. Theory. II. Experiment // Journal of the Acoustical Society of America. — 1980. — V. 68, N 3. — P. 907—921.
6. Chu W. T. Transfer function technique for impedance and absorption measurements in an impedance tube using a single microphone // Journal of the Acoustical Society of America. — 1986. — V. 80, N 2. — P. 555—560.

K. I. Volosenko, Postgraduate, e-mail: volosenko@list.ru, St.-Petersburg State University of Film and Television

The Efficiency of the Sound Absorption of a Porous Layer with a Cavity Behind

The paper states the results of the experimental and numerical research of the acoustic absorption efficiency of a porous materials layer separated from a rigid wall by an air cavity. The wave impedance and the propagation constant were calculated based on the empirical data received by the two-thickness method. The effective frequency range is defined on the basis of calculation for materials of different thickness. The viable options are determined of sound-absorbing structure for different materials. The data is presented in tables. Based on the results of the research we can conclude the small cavity is not effective for thicker materials. However, we have defined a specific value of cavity for each value. There is a limit when an increase in sound-absorbing material with a cavity behind becomes inefficient.

Keywords: sound-materials, wave characteristics, impedance tube, acoustic absorption coefficient, efficiency of the sound absorption

References

1. Zwikker C., Kosten C. W. Zvukopogloshhajushhie materialy. M.: IL, 1952. 160 p.
2. Shhev'ev Ju. P. Fizicheskie osnovy arhitekturno-stroitel'noj akustiki. St.-Petersburg: GUKIT, 2000. 401 p.
3. Komkin A. I., Nikiforov N. A. Sovremennye metody izmerenija akusticheskikh harakteristik odnorodnyh zvukopogloshhajushhikh materialov. *Bezopasnost' zhiznedeatel'nosti*. 2006. N. 8. P. 22—26.
4. Komkin A. I. Metody izmerenie akusticheskikh harakteristik zvukopogloshhajushhikh materialov. *Izmeritel'naja tehnika*. 2003. № 3. P. 47—50.
5. Chung J., Blaser D. Transfer function method of measuring induct acoustic properties: I. Theory. II. Experiment. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1980. V. 68, N. 3. P. 907—921.
6. Chu W. T. Transfer function technique for impedance and absorption measurements in an impedance tube using a single microphone. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1986. V. 80, N. 2. P. 555—560.

А. И. Комкин, д-р техн. наук., проф., e-mail: akomkin@mail.ru, Л. С. Воробьева, асп.,
В. А. Львов, ст. преп., А. И. Теленков, студент, МГТУ им. Н. Э. Баумана

Сопротивление продуванию волокнистых звукопоглощающих материалов

Рассмотрено сопротивление продуванию волокнистого звукопоглощающего материала на основе базальтового волокна, получаемое по результатам экспериментального исследования. Получено аналитическое выражение, связывающее сопротивление продуванию с плотностью материала. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: звукопоглощающий материал, базальтовое волокно, плотность, сопротивление продуванию, измерение

Введение

Акустические характеристики волокнистых звукопоглощающих материалов (ЗПМ) могут быть определены по известному сопротивлению продуванию для этих материалов. Такой подход был предложен в классической работе Делани и Базли [1] и с тех пор находит широкое применение. С этой точки зрения знание сопротивления продуванию материала весьма важно для оценки его акустических свойств. Большое практическое значение представляет собой задача установления связи между сопротивлением продуванию материала и его структурными параметрами, такими как его плотность и диаметр волокон. Для ее решения разрабатывались математические модели волокнистых ЗПМ, как с регулярным расположением волокон в пространстве [2], так и в предположении их случайного распределения в объеме ЗПМ [3, 4]. Вместе с тем следует иметь в виду, что на сопротивление продуванию материала оказывает влияние большое количество факторов, точное описание которых не всегда возможно. Сюда можно отнести, например, шероховатость поверхности волокон материала. По этой причине для оценки сопротивления продуванию используются полуэмпирические формулы [5–7], когда сопротивление продуванию полагают пропорциональным некоторой степени плотности волокнистого материала. Наряду с этим большое внимание уделяется экспериментальным методам оценки сопротивления продуванию материалов [8, 9], ибо только измерения могут подтвердить правомерность использования тех или иных математических моделей звукопоглощающих материалов. В данной работе исследуется сопротивление продуванию звукопоглощающего материала на основе базальтового волокна, который широко используется в различных системах звукопоглощения, например, диссипативных глушителях шума. Представлены оценки этого параметра, полученные по результатам экспериментальных исследований. Затем полученные экспериментальные данные сравниваются с резуль-

татами аналитической оценки на основе теоретических моделей волокнистых звукопоглощающих материалов.

Измерение сопротивления продуванию

Удельное сопротивление продуванию материала r , Па·с/м², определяется по формуле:

$$r = \frac{1 \Delta P}{v \Delta x} = \frac{S \Delta P}{Q \Delta x}, \quad (1)$$

где ΔP — перепад давлений, Па, на образце материала толщиной Δx , м, и площадью поперечного сечения S , м², при его продувании постоянным воздушным потоком со скоростью v , м/с, и объемным расходом, м³/с, $Q = vS$.

Величина r при использовании международной системы единиц измеряется в Н·с/м⁴.

В настоящее время при проведении измерений используются прямые и косвенные методы оценки сопротивления продуванию материалов. Прямой метод измерения заключается в пропускании регулируемого однонаправленного потока воздуха через образец цилиндрической формы и измерении перепада давления между двумя свободными лицевыми поверхностями образца. Этот метод позволяет напрямую вычислять сопротивление продуванию с помощью базовой формулы (1). Основные требования, предъявляемые к реализации прямого метода измерений, стандартизованы ГОСТ РЕН 29053—2008 [10]. В этом же стандарте рассматривается метод измерений сопротивления продуванию с помощью переменного воздушного потока, создаваемого в объеме с исследуемым образцом колеблющимся поршнем. При этом давление в этом объеме измеряется установленным в нем конденсаторным микрофоном, который перед проведением измерений калибруется. Помимо этого в статье [11] предложен непрямой метод измерений, основанный на измерении микрофонами звуковых давлений перед образцом, на который падает звуковая волна, и за ним. Разновидность этого метода, отличающаяся расположением



при измерении звукового давления одного из микрофонов, исследована в работах [12, 13]. Некоторые практические аспекты измерения сопротивления продуванию ЗПМ рассмотрены в работе [14].

В данном исследовании использовался прямой метод измерений для определения сопротивления продуванию волокнистого ЗПМ. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Исследуемый материал — базальтовое волокно марки БВВ-22 со средним диаметром волокна $d_b = 22$ мкм — помещался в специальную секцию измерительной камеры ИК. Длина этой секции $l = 70$ мм, а ее внутренний диаметр, как и диаметр всей измерительной камеры $d = 64$ мм. Таким образом, объем секции был фиксированным, так что плотность исследуемого образца ЗПМ регулировалась соответствующим выбором его массы. Для измерения перепада давления на образце использовались трубки Пито, устанавливаемые по обеим его сторонам, которые присоединялись к манометру дифференциальному МД. С помощью компрессора К воздух нагнетался в ресивер Р, давление в котором фиксировалось манометром М. Скорость потока воздуха, выходящего из ресивера, регулировалась с помощью вентиля редуциционного ВР. Для измерения скорости потока использовался расходомер интегрирующий РИ. Сопротивление продуванию определялось для трех образцов исследуемого ЗПМ с плотностями ρ_m 130, 150 и 200 кг/м³. Измерения для каждого образца проводились при трех скоростях воздушного потока, изменяющихся в диапазоне от 0,008 до 0,024 м/с. При измерениях перепад давлений на исследованных образцах изменялся от 4 до 18 Па.

На рис. 2 представлены графические зависимости градиента давления на образцах $\Delta P/\Delta x$ от скорости воздушного потока. Точками отмечены данные измерений, рядом с ними показаны соответствующие 15 %-ные интервалы среднеквадратичных

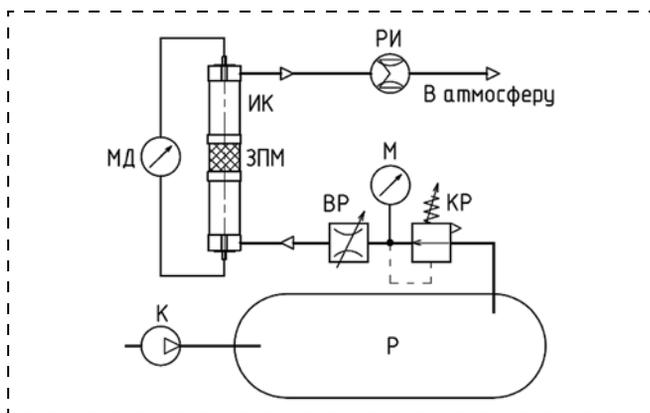


Рис. 1. Схема измерительной установки:

К — компрессор; Р — ресивер; КР — клапан редуциционный; ВР — вентиль редуциционный; М — манометр; МД — манометр дифференциальный; ИК — измерительная камера; ЗПМ — звукопоглощающий материал; РИ — расходомер интегрирующий

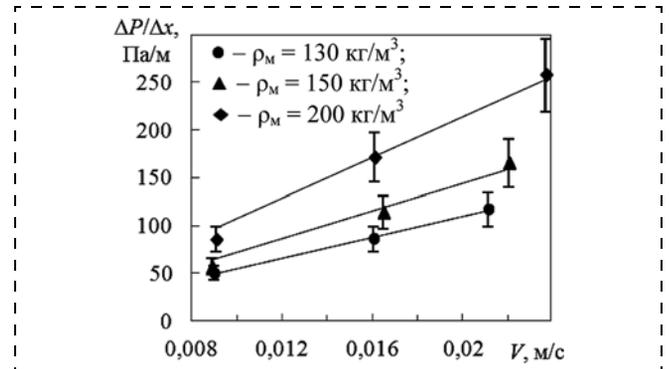


Рис. 2. Зависимость градиента давления от скорости воздушного потока

отклонений, а прямые определяют аппроксимации этих данных линейными зависимостями. Наклон полученных прямых, согласно формуле (1), будет определять искомые значения сопротивления продуванию исследуемых образцов волокнистого ЗПМ. Таким образом, были получены сопротивления продуванию для образцов материала с тремя различными плотностями. Соответствующая графическая зависимость представлена точками на рис. 3. Там же показаны соответствующие 4 %-ные интервалы среднеквадратичных отклонений. Далее полученная экспериментальная зависимость была аппроксимирована аналитической функцией. При проведении аппроксимации к трем экспериментальным точкам добавлялась исходя из физических соображений четвертая точка, с координатами (0; 0), которая не попадает в представленную на рис. 3 область графика. Полученная аналитическая зависимость описывается степенной функцией:

$$r = 3,29 \rho_m^{1,53} \quad (2)$$

При этом, как и ранее r может измеряться в Н · с/м⁴, а ρ_m — в кг/м³. Как показывает рис. 3, эта кривая аппроксимирует экспериментальные данные с высокой точностью.

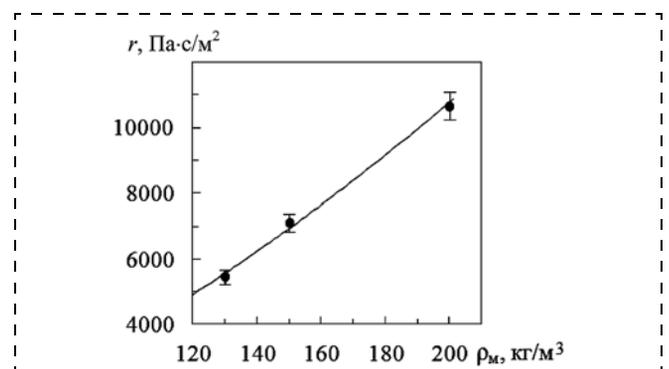


Рис. 3. Зависимость сопротивления продуванию от плотности материала

Обсуждение результатов

С целью анализа полученных результатов целесообразно обратиться к теоретической оценке сопротивления продуванию ЗПМ. Для теоретической оценки сопротивления продуванию волокнистых материалов целесообразно использовать модель, в которой поры образованы пространством, не занятым равномерно распределенными волокнами материала (рис. 4). При этом сопротивление продуванию такого материала может быть представлено в виде [15]:

$$r = \chi \frac{(1 - \sigma)^2 32\eta}{\sigma^2 d_B^2}, \quad (3)$$

где χ — безразмерный структурный фактор пористого материала, учитывающий особенности структуры материала, такие как наклон пор, их извилистость, изменение поперечного сечения поры по ее длине; σ — пористость материала, равная отношению объема пор к общему объему материала; η — динамическая вязкость воздуха, $\eta = 1,82 \cdot 10^{-5}$ Па·с; d_B — диаметр волокна, м.

С учетом того, что объемная плотность волокнистого материала ρ_M значительно ниже плотности его волокон ρ_B , пористость такого материала может быть представлена в виде: $\sigma = 1 - \rho_M/\rho_B$. При этом очевидно $\sigma \rightarrow 1$, так что выражение (3) приводится к виду

$$r = \chi \frac{32\eta}{2^2 \rho_B^2} \rho_M^2. \quad (4)$$

Таким образом, сопротивление продуванию оказывается пропорциональным квадрату плотности материала. Заметим, что экспериментальные исследования материала МР показали [15], что зависимость его сопротивления продуванию от плотности подчиняется этой закономерности. Следует, однако, отметить, что пористость материала МР, представляющего собой спрессованную витую стальную проволоку диаметром 0,1...0,2 мм, существенно ниже (порядка 0,7), что обеспечивает ему высокую пространственную однородность.

Между тем проведенные измерения показали, что степень при ρ_M оказалась существенно меньше 2. Этот результат хорошо согласуется с данными измерений сопротивления продуванию волокнистых

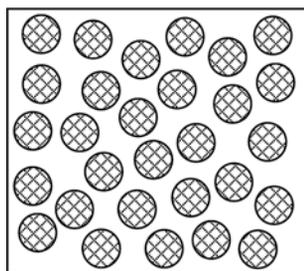


Рис. 4. Модель волокнистого ЗПМ

ЗПМ, полученными другими авторами. В работе [5] предложена следующая формула для оценки сопротивления продуванию:

$$r d_B^2 = K_2 \rho_M^{K_1}, \quad (5)$$

где K_1 и K_2 некоторые постоянные.

По структуре последняя формула совпадает с формулой (4), но значения входящих в нее постоянных отличаются от теоретических. Для постоянной K_1 получено, как и в данной работе, значение $K_1 = 1,53$. Для второй постоянной в работе [5] устанавливается значение $K_2 = 3,18 \cdot 10^{-9}$, что наоборот больше теоретического значения, определяемого из формулы (4). Вместе с тем, как показали дальнейшие исследования [7], значения постоянной K_2 будут зависеть от типа волокнистого ЗПМ, в частности материала и структуры поверхности волокон. Поэтому, следуя рекомендациям работы [6], целесообразно свести формулу (5) к более простому

виду $r = A \rho_M^{K_1}$, в которой, очевидно, постоянная

$A = K_2/d_B^2$. Если использовать последнее соотношение для базальтового волокна с $d_B = 22$ мкм получим $A = 6,57$, хотя проведенные измерения дают согласно формуле (2) меньший результат: $A = 3,29$. Исходя из этого постоянную A , как впрочем и K_1 , целесообразно определять непосредственно по результатам измерений.

В заключение сделаем замечание относительно причины снижения показателя степени при ρ_M от теоретического значения в 1,5 раза. Теоретическое значение степени 2 получено в предположении равномерного распределения волокон в объеме ЗПМ. В действительности вследствие высокой пористости такого рода материалов, может иметь место существенная локальная неоднородность волокнистого материала, что вызывает необходимость перехода при описании материала от равномерного к случайно распределенному в пространстве расположению волокон материала. Как показывает анализ [3, 16], такой переход приводит к заметному снижению расчетного значения сопротивления продуванию волокнистых ЗПМ.

Выводы

Определено сопротивление продуванию базальтового волокнистого ЗПМ с использованием прямого метода измерений. Полученная зависимость сопротивления продуванию от плотности материала с высокой точностью аппроксимируется аналитически степенной функцией. Результаты рассмотренного исследования хорошо коррелируются с результатами других исследований волокнистых ЗПМ. Необходимы дополнительные исследования по математическому моделированию такого рода материалов с учетом случайного распределения его волокон в объеме материала.



Список литературы

1. **Delany M. E., Bazley E. N.** Acoustical properties of fibrous absorbent materials // *Applied acoustics*. — 1970. — V. 3, № 1. — P. 105—115.
2. **Sides D. J., Attenborough K., Mulholland K. A.** Application of a generalized acoustic propagation theory to fibrous absorbents // *Journal of Sound and Vibration*. — 1971. — V. 19, № 1. — P. 49—64.
3. **Tarnow V.** Airflow resistivity of models of fibrous acoustic materials // *Journal of the Acoustical Society of America*. — 1996. — V. 100, № 6. — P. 3706—3713.
4. **Tarnow V.** Measured anisotropic air flow resistivity and sound attenuation of glass wool // *Journal of the Acoustical Society of America*. — 2002. — V. 111, № 6. — P. 2735—2739.
5. **Bies D. A., Hansen C. H.** Flow resistance information for acoustical design // *Applied Acoustics*. — 1980. — V. 13, № 5. — P. 357—391.
6. **Garai M., Pompoli F.** A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications // *Applied Acoustics*. — 2005. — V. 66, № 6. — P. 590—603.
7. **Kino N.** A comparison of two acoustical methods for estimating parameters of glass fibre and melamine foam materials // *Applied Acoustics*. — 2012. — V. 73, № 3. — P. 590—603.
8. **Справочник по технической акустике:** Пер. с нем. / Под ред. М. Хекла и Х. А. Мюллера. — Л.: Судостроение, 1980. — 440 с.

9. **Wang C.-N., Torng J.-H.** Experimental study of the absorption characteristics of some porous fibrous materials // *Applied Acoustics*. — 2001. — V. 62, № 3. — P. 447—459.
10. **ГОСТ Р ЕН 29053—2008.** Материалы акустические. Методы определения сопротивления продуванию потоком воздуха. — М.: Стандартинформ, 2008.
11. **Ingard K. U., Dear T. A.** Measurement of acoustic flow resistance // *Journal of Sound and Vibration*. — 1985. — V. 103, № 4. — P. 567—572.
12. **Dragonetti R., Lanniell C., Romano A. R.** Measurement of the resistivity of porous materials with an alternating airflow method // *Journal of the Acoustical Society of America*. — 2011. — V. 129, № 2. — P. 753—764.
13. **Rey R., Alba J., Arenas J. P., Ramis J.** Evaluation of two alternative procedures for measuring airflow resistance of sound absorbing materials // *Archives of Acoustics*. — 2013. — V. 38, № 4. — P. 547—554.
14. **Joshi M. P., Shrivage P., Jain S. K., Karanth N. V.** A comparative study on flow resistivity for different polyurethane foam samples // *Journal of Acoustical Society of India*. — 2011. V. 38, № 4. — P. 153—157.
15. **Комкин А. И., Никифоров Н. А.** Акустические характеристики пористо-волоконистых металлических материалов // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2004. — № 6. — С. 10—12.
16. **Howells D.** Drag due to motion of Newtonian fluid through a sparse random array of small fixed rigid objects // *Journal of Fluid Mechanics*. — 1974. — V. 64, № 3. — P. 449—475.

A. I. Komkin, Professor, e-mail: akomkin@mail.ru, **L. S. Vorobyeva**, Postgraduate, **V. A. Lvov**, Senior Lecturer, **A. I. Telenkov**, Student, Bauman Moscow State Technical University

The Airflow Resistivity of Fiber Sound-Absorbing Materials

The airflow resistivity of fiber acoustic material based on basalt fiber is studied. Various methods for determining of the airflow resistivity of sound-absorbing materials are studied. It is shown how this parameter could be determined experimentally, based on the direct measurement method. In this case, airflow passes through sample material and air flow rate measured with the pressure drop across the sample. The description of the experimental setup and methods of measurement is given. Samples of material were tested with three different densities. The sample was blown at three speeds of the air flow, causing it to determine the average airflow resistivity. A relationship of the airflow resistivity to the density of the material has been obtained and approximated by an analytical equation. The analysis of the results has been carried out. The possibility of their theoretical description is discussed.

Keywords: sound absorbing material, basalt fiber, mass density, flow resistivity, measurement

References

1. **Delany M. E., Bazley E. N.** Acoustical properties of fibrous absorbent materials // *Applied acoustics*. 1970. V. 3. N. 1. P. 105—115.
2. **Sides D. J., Attenborough K., Mulholland K. A.** Application of a generalized acoustic propagation theory to fibrous absorbents. *Journal of Sound and Vibration*. 1971. V. 19, N. 1. P. 49—64.
3. **Tarnow V.** Airflow resistivity of models of fibrous acoustic materials. *Journal of the Acoustical Society of America*. 1996. V. 100, N. 6. P. 3706—3713.
4. **Tarnow V.** Measured anisotropic air flow resistivity and sound attenuation of glass wool. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2002. V. 111, N. 6. P. 2735—2739.
5. **Bies D. A., Hansen C. H.** Flow resistance information for acoustical design. *Applied Acoustics*. 1980. V. 13, N. 5. P. 357—391.
6. **Garai M., Pompoli F.** A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications. *Applied Acoustics*. 2005. V. 66, N. 6. P. 590—603.
7. **Kino N.** A comparison of two acoustical methods for estimating parameters of glass fibre and melamine foam materials. *Applied Acoustics*. 2012. V. 73, N. 3. P. 590—603.
8. **Справочник по технической акустике:** Пер. с нем. / Под ред. М. Хекла и Х. А. Мюллера. Л.: Судостроение, 1980. 440 p.

9. **Wang C.-N., Torng J.-H.** Experimental study of the absorption characteristics of some porous fibrous materials. *Applied Acoustics*. 2001. V. 62, N. 3. P. 447—459.
10. **ГОСТ Р ЕН 29053:2008.** Материалы акустические. Методы определения сопротивления продуванию потоком воздуха. М.: Стандартинформ, 2008.
11. **Ingard K. U., Dear T. A.** Measurement of acoustic flow resistance. *Journal of Sound and Vibration*. 1985. V. 103, N. 4. P. 567—572.
12. **Dragonetti R., Lanniell C., Romano A. R.** Measurement of the resistivity of porous materials with an alternating airflow method. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2011. V. 129, N. 2. P. 753—764.
13. **Rey R., Alba J., Arenas J. P., Ramis J.** Evaluation of two alternative procedures for measuring airflow resistance of sound absorbing materials. *Archives of Acoustics*. 2013. V. 38, N. 4. P. 547—554.
14. **Joshi M. P., Shrivage P., Jain S. K., Karanth N. V.** A comparative study on flow resistivity for different polyurethane foam samples. *Journal of Acoustical Society of India*. 2011. V. 38, N. 4. P. 153—157.
15. **Комкин А. И., Никифоров Н. А.** Акустические характеристики пористо-волоконистых металлических материалов. *Безопасность жизнедеятельности*. 2004. N. 6. P. 10—12.
16. **Howells D.** Drag due to motion of Newtonian fluid through a sparse random array of small fixed rigid objects. *Journal of Fluid Mechanics*. 1974. V. 64, N. 3. P. 449—475.

УДК 631.416:504.73

В. Г. Двуреченский, канд. биол. наук, доц.¹, науч. сотр.²,

Е. Н. Филонова¹, канд. биол. наук, доц., e-mail: filono2000@mail.ru

¹ Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет НГАСУ (Сибстрин)

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

Тяжелые металлы в растительном покрове, деградирующем в результате воздействия горно-перерабатывающего предприятия

Исследовано содержание тяжелых металлов в растительном покрове около Риддерского металлургического комплекса корпорации Казцинк. (Республика Казахстан). Обнаружено высокое содержание в растениях цинка, а также особо опасных для окружающей среды — кадмия и свинца. Отмечено, что сложившаяся экологическая ситуация опасна для здоровья людей.

Ключевые слова: тяжелые металлы, растительный покров, техногенное загрязнение почв, урбоэко-система, антропогенные ландшафты, экологический мониторинг

Антропогенный прессинг привел к поступлению в окружающую среду тяжелых металлов (ТМ) в количествах, значительно превышающих ПДК и ОДК. Мировая общественность давно бьет тревогу по этому поводу. Еще в 1980 г. в докладе исполнительного директора Программы ООН по охране окружающей среды (ЮНЕП) проблема загрязнения ТМ была поставлена на второе место после проблемы потепления климата на планете [1]. Однако согласно критериям, разработанным в США с целью оценки общественного мнения по различным социально-экологическим проблемам, вопрос загрязнения тяжелыми металлами стоит на первом месте [2].

Масштабы загрязнения тяжелыми металлами глобальны, но особо актуально решение этого вопроса в промышленных городах и центрах. На современном этапе урбанизированные агломерации представляют собой огромные техногенные геохимические и биогеохимические аномалии [1]. Особенно остро эта проблема характерна для городов, в которых существуют предприятия цветной металлургии. К таким городам относятся практически все города Рудного Алтая, расположенные как на территории Российской Федерации, так и на территории Республики Казахстан — Усть-Каменогорск, Зыряновск, Змеиногорск и г. Риддер. Предприятия цветной металлургии загрязняют воздух, реки и почвы выбросами и отходами своего производства. Это опасно, так как урбоэко-система — неустойчивая, метастабильная система, и активное воздействие человека на нее приводит к абиотичности, к серьезным нарушениям и разрывам связей в биогеохимических циклах.

Максимальное аэрогенное поступление тяжелых металлов в почву, а также в виде "кислотных

осадков", наблюдается вблизи предприятий корпорации "Казцинк". Благодаря перманентным заводским выбросам и сбросам сточных вод, тяжелые металлы существенно изменили химический состав почвы и снизили ее плодородие. В итоге, рядом с предприятиями растительный покров крайне беден.

По результатам предварительных исследований ученых-почвоведов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск) и Казахского НИИ почвоведения и агрохимии им. У. У. Успанова в районе расположения предприятий цветной металлургии в верхнем 10-сантиметровом слое почвы установлено содержание валового кадмия, превышающее контрольные зональные значения в 188 раз, соответственно, свинца — в 707 раз; цинка — в 2302 раза. Полученные данные заставляют задуматься о следующем.

Во-первых, по мнению польских ученых-почвоведов и биогеохимиков загрязнение почв ТМ вечно. Металлы, накапливающиеся в почвах, медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции [3]. Первый период полуудаления ТМ (удаления половины от начальной концентрации) по расчетам японских ученых составляет для кадмия 13...1100 лет, для свинца 740...5900 лет, для цинка 70...510 лет [4].

Во-вторых, в местах добычи и переработки полезных ископаемых происходят серьезные изменения во внутриландшафтных геохимических связях из-за того, что на поверхность выносятся коренные породы в виде отвалов, создаются шламо- и хвостохранилища, сливаются в реки загрязненные воды, выпускаются в воздух отработанные газы и т. д. Результат этого — техногенное загрязнение окружающих



ландшафтов. При этом основными загрязнителями являются As, Cd, Cu, Hg, Pb, Zn. Данные элементы аккумулируются в окружающей среде высокими темпами, являясь наиболее частыми компонентами антропогенных элементохимических ассоциаций [5].

В-третьих, биологическая опасность заключается в том, что тяжелые металлы мигрируют в воду, в почву, накапливаются в растениях и по пищевой цепочке поступают в организм животных и человека. Могут ТМ поступать в организм человека и в результате вторичного загрязнения приземного слоя воздуха пылью [6, 7]. Следовательно, тяжелые металлы оказывают не только прямое неблагоприятное воздействие на здоровье людей, но и косвенное — через продукты питания. Например, в мясе и молоке скота, питающегося сеном, заготовленным на угодьях неподалеку от предприятий цветной металлургии, присутствуют свинец и кадмий, что не удивительно в связи с высоким содержанием этих элементов в почве. Хорошо известно, что свинец и кадмий, вместе с ртутью, входят в тройку самых опасных тяжелых металлов. Тем не менее опасны все ТМ, так как они способны проявлять свои токсические свойства, попадая во все живое. У животных и человека ТМ взаимодействуют с белками, блокируют различные ферментативные системы, нарушают другие физиологические функции организма [2]. У растений при загрязнении почвы свинцом и кадмием ухудшаются морфометрические показатели развития, изменяется активность ферментов [8]. Кстати, одновременное присутствие в растениях нескольких тяжелых металлов, например, кадмия со свинцом либо с железом, либо с никелем, может приводить и к синергическому эффекту [3].

Перечисленные направления определяют необходимость проведения экологического мониторинга в промышленных городах, особенно там, где функционируют предприятия цветной металлургии. Перед изучением нарушенной территории исследователями ставились следующие основные задачи:

определить фоновое содержание ТМ в растениях; определить содержание ТМ в растениях с техногенно загрязненных участков;

сравнить фоновые содержание ТМ в растениях с содержанием их в растениях на загрязненных, деградированных участках, и определить элементоспецифичность растительного покрова.

Исследования проводились в черте г. Риддер на техногенно загрязненной территории участка площадью 1 га с деградированными горночерноземными почвами, рядом с металлургическим комплексом корпорации Казцинк. Участок немного наклонен к малой реке г. Риддер Филипповке шириной около 3 м, поэтому было выделено три его подзоны (верхняя, средняя и нижняя). На территории исследования отмечались искусственные и естественные посадки растений. Растительный покров крайне беден и находится в угнетенном со-

стоянии. Отмечаются эрозионные почвенные процессы в виде промоин и стоков в направлении реки.

Город Риддер представляет собой урбанизированное пространство, которое существенно отличается от ненарушенных фоновых участков. Поэтому контролем послужил фоновый участок агроландшафта с посевами суданской травы *Sorghum drummondii* (Steud.) и бобовых на горночерноземной почве, в обрамлении кустарниковой растительности, расположенный в 25 км к северу от металлургического комплекса в районе села Бутаково.

Образцы отбирались в августе 2014 г. с растений, произрастающих на территориях исследования. Для проведения количественного элементного анализа использовался атомно-абсорбционный спектрометр "Квант-2А".

Академики В. А. Вернадский, А. П. Виноградов и их ученики доказали, что между химическим составом почв и растениями, развивающимися на них, имеется глубокая связь. Поэтому было решено проанализировать экологическую ситуацию рядом с металлургическим комплексом, взяв образцы проб с высших растений. Ведь изучение особенностей аккумуляции тяжелых металлов в растениях важно как для оценки состояния самого растения, так и для понимания процессов круговорота веществ, для работ по экологическому мониторингу, для получения экологически безопасной продукции [9].

Экологический и биологический мониторинг техногенно загрязненных территорий невозможен без растений. Растения — видимые индикаторы состояния окружающей среды. Они накапливают ТМ и из почвы, и из воздуха, тем самым определяя два пути поступления: корневой и фоллиарный (через листья). На поступление ТМ в растения влияют [9]: а) вид растения; б) тип почвы; в) концентрация, форма нахождения ТМ; г) рН почвы и ее гранулометрический состав; д) содержание органических веществ; е) емкость поглощения катионов в почве; ж) наличие источников загрязнения.

Для мониторинга окружающей среды используются различные параметры, например, ПДК, ОДК. В данном исследовании использовался сравнительный анализ фонового содержания тяжелых металлов в растениях и содержание ТМ в растениях на загрязненной территории. Хорошо известно, что в одних и тех же растениях содержание химических элементов может быть различным. Это зависит от разных концентраций в почве подвижных соединений элементов.

Особенности элементарного химического состава в естественных условиях отражают специфику геохимической среды в период развития и становления определенной ботанической группы [5]. А. П. Виноградов еще в 1952 г. утверждал, что в формировании элементарного химического состава растений и в их жизненных процессах участвуют все химические элементы [10], но остановимся только на тяжелых металлах. По данным

Таблица 1

**Содержание тяжелых металлов
в незагрязненном растительном веществе [11]**

Элемент	Содержание, мг/кг сухого вещества	Элемент	Содержание, мг/кг сухого вещества
Fe	20...300	Ni	0,1...1,0
Zn	15...150	Cr	0,1...0,5
Cu	3,0...40	Co	0,01...0,3
Pb	0,1...5,0	Cd	0,05...0,2
Mo	0,2...1,0	Hg	0,001...0,01

D. E. Baker и L. Chesnin [11] элементарный химический состав растений представлен в табл. 1.

Данные табл. 1 послужили эталоном для настоящего исследования и показали, что в незагрязненном растительном веществе изначально присутствует некоторая доля тяжелых металлов, которые при накоплении могут стать загрязнителями.

Насыщенность растительной массы тяжелыми металлами в разные фазы развития растений может различаться в 2—3 раза. Химические элементы распределяются по растению неравномерно. Большинство проведенных исследований в мире констатируют факт более активного накопления ТМ в корнях, чем в наземных органах. По данным М. С. Панина возрастные и сезонные колебания концентраций ТМ в течение онтогенеза растений могут различаться в 3—10 раз. Распределение ТМ по органам и тканям растений следующее (концентрация < ТМ увеличивается в ряду) [9]: древесина стволов < древесина толстых корней < древесина однолетних побегов < репродуктивные органы < листья < кора корней < кора стволов < тонкие корни. В исследованиях бразильских ученых также отмечено, что не наземные органы, а именно корни растений аккумулировали больше кадмия и свинца, причем удерживались ТМ стабильными хелатами [12].

Выбросы предприятий цветной металлургии переносятся на большие расстояния. Отмечается накопление тяжелых металлов в почве на расстоянии 10...15 км и дальше от источника загрязнения. Например, согласно данным немецких ученых, загрязнение луговой растительности свинцом и цинком фиксируется на расстоянии до 12 км от металлургического комплекса [13].

Сравнивая эталонные данные табл. 1 и данные табл. 2, можно сделать вывод о том, что в растениях контрольных участков (25 км к северу от металлургического комплекса) превышения содержания тяжелых металлов нет. Исключение составляет никель, содержание которого на контрольном участке в посеянной траве выходит за рамки предела в 1,0 мг/кг и составляет 3,02 мг/кг (см. табл. 2). Следовательно, контрольные участки рассматриваемой территории можно принять за эталонные по кадмию, кобальту, меди, свинцу и цинку.

Как показало исследование растительных образцов, концентрация тяжелых металлов так велика (см. табл. 2), что возделывание каких-либо культур на корм животным, или для принятия их в пищу опасно для здоровья человека и животных. Потребление продуктов растительного и животного происхождения, полученных даже в трехкилометровой зоне от металлургического комплекса, может привести к превышению рекомендованных ВОЗ норм потребления особо опасных тяжелых металлов — свинца и кадмия.

Согласно табл. 1 и 2, в которых показаны значения содержания ТМ в незагрязненном растительном веществе и содержание ТМ в растениях, произрастающих на загрязненной территории, можно сделать вывод о сильном загрязнении растений, произрастающих около металлургического комплекса. По сравнению с фоновыми данными, содержание ТМ в этих растениях выше в десятки и даже сотни раз. Обнаружено высокое содержание в растениях цинка, а также особо опасных для окружающей среды — кадмия, свинца. Растения с техногенно загрязненной территории в основном аккумулируют кадмий, свинец, цинк, медь, никель (перечислены в порядке уменьшения содержания ТМ).

Наибольшее загрязнение растений произошло в нижней подзоне исследованной территории, которая находится ближе к предприятию и имеет подчиненную позицию. Поэтому на примере этой территории были получены данные табл. 3, которые показывают превышение загрязнения ТМ кустарниковых растений по кадмию — в 351,56 раза; свинцу — в 212,41 раза; цинку — в 218,09 раза и т. д. (табл. 3).

Как уже упоминалось выше, в течение вегетационного периода содержание химических элемен-

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в растениях, произрастающих на загрязненных и контрольных участках

Вид территории	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn
Нижняя подзона (участки с посадками кустарников и трав*)	80,86	<0,05	114,18	2,47	620,24	7809,84
Средняя подзона (участки с посадками тополя и с посеянными травами)	40,36	0,06	49,79	1,84	789,77	3169,42
Верхняя подзона (участок с посадками сосны)	35,92	<0,05	46,58	2,31	335,11	2984,19
Контрольный участок с посевами трав (агрорландшафтный)	0,10	<0,05	5,62	3,02	1,40	32,88
Контрольный участок с кустарниковой растительностью	0,23	<0,05	3,56	0,51	2,92	35,81

* На всех участках с посевами травянистых растений, травы выпали сразу после всходов.



Таблица 3

Содержание и отношение тяжелых металлов в растениях, произрастающих на самом загрязненном¹ и контрольном² участках

Элемент	Содержание, мг/кг		Отношение загрязненные растения/контроль
	Загрязненные растения	Контроль	
Cd	80,86	0,23	351,56
Co	<0,05	<0,05	1,00
Cu	114,18	3,56	32,07
Ni	2,47	0,51	4,84
Pb	620,24	2,92	212,41
Zn	7809,84	35,81	218,09

¹ Нижняя подзона (участок с посадками кустарниковой растительности).

² Контрольный участок с кустарниковой растительностью.

тов загрязнителей в растениях может изменяться. Одна из причин — неспособность потока элементов, поступающих из почвы в растения, поддерживать определенную концентрацию в течение всей вегетации. В середине лета темп прироста является максимальным и при поступлении тяжелых металлов в растения происходит их разбавление. Поэтому в это время в растениях может содержаться наименьшая концентрация тяжелых металлов, чем ранней весной или осенью. Большую опасность представляет первая весенняя трава. Несмотря на то что образцы растений отобраны в летний период (август 2014 г.), тем не менее, полученные данные весьма настораживают (см. табл. 2 и 3). Изменения концентрации ТМ (противоположный процесс — максимальное накопление ТМ в наземной части растений) могут происходить в летние месяцы. Причины этого — временные изменения потоков воздуха, неодинаковая насыщенность потоков химическими элементами.

Высокое содержание тяжелых металлов в почвах геохимических аномалий действует угнетающе на все виды растений, которые приобретают некую устойчивость к неблагоприятному фактору (могут использовать различные способы защиты от избыточных ионов).

Диапазон толерантности растений имеет видовую принадлежность и зависит от токсичности металла. К сожалению, толерантность растений на заложенных опытных площадках выявить не удалось, так как все травянистые растения (злаковые и бобовые) выпали после всходов.

Признаки избытка элемента для древесных и кустарниковых видов более или менее одинаковы. При постепенном возрастании и воздействии концентрации ионов, наблюдается последовательное угнетение растительного организма: торможение роста, хлороз листьев, некрозы верхушек и краев листьев и иголок, отмирание корней. В рассматриваемом случае на растение сразу действует высокая концентрация элементов-загрязнителей. Поэтому последовательность нарушается: выпадают первые

стадии угнетения и появляются признаки глубокого нарушения процессов жизнедеятельности. В результате избыточного содержания элементов ТМ в среде обитания, уменьшаются высота растения, размеры органов, изменяется их структура. При постоянном воздействии ТМ происходит полное отмирание посевов злаковых и бобовых культур.

Не вызывает сомнения то, что чувствительность растений к неблагоприятным воздействиям особенно высока на ранних стадиях вегетации. Избыточные концентрации ТМ в растениях негативно влияют на процессы обмена веществ, которые могут замедляться, не завершаться, не начинаться и т. д. Набор реакций различных растений на появление в тканях высокой концентрации химических элементов примерно одинаков — это угнетение ферментативной способности, снижение синтеза белка и фотосинтеза, ослабление энергетических центров, нарушение водного обмена и др. [5].

Внешнее загрязнение менее опасно для растений, чем то, которое происходит через корни. Не всегда отрицательное воздействие осевшей на растениях техногенной пыли обусловлено содержащимися в ней химическими элементами-загрязнителями. Оно может быть связано с сокращением притока солнечной энергии к клеткам, закупоркой устьиц, химическими процессами, вызываемыми кислотными компонентами пыли.

В данном исследовании установлено, что растения на техногенно загрязненных участках подвергаются интенсивному воздействию, как через корневую систему (в большей степени), так и посредством загрязнения наземной части (в меньшей степени). Следовательно, растения не накапливают тяжелые металлы, а наоборот, тяжелые металлы накапливаются в растениях, так как они в него поступают, проникают [5]. Однако любое растение может до определенного предела накапливать химические элементы, если они ему необходимы для участия в обмене веществ, при дефиците их в окружающей среде. Основная часть поступивших в растения ТМ задерживается в корнях и возвращается в почву после их отмирания. То есть даже при проведении рекультивационных мероприятий по очистке почвы от тяжелых металлов, почва долгое время будет загрязненной.

Для того чтобы выращивать травянистые культуры на исследуемой площади, необходимо провести ряд рекультивационных мероприятий, основные из которых: снятие 15-сантиметрового слоя почвы с последующей утилизацией; известкование почвы; добавление в почву сорбентов.

Выводы

1. Фоновое содержание ТМ в растениях не превышает эталонные значения.

2. Содержание ТМ в растениях, произрастающих на техногенно загрязненных участках, высокое. По сравнению с фоновыми данными содержание ТМ в

растениях, произрастающих около металлургического комплекса, выше в десятки и даже сотни раз.

3. Растения, растущие на техногенно загрязненной территории в основном накапливают кадмий, цинк, свинец и медь.

Список литературы

1. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. — М.: Высшая школа, 1998. — 413 с.
2. Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Экология. Учебник для студентов вузов и специалистов экологов. М.: Изд-во ПРИОР, 1999. — 304 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
4. Iimura K., Ito H., Chino M., Morishita T., Hirata H. Behavior of contaminant heavy metals in soil-plant system. Tokyo: Proc. Inst. Sem. SEFMIA, 1977. — 357 p.
5. Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва—растение. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 220 с.
6. Зырин Н. Г. Состояние и задачи контроля загрязнения почв тяжелыми металлами // Мелиорация, использование и охрана почв Нечерноземной зоны. Тез. докл. Всесоюз. Конф. (Москва, 24—26 декабря 1980 г.). — М.: Изд-во МГУ, 1980. — С. 10—12.

7. Обухов А. И., Лепнева О. М., Плеханова И. О. Тяжелые металлы в почвах и растениях больших городов // Тез. докл. VIII Всесоюз. съезда почвоведов (Новосибирск, 14—18 августа 1989 г.). — Кн. 6. — Новосибирск, 1989. — С. 164—170.
8. Шестакова Г. А., Лыков И. Н., Голофтьева А. С. Влияние загрязнения почвы тяжелыми металлами на активность ферментов и стабильность развития растений // Проблемы региональной экологии. — 2012. — № 6. — С. 55—59.
9. Панин М. С. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского Прииртышья. — Семипалатинск: ГУ "Семей", 1999. — 309 с.
10. Виноградов А. П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. — С. 7—20.
11. Baker D. E., Chesnin L. Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health // Advances and Agronomy. — 1975. — Vol. 27. — P. 306—366.
12. Cannata M. G., Carvalho R., Betroiti A. C., Augusto A. S., Bastos A. R., Carvalho J. G., Freitas M. P. Effects of cadmium and lead on plant growth and content of heavy metals in arugula cultivated in nutritive solution // Commun. Soil Sci. and Plant Anal. — 2013. — Vol. 44, N. 5. — P. 952—961.
13. Vetter H., Mühlhop R., Früchtenicht K. Immissionstoffbelastung in der Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte. Ber. über Landwirtschaft. 1974. Bd. 52. N. 2. P. 327—350.

V. G. Dvurechensky, Research Associate, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Associate Professor, Novosibirsk State Architectural and Construction University, E. N. Filonova, Associate Professor, e-mail: filono2000@mail.ru, Novosibirsk State Architectural and Construction University

Heavy Metals in Vegetation Cover, Degrading as a Result of Exposure to Mining and Processing Enterprise

Maximum level of heavy metals accumulation in soil is observed around non-ferrous metals processing enterprises. Contamination of vegetation cover with heavy metals near metallurgical complex in the Ridder city (Republic of Kazakhstan) was investigated. Background level of heavy metals in plants grown 25 km away from the mill does not exceed the reference value. Very high level of heavy metals is found in plants in anthropogenic contaminated sites near the mill. The level of heavy metals content, compared to background data, is higher in tens, and even hundred times. High content level in plants of zinc and especially dangerous to environment — cadmium, lead is detected. Plants in anthropogenic contaminated area mainly accumulate cadmium, lead, zinc, copper and nickel (metals are listed in order of decreasing of heavy metals accumulation level). It is proved that the current ecology situation is dangerous to people health.

Keywords: heavy metals, vegetation cover, technogenic pollution of soils, urban ecosystem, anthropogenic landscape, environmental monitoring

References

1. Dobrovolskiy V. V. Osnovy biogeohimii. M.: Vyssh. shk., 1998. 413 p.
2. Nikanorov A. M., Horuzhaja T. A. Jekologija. Dlja studentov vuzov i specialistov jekologov. M.: Izd-vo PRIOR, 1999. 304 p.
3. Kabata-Pendias A., Pendias H. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah: Per. s angl. M.: Mir, 1989. 439 p.
4. Iimura K., Ito H., Chino M., Morishita T., Hirata H. Behavior of contaminant heavy metals in soil-plant system. Tokyo: Proc. Inst. Sem. SEFMIA. 1977. P. 357.
5. Il'in V. B. Tjzhelye metally i nemetally v sisteme pochva—rastenie. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012. 220 p.
6. Zyrin N. G. Sostojanie i zadachi kontrolja zagrjaznenija pochv tjzhelymi metallami. Melioracija, ispol'zovanie i ohrana pochv Nechemozemnoj zony. Tез. dokl. Vsesojuz. Konf. (Moskva, 24—26 dekabrja 1980 g.). M.: Izd-vo MGU, 1980. P. 10—12.
7. Obuhov A. I., Lepneva O. M., Plehanova I. O. Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah bol'shih gorodov. Tез. dokl. VIII Vsesojuz. sezda pochvovedov (Novosibirsk, 14—18 avgusta 1989 g.). V. 6. Novosibirsk, 1989. P. 164—170.

8. Shestakova G. A., Lykov I. N., Golofteeva A. S. Vlijanie zagrjaznenija pochvy tjzhelymi metallami na aktivnost' fermentov i stabil'nost' razvitija rastenij. Probl. region. jekol. 2012. N. 6. P. 55—59.
9. Panin M. S. Akkumuljacija tjzhelyh metallov rastenijami Semipalatin'skogo Priirtysh'ja. Semipalatin'sk: GU "Semej", 1999. 309 p.
10. Vinogradov A. P. Osnovnye zakonomernosti v raspredelenii mikrojelementov mezhdru rastenijami i sredoj. Mikrojelementy v zhizni rastenij i zhivotnyh. M.: Izd-vo AN SSSR, 1952. P. 7—20.
11. Baker D. E., Chesnin L. Chemical monitoring of soil for environmental quality animal and health. Advances and Agronomy. 1975. V. 27. P. 306—366.
12. Cannata M. G., Carvalho R., Betroiti A. C., Augusto A. S., Bastos A. R., Carvalho J. G., Freitas M. P. Effects of cadmium and lead on plant growth and content of heavy metals in arugula cultivated in nutritive solution. Commun. Soil Sci. and Plant Anal. 2013. V. 44. N. 5. P. 952—961.
13. Vetter H., Mühlhop R., Früchtenicht K. Immissionstoffbelastung in der Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte. Ber. über Landwirtschaft. 1974. V. 52. N. 2. P. 327—350.

УДК 614.842.47

С. В. Шархун, ст. препод., e-mail: s_sharhun@mail.ru, **Е. Н. Брюхов**, ст. препод.,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург

Своевременное начало эвакуации при пожаре как основа ее эффективности

Изучен вопрос подготовки людей к действиям при получении сигнала о пожаре. Проанализированы и обобщены данные о действиях людей при получении информации о пожаре. Приведены результаты анкетирования сотрудников офисных зданий.

Процесс эвакуации структурирован поэтапно. Поставлен ряд вопросов, необходимых для дальнейшего изучения.

Ключевые слова: эвакуация людей при пожаре, система оповещения и управления эвакуацией при пожаре, время начала эвакуации, поведение людей при пожаре, система пожарной сигнализации, система оповещения и управления эвакуацией при пожаре

В последние годы можно наблюдать, что тенденции в строительстве административных, многофункциональных и общественных зданий, направленные на повышение этажности. Соответственно возрастает рабочая площадь для офисных помещений, как следствие возрастает количество людей, работающих в таких зданиях [1].

Однако не всегда должное внимание уделяется подготовке людей к действиям по сигналу "Пожар", хотя Правилами противопожарного режима регламентирована периодичность проведения тренировок с персоналом и сотрудниками объектов защиты не реже двух раз в год.

Дело в том, что все такие тренировки, как правило, проводятся исключительно "на бумаге", вследствие чего люди не имеют практических навыков действий по сигналу "Пожар".

В соответствии со статьей 2 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2] не-

обходимое время эвакуации — это промежуток времени с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара. Эвакуация представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей, непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара.

Фактическое время эвакуации — это промежуток времени, который можно разделить на три этапа (рис. 1).

Первый этап — инерционность систем противопожарной защиты: автоматической пожарной сигнализации (АПС) и оповещения и управления эвакуацией при пожаре (СОУЭ). Инерционность системы АПС считается от момента появления очага возгорания (необходимого для срабатывания

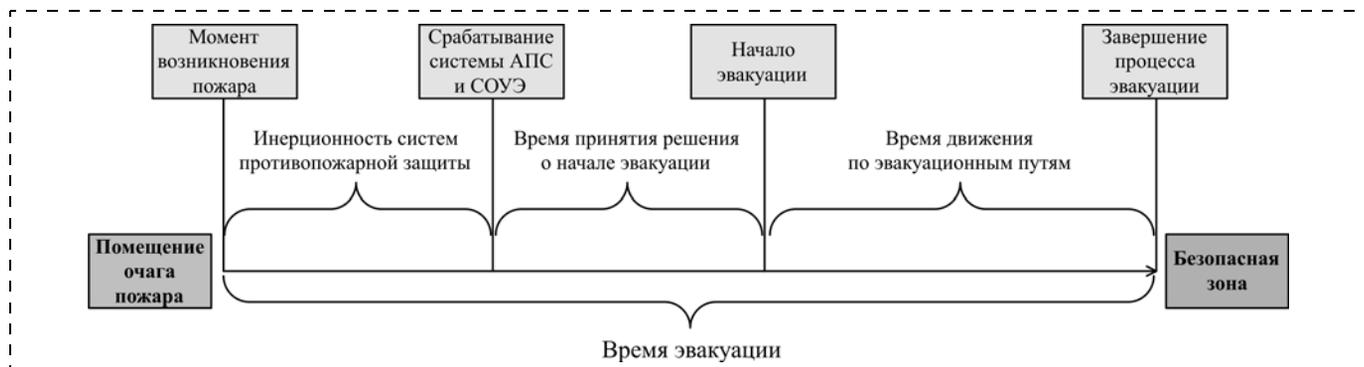


Рис. 1. Фактическое время эвакуации

пожарного извещателя) до выдачи управляющего воздействия.

Третий этап — время движения по путям эвакуации. Процесс эвакуации людей из зданий исследуется с начала прошлого столетия в разных странах [3—5]. На начальном этапе основное внимание уделяется изучению процесса движения людей [3, 4, 6—12].

Учитывая тот факт, что при реальном пожаре процесс эвакуации представляет собой многогранный комплекс действий, на фактическое время эвакуации влияет множество различных факторов, характерных для каждого этапа.

Настоящая статья посвящена *второму этапу*. Анализ поведения людей при поступлении сигнала "Пожар" очень подробно описывался в [13—16]. Время принятия решения о начале эвакуации можно разделить на три временных промежутка: время реагирования на сигнал, время, затраченное на окончание выполняемых работ, и время, затраченное на подготовительные работы (рис. 2).

Как отмечено в работе [13] большинство людей, вынужденных эвакуироваться из здания, находится вне помещения, где возник пожар, и не могут непосредственно наблюдать момент возгорания и развитие пожара. Из анкетных опросов известно, что из узнавших о пожаре 33 % опрошенных людей начинали обследовать помещение, 10 % гото-

вились покинуть помещение, 20 % стремились предупредить других, 10 % выясняли, вызвана ли пожарная команда, 6 % пытались сами вызвать пожарную команду, 13 % пытались сами потушить пожар, 8 % ничего не предпринимали, наблюдая, что делают другие [13].

Даже действия подготовленных, проинструктированных людей не одинаковы. Так, при исследовании [17] поведения обслуживающего персонала в торговых комплексах крупной фирмы при необъявленных (не анонсированных) тренировочных эвакуациях посетителей было выявлено, что, несмотря на регулярный противопожарный тренинг, при получении сигнала о пожаре только 37,2 % персонала выполнили действия, предписываемые инструкцией [13]. Остальные сотрудники, несмотря на появившиеся признаки пожара и даже сигнал оповещения, уточняли, соответствуют ли они действительности, советовались с вышестоящими сотрудниками, прежде чем приступить к организации эвакуации покупателей или покинуть здание [13].

В рамках изучения вопроса поведения сотрудников офисных зданий был проведен анкетный опрос среди сотрудников офисов в различных административных зданиях г. Екатеринбурга. Вопрос был сформулирован следующим образом: "Какими будут Ваши действия по сигналу пожар?".

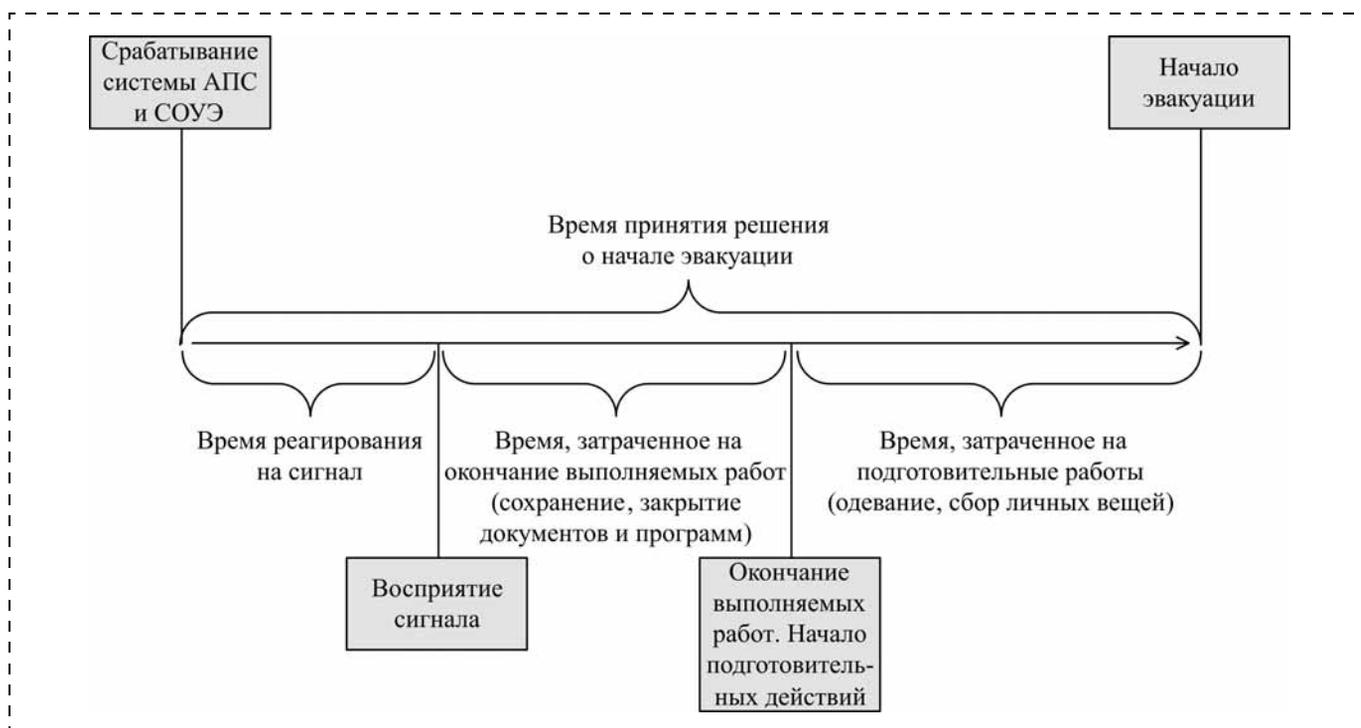


Рис. 2. Время принятия решения о начал эвакуации



Результаты опроса сотрудников административных зданий

Действия опрашиваемого	Количество людей, выбравших предлагаемый вариант ответа	
	Всего	%
Брошу все дела и начну эвакуацию, даже если не буду чувствовать дыма и запаха гари	338	67,6
Продолжу работать до тех пор пока не почувствую дым и запах гари	12	2,4
Попытаюсь позвонить дежурному персоналу и попытаюсь уточнить причину	150	30,0
Продолжу работать до тех пор, пока мне не позвонят и дополнительно не оповестят	—	—
Итого	500	100

Всего было опрошено 500 человек. Результаты опроса приведены в таблице. Как видно из таблицы, 2,4 % от опрошенных офисных работников продолжают работу на своем рабочем месте, несмотря на получение сигнала о пожаре. И как следствие, могут быть отрезаны опасными факторами пожара от ближайших эвакуационных выходов, что лишает их возможности самостоятельной эвакуации в безопасную зону. Если взять для примера небольшое (по современным меркам) восьмизэтажное административное здание, расположенное в квартале улиц Куйбышева — Гоголя — Горького — Карла Маркса г. Екатеринбурга, то при штатной численности работающих в нем сотрудников 2168 человек, 2,4 % от этой численности составят 52 человека, которые будут потенциальными жертвами при пожаре.

Таким образом, оснащение здания системами АПС и СОУЭ еще не гарантирует своевременного начала эвакуации, что нашло отражение в современных нормативных документах по пожарной безопасности [18].

В связи с вышеизложенным актуальной задачей является разработка мер воздействия на людей, не реагирующих на сигналы о начале эвакуации, и определения их эффективности.

Список литературы

1. Шархун С. В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — № 2. — С. 60—64.
2. Федеральный закон в ред. от 23.06.2014 № 160-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

3. Шильде Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 1. Анализ реальных пожаров и видеозаписей неанонсированных эвакуаций с целью количественного и качественного описания влияния персонала на ход эвакуации // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — № 1. — С. 44—52.
4. Беляев С. В. Эвакуация зданий массового назначения. — М.: Изд-во Всесоюзной Академии архитектуры, 1938. — С. 9—31.
5. Bryan J. L. Human behavior in fire and the development and maturity of a scholarly study area // Proceedings of the First International Symposium "Human Behaviour in Fire". — Belfast, UK, 1998. — P. 3—12.
6. Милюнский Л. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения: Дис. ... канд. техн. наук. — М., 1951. — С. 32—46.
7. Предтеченский В. М. О расчете движения людских потоков в зданиях массового назначения. В сб. Архитектурно-строительное образование и научные основы проектирования. — М.: Стройиздат, 1983. — С. 37—41.
8. Копылов В. Л. Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации: Дис. ... канд. техн. наук. — М., 1974. — С. 26—39.
9. Холщевников В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: Дисс. ... д-ра техн. наук. — М., 1983. — С. 19—34.
10. Pauls J. L. Building Evacuation: Findings and Recommendations. Fires and Human Behaviour. D. Canter, London, John Wiley and Sons, 1980. P. 251—276.
11. Pauls J. L. Evacuation and other movement in buildings: some high-rise evacuation models, general pedestrian movement models and human performance data needs // Proceeding of the Second International Conference "Pedestrian and Evacuation Dynamics". — London, 2003. — P. 75—88.
12. Fruin J. J. Pedestrian Planning and Design, Elevator World, 1971. P. 17, 24—28, 32—36.
13. Холщевников В. В., Самошин Д. Л. Эвакуация и поведение людей при пожарах. Учеб. пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 212 с.
14. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков. Учеб. пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 191 с.
15. Холщевников В. В., Самошин Д. А. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий // Жилищное строительство. — 2008. — № 8. — С. 24—26.
16. Шильде Д., Бойс К. Е., Холщевников В. В., Самошин Д. А. Поведение персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 3. Анализ системы подготовки персонала к действиям при пожаре и рекомендации по ее усовершенствованию // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — № 6. — С. 48—56.
17. Samochine D. A. Toward an Understanding of the Concept of Occupancy in Relation to Staff Behaviour in Fire Emergency Evacuation of Retail Stores, PhD Thesis, University of Ulster, 2004 / Самошин Д. А. Применение концепции "Человек—Среда—Пожар" для понимания поведения персонала торговых комплексов при пожаре: Дис. ... канд. техн. наук. — М., 2005. — С. 17—54.
18. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Утв. приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 (ред. Приказа МЧС № 749 от 12.12.2011).

S. V. Sharhun, Senior Lecturer, e-mail: s_sharhun@mail.ru, E. N. Bryuxov, Senior Lecturer, Ural Institute of Ministry for Emergency Situations of Russia, Ekaterinburg

Early Evacuation in Case of Fire as the Basis of its Effectiveness

Studied the question of training people to take action when it receives a signal about the fire. Analyzed and compiled data about the actions of people in a fire. Shows the results of the staff survey office buildings. The evacuation process is structured in different time periods. Put a number of questions for further consideration.

Keywords: evacuation of people in case of fire, the system of notification and management of evacuation in case of fire; the start time of the evacuation; the behavior of people in case of fire, fire alarm system, warning system and evacuation in case of fire

References

1. Sharhun S. V. Sredstva opoveshhenija i upravlenija jevakuciej ljudej pri pozhare na osnove setevyh tehnologij. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2013. N. 2. P. 60–64.
2. Federal'nyj zakon v red ot 23.06.2014 № 160-FZ. Tehnicheskij reglament o trebovanijah pozharnoj bezopasnosti.
3. Shil'ds P., Bojs K. E., Holshhevnikov V. V., Samoshin D. A. Povedenie personala trgovyh kompleksov pri pozhare. Chast' 1. Analiz real'nyh pozharov i videozapisej neanon-sirovannyh jevakucij s cel'ju kolichestvennogo i kachestvennogo opisaniia vlijanija personala na hod jevakucii. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2005. N. 1. P. 44–52.
4. Beljaev S. V. Jevakuacija zdaniy massovogo naznachenija. M. Izdatel'stvo Vsesojuznoj akademii arhitektury, 1938. P. 9–31.
5. Bryan J. L. Human behavior in fire and the development and maturity of a scholarly study area. *Proceedings of the First International Symposium "Human Behaviour in Fire"*. Belfast: UK, 1998. P. 3–12.
6. Milinskij A. I. Issledovanie processa jevakucii zdaniy massovogo naznachenija: Dis. ... kand. tehn. nauk. M., 1951. P. 32–46.
7. Predtecheskij V. M. O raschete dvizhenija ljudskih potokov v zdaniyah massovogo naznachenija. *Arhitekturno-stroitel'noe obrazovanie i nauchnye osnovy proektirovanija*. M.: Strojizdat, 1983. P. 37–41.
8. Kopylov V. A. Issledovanie parametrov dvizhenija ljudej pri vynuždennoj jevakucii: Dis. ... kand. tehn. nauk. M., 1974. P. 26–29.
9. Holshhevnikov V. V. Ljudskie potoki v zdaniyah, sooruzhenijah i na territorii ih kompleksov: Dis. ... d-ra tehn. nauk. M., 1983. P. 19–24.
10. Pauls J. L. Building Evacuation: Findings and Recommendations. *Fires and Human Behaviour*. D. Canter, London, John Wiley and Sons, 1980. P. 251–276.
11. Pauls J. L. Evacuation and other movement in buildings: some high-rise evacuation models, general pedestrian movement models and human performance data needs. *Proceeding of the Second International Conference "Pedestrian and Evacuation Dynamics"*. London, 2003. P. 75–88.
12. Fruin J. J. Pedestrian Planning and Design. *Elevator World*, 1971. P. 17, 24–28, 32–36.
13. Holshhevnikov V. V., Samoshin D. A. Jevakuacija i povedenie ljudej pri pozharah. Ucheb. posobie. M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2009. 212 p.
14. Holshhevnikov V. V., Samoshin D. A., Isaevich I. I. Naturnye nabljudenija ljudskih potokov. Ucheb. posobie. M.: Akademija GPS MChS Rossii, 2009. 191 p.
15. Holshhevnikov V. V., Samoshin D. A. Analiz processa jevakucii ljudej iz vysotnyh zdaniy. *Zhilishhnoe stroitel'stvo*. 2008. N. 8. P. 24–26.
16. Shil'ds D., Bojs K. E., Holshhevnikov V. V., Samoshin D. A. Povedenie personala trgovyh kompleksov pri pozhare. Chast' 3. Analiz sistemy podgotovki personala k dejstvijam pri pozhare i rekomendacii po ee usovershenstvovaniju. *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2005. N. 6. P. 48–56.
17. Samochine D. A. Toward an Understanding of the Concept of Occupancy in Relation to Staff Behaviour in Fire Emergency Evacuation of Retail Stores, PhD Thesis, University of Ulster, 2004 / Samoshin D. A. Primenenie koncepcii "Chelovek—Sreda—Pozhar" dlja ponimaniya povedenija personala trgovyh kompleksov pri pozhare: Dis. ... kand. tehn. nauk. M., 2005. P. 17–54.
18. Metodika opredelenija raschetnyh velichin pozharnogo risika v zdaniyah, sooruzhenijah i stroenijah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti. Utv. prikazom MChS Rossii № 382 ot 30.06.2009 (red. Prikaza MChS № 749 ot 12.12.2011).

УДК 584.83: 627.7

Т. А. Капитонова, канд. физ.-мат. наук, ученый секретарь, e-mail: kapitonova@iptpn.usn.ru,
Г. П. Стручкова, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова Сибирского отделения РАН, Якутск

Природные и техногенные источники опасности на территории Республики Саха (Якутия)

Научно-технические разработки в области природно-техногенной безопасности территории обусловили необходимость дальнейшего развития исследований процессов, происходящих в сложных технических сооружениях под воздействием взаимовлияния конструкции и окружающей среды, в том числе природных стихийных явлений, многолетнемерзлых грунтов, прогнозировать вероятность наступления неблагоприятных событий и возможный размер ущерба. Показаны этапы оценки риска: сбор, анализ и обработка статистических данных о чрезвычайных происшествиях, техногенных авариях и природных стихийных явлениях, характерных для территории, анализ природных и техногенных источников опасности на территории, анализ причинно-следственных связей процессов, разработка ГИС-технологий построения карт рискоопасных территорий и районирование территорий края по степени риска.

Ключевые слова: мониторинг, наводнение, природные и техногенные ЧС, ГИС-технологии, карты

1. Анализ природных и техногенных источников опасности на территории Республики Саха (Якутия)

Задачи мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС), оценки потенциальных угроз и районирование территории края по уровню риска возникновения ЧС приобретают в последнее время острую жизненную необходимость.

Протяженность территории Якутии с севера на юг около 2000 км, с запада на восток — 2100 км, включая Новосибирские острова.

В республике около 0,5 млн рек, которые относятся к бассейну Северного Ледовитого океана. Крупнейшие реки: Лена, Колыма, Индигирка; свыше 700 тыс. озер; почвы — мерзлотно-таежные. Около 80 % территории республики Саха приходится на зону тайги. Леса занимают 138 млн га.

Ниже перечислены основные отрасли промышленности республики: горнодобывающая промышленность представлена предприятиями по добыче и обогащению полезных ископаемых (золота, алмазов, олова, слюды, сурьмы, угля); обрабатывающая промышленность представлена небольшими предприятиями легкой, пищевой и деревообрабатывающей промышленности, прежде всего в Якутске и отдельных районных центрах; энергетика основана на использовании местного угля и привозных нефтепродуктов. Крупнейшие электростанции: Вилюйская ГЭС, Якутская ГРЭС, Чульманская ГРЭС, Нерюнгринская ГРЭС. Якутия располагает 364 гидротехническими сооружениями и водохранилищами.

На территории республики, вследствие производственной деятельности, а также неблагоприятных климатических и геофизических особенностей региона, возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций различного природно-техногенного характера [1, 2]: лесных пожаров; наводнений и паводков; землетрясений; опасных метеорологических явлений; аварий на коммунально-энергетических сетях; пожаров жилых строений; аварий на химически опасных объектах; крупных производственных аварий и пожаров; дорожно-транспортных ЧС.

Техногенная опасность территории определяется наличием и характеристиками объектов, представляющих потенциальную угрозу, и статистическими данными об авариях. Природная опасность определяется с помощью статистических данных о проявлениях опасных природных явлений и возможность инициирования ими катастроф и ущерба. На основе изложенного подхода строятся карты опасностей, уязвимости и риска и проводится районирование территории по уровню природного, техногенного и комплексного рисков ЧС. Более детальная характеристика опасности природных ЧС представлена в таблице.

Для оценки природного, техногенного и комплексного рисков были использованы данные мониторинга природных и техногенных объектов на территории РС(Я). Обзор фактического материала для оценки природной и техногенной опасности территорий РС(Я) проводился на основе материалов государственных организаций.

Характеристика опасности природных ЧС

Источник природной ЧС	Средняя площадь зоны вероятной ЧС, тыс. км ²	Численность населения в зоне вероятной ЧС, тыс. человек	Среднемноголетняя частота возникновения ЧС, ед./год
Опасные геологические процессы	2446	482	1
Опасные гидрологические явления и процессы	12,93	400	3
Опасные метеорологические (атмосферные) явления и процессы	500	600	1
Природные пожары	631,6	90	53

2. Природные чрезвычайные ситуации

Наводнения. В течение последних 50 лет наблюдений на территории Якутии на реке Лене действуют 14 водомерных постов в следующих населенных пунктах: с. Пеледуй (2693 км от устья), с. Крестовское (2655 км), г. Ленск (2508 км), с. Нюя (2424 км), с. Мача (2313 км), г. Олекминск (2103 км), с. Солянка (2078 км), пос. Хатынг-Тумул (1951 км), с. Саньяхтат (1885 км), г. Покровск (1574 км), с. Табага (1527 км), г. Якутск (1491 км), пос. Кангалассы (1457 км), пос. Сангар (1177 км от устья).

Особенности водного режима реки Лены соответствуют характеру ее питания, преимущественно снегового, что сказывается на высоте половодья, величина которого возрастает за счет подпоров от ледовых заторов.

Весенний ледовый режим реки Лены на участках, изобилующих островами, в большой степени зависит от морфологии русла. Ледяной покров обычно неглубоких протоков весной при подъеме уровня воды оказывается на плаву раньше, чем в основном русле.

Заторообразование является одной из характерных особенностей вскрытия реки. Характер заторности определяется условиями формирования половодья.

Заторы льда на реке Лене формируются, как правило, в одних и тех же местах — очагах заторообразования, расположенных на участках, характеризующихся уменьшением уклонов (на сопряжении перекаат — плес), резким изменением направления русла и его фарватера, расширением русла вследствие разветвления его на протоки и сужением основного русла, наличием островов, отмелей и осередков. Заторы льда на Лене охватывают большие участки и наблюдаются длительное

время. Их протяженность составляет от нескольких до 100 км и более, а продолжительность достигает 10 суток. Некоторые мощные заторы, образовавшиеся на участках реки между водомерными постами, слабо или совсем не отражаются на изменении уровня в пунктах наблюдений. Образование заторов вне пунктов наблюдений фиксируется обычно во время авиаразведки. На рис. 1 (см. 4-ю стр. обложки) приведена интенсивность заторов и паводков на Лене с 1938 по 1968 г.

Землетрясения. Территорию Якутии пересекают два сейсмических пояса. Арктико-Азиатский пояс начинается в хребте Гаккеля в Северном Ледовитом океане, протягивается на юго-восток через приустьевую часть реки Лены и систему горных хребтов Черского к Охотскому морю и на Камчатку, где соединяется с сейсмическими поясами Тихого океана.

В соответствии с Картами общего сейсмического районирования территории Российской Федерации — ОСР-97, представленными Якутским филиалом Геофизической службы СО РАН, 1,5 млн км² Якутии являются сейсмоопасными. Здесь происходили и могут произойти в будущем землетрясения интенсивностью в эпицентре 6...10 баллов по шкале MSK (макросейсмическая шкала, описывающая силу землетрясений).

В Арктико-Азиатском поясе сейсмоопасные территории в континентальной части Якутии имеют протяженность 1200 км, ширину 300...600 км, располагаясь по обе стороны коллизионных швов. В зоне влияния описываемого пояса расположены многочисленные горнодобывающие предприятия, города и населенные пункты, важные морские порты и военные объекты, функционируют дороги федерального и местного значения, проложены ЛЭП. Находясь в горной местности, построенные на многолетнемерзлых породах, в условиях сурового климата и сейсмической уязвимости, строительные объекты Восточной Якутии и проживающее население подвергаются реальному воздействию природных и техногенных катастроф.

За последние годы отмечено усиление сейсмической активности в данном регионе. К сейсмоопасным отнесены территории 16 районов республики, в том числе Абыйский, Анабарский, Алданский, Булунский, Верхоянский, Ленский, Нерюнгринский, Олекминский, Оймяконский, Таттинский, Усть-Алданский, Усть-Майский, Хангаласский, Якутский и др. На этой территории проживают более полумиллиона человек, действуют крупные промышленные и горнодобывающие предприятия.

Многие горнодобывающие предприятия на севере и северо-востоке также расположены в сейс-



моопасных зонах. На западе территория Талаканского нефтегазового месторождения, трасса нефтепровода к поселку Витим и сам Витим расположены в зоне возможных землетрясений силой 6...8 баллов. Газопровод в заречные улусы проложен по территории с 8-балльной сейсмической опасностью.

Нефтепровод Восточная Сибирь — Тихий океан (ВСТО), планируемое строительство ГЭС на реках Алдан, Олекма, Тимптон и Учур, добыча урановых руд, угля на Эльгинском месторождении и др. — все эти объекты относятся к потенциально опасным. Строительство и эксплуатация таких объектов требует строгого соблюдения правил сейсмостойкого строительства с целью исключения загрязнения природной среды при авариях от воздействия землетрясений. По картам ОСР-97 сейсмичность на этой территории оценивается в 6...10 баллов.

На большей части Южной Якутии распространена островная мерзлота, что в сочетании с высокой сейсмичностью, определяет уязвимость построек к воздействию катастрофических событий. В частности, г. Нерюнгри испытал воздействие 14 сильных и катастрофических землетрясений, оказавших серьезное влияние на техническое состояние зданий и сооружений. Карта сейсмичности территории РС(Я) с 1960 по 2008 г., представлена на рис. 2 (см. 4-ю стр. обложки).

Опасные метеорологические явления. Основной особенностью климата Республики Саха (Якутия) является резкая его континентальность, проявляющаяся в больших годовых колебаниях температуры и относительно малом количестве выпадающих осадков. В самых холодных местах температура воздуха понижается до -71°C , а в центральных районах до -64°C . На севере республики температуры ниже 0°C наблюдаются 255—260 дней в году, в центральных районах — 205—220 дней. Перепад средних температур июля и января составляет на юге 50°C , на северо-востоке 60°C . Годовая амплитуда абсолютного минимума и максимума температуры достигает 104°C . По зимним температурам и годовым амплитудам температуры Якутия не знает аналогов в Северном полушарии. Наиболее характерным процессом зимнего периода является образование области повышенного давления.

Лесные пожары. Причиной возникновения крупных лесных пожаров на территории республики является несвоевременное обнаружение лесных пожаров вследствие удаленности от населенных пунктов и неблагоприятных метеоусловий (сухие грозы, жаркая погода, отсутствие осадков).

Наиболее пожароопасными районами в Республике Саха (Якутия) являются: Горный, Олек-

минский, Хангаласский, Мегино-Кангаласский, Таттинский, Намский, Усть-Алданский, Чурапчинский, Верхневилуйский, Вилюйский, Нюрбинский, Сунтарский улусы, а также территория администрации г. Якутска. На территории республики могут возникнуть до 100 очагов природных пожаров, общей площадью около 110 тыс. га. Непосредственная угроза может возникнуть для 134 населенных пунктов, расположенных в зонах прогнозируемых природных пожаров. При этом возникновение чрезвычайных ситуаций в Якутии не выше регионального характера, связанных с природными пожарами, возможно со второй половины мая до середины сентября в двенадцати районах республики. На рис. 3 (см. 4-ю стр. обложки) представлена интенсивность лесных пожаров на территории РС(Я) за 1998—2010 гг.

3. Техногенные чрезвычайные ситуации

Анализ статистики чрезвычайных происшествий на территории РС(Я) показывает, что повторяемость природных ЧС в республике в среднем примерно 33 события в год, что значительно превышает общероссийский показатель (2...4). Повторяемость ЧС техногенного характера находится ниже среднероссийского уровня. При этом анализ техногенных аварий по видам показал следующие оценки вероятностей гибели населения: при обрушениях зданий и сооружений 0,22 случая на ЧС в год; при взрывах и пожарах на промышленных объектах 0,07; при бытовых пожарах 0,45; при взрывах боеприпасов 0,022; при транспортных авариях 0,66 случаев на ЧС в год. Таким образом, наиболее "трагичными" техногенными ЧС являются транспортные аварии и бытовые пожары [1, 2].

Магистральные нефте- и газопроводы отличаются по сравнению с другими видами транспорта высокой производительностью и значительной протяженностью, а также высокой уязвимостью от агрессивных воздействий со стороны внешней среды. Кроме того, из-за большой протяженности по длине трассы меняются конструктивно-технологические параметры и эксплуатационные условия, что ведет к изменению вдоль трассы как интенсивности аварий, так и сценариев их развития и величины ущерба. При анализе риск-факторов магистральных трубопроводов следует разделять природные и техногенные риски.

К природным относят такие факторы, как наличие снежного покрова различной толщины; наводнения; затопления объектов нефте- и газопроводов; подводные переходы; лесные пожары; землетрясения; сложные геологические условия (термоэрозия; термокарст; курумы; оползни; забо-

лачивание трассы); низкие температуры, ветровые нагрузки; обледенение, неоднородность рельефа.

К техногенным рискам можно отнести следующие: ошибки в проектировании; коррозия металла; отказ оборудования; перемещение трубопровода при взаимодействии с мерзлыми грунтами; нерегулярное электроснабжение; образование трещин-свищей; образование газоконденсатных и гидратных пробок; изменение пластичности металла, предела текучести; утонение толщины стенок; длительность эксплуатации, старение металла трубы, старение изоляции, человеческий фактор.

Как показал анализ аварийных ситуаций, на магистральных нефте- и газопроводах участками наибольшего риска являются подводные переходы. Ущерб на этих участках, сроки ликвидации аварий во много раз превышают аналогичные на линейной части трубопровода, а их ремонт сопоставим по сложности и затратам со строительством нового перехода. Наиболее характерной причиной повреждений подводных переходов является размыв грунта, т. е. образование открытых участков на дюкере в результате переформирования дна и берегов реки.

Газопровод с самым длинным подводным переходом в мире был проложен по дну реки Лены в 2003 г. Переход только основного русла реки Лены составил 2,3 км. Чтобы максимально уменьшить нагрузку от воды, трубопровод заложен по дну с заглублением и грунтовым обвалом, глубина реки достигает 14...15 м. Пропускная способность газопровода — 528 млн м³/год; максимальное рабочее давление газопровода — 55 кгс/см². Газопровод построен из труб с Ду 500 (530 × 14-13Г1С-У ТУ 14-3-1573—99). Толщина стенки трубы в русловом участке составляет 14 мм. Средняя скорость течения реки на вертикалях по гидродинамической оси потока составляет: в межень 0,8...1,0 м/с, в период паводка 1,5...2,0 м/с. Поверхностные скорости течения в паводок могут достигать 2,5...3,0 м/с. Скорости течения в зимний период составляют менее 0,4 м/с.

На реке Лене построен также подводный переход нефтепровода ВСТО. В 4 км выше от него в Лену впадает река Олекма, что накладывает на место перехода гидрологический режим двух рек, вызывает большую ледовую заторопоопасность в данном месте и повышает риск оголения трубы нефтепровода и вырыва трубы из траншеи под действием гидродинамического воздействия потока воды и давления заторного льда. В месте перехода возможен размыв ложа под нефтепроводом. Причиной этого могут быть изменения в гидродинамике ленских вод из-за проведенных в русле реки земляных трубоукладочных работ, в результате

провисов могут возникать деформации в нефтепроводе, зачастую являющиеся причиной появления трещин в трубах.

4. Анализ картографического материала с учетом особенностей задач обеспечения природно-техногенной безопасности региона

Масштабы и назначения карт, используемых для оценки и моделирования природно-техногенных угроз на территории, определяются в зависимости от цели и задач исследований. Они являются одним из этапов анализа рисков и создаются на основе базовой карты при картировании угроз, уязвимости на исследуемой территории, развития чрезвычайной ситуации и ее последствий. Существует множество методологий картирования угроз, уязвимостей и рисков, которые используются правительственными службами и частными организациями в Европе и во всем мире. Например, в работе [3] сделан обзор практики картирования рисков в Европе и определены основные недостатки: большинство подходов ориентировано только на природные угрозы и менее систематично подходят к технологическим и промышленным рискам.

Защита от воздействия опасных природных явлений в странах Европы и США строится на принципах пассивной защиты (уход из зон поражения), комбинируемой с экономическими условиями, поощряющими строительство в безопасных зонах и ограничивающими строительство в опасных зонах (запрет на строительство до возведения защитных сооружений, высокие ставки страхования и т. п.), определяемых картами опасностей.

Исходной информацией для создания картографической части геоинформационного обеспечения являются: архивные картографические материалы и архивные материалы аэрокосмических съемок; оперативные данные аэрокосмического зондирования; цифровые модели и карты местности; трехмерные модели объектов земной поверхности; результаты полевых (наземных) наблюдений; картографические материалы, используемые в ходе топографических съемок, трассирования, профилирования трассы трубопроводов.

Заключение

При решении задач природной и природно-техногенной безопасности необходимо иметь предварительные оценки распространения ЧС и наносимых ими ущербов. Это возможно особенно на больших территориях только с использованием ГИС-технологий, что требует определения масштабов топографических и тематических карт и схемы картографической базы данных, классифи-



кации и определения источников опасности для данного региона.

Проведение анализа существующих методик формирования и использования картографических баз данных и обоснования видов карт для разработки и систематизации содержания картографической информации необходимо для решения задач управления ЧС, выработки превентивных мер по их устранению, ликвидации последствий и повышению эффективности реагирования оперативных служб.

В качестве примера пространственного отображения комплексного взаимодействия факторов с линейными протяженными объектами, были рассмотрены участки нефтепровода ВСТО с развитием термокарста 3-й категории опасности с учетом коррозионной опасности, величина которой оценивалась в баллах в зависимости от ландшафтного типа участка. Были ранжированы участки нефтепровода ВСТО, с развитием криогенных процес-

сов, по потенциальной криогенно-коррозионной опасности с учетом уязвимости территории и выявлены участки с развитием термокарста, их категория опасности оценена во время аэровизуального обследования трассы и подтверждена в ходе полевых работ. Физико-механические свойства грунтов были получены в результате инженерно-геологических изысканий.

Список литературы

1. Слепцов О. И., Левин А. И., Стручкова Г. П., Семенова Т. И. Безопасность РС(Я): социальные, экономические и техногенные проблемы / Под редакцией В. Ю. Фридовского, В. А. Прохорова. — Новосибирск: Наука, 2008. — 296 с.
2. Слепцов О. И., Лыглаев А. В., Капитонова Т. А., Стручкова Г. П. Исследование техногенных аварий и антропогенных воздействий на экологическую безопасность Республики Саха (Якутия) // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2007. — № 4. — С. 88–94.
3. Carpigiano et al. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management. — Brussels, COMMISSION STAFF WORKING PAPER, 2010. — 69 p.

T. A. Kapitonova, Scientific Secretary, e-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru,
G. P. Struchkova, Leading Researcher, V. P. Larionov's Institute of Physical —
Technical Problems of the North Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Yakutsk

Natural and Man-Made Hazards in the Republic of Sakha (Yakutia)

Scientific and technical developments in the field of natural and man-made security of the territory led to necessity for further development of research processes occurring in difficult technical structures under the mutual influence of construction and environment including natural disasters and permafrost, to predict probability of adverse events occurrence and possible damage extent.

The article shows the steps of risk assessment: collection, analysis and processing of statistical data about emergencies, man-made accidents and natural disasters typical for our area, the analysis of natural and man-made sources of danger on our area, the analysis of cause-effect relations, development of GIS-technologies to build maps of dangerous areas and zoning according to the risk.

Keywords: monitoring, flood, natural or man-made emergencies, GIS-technologies, maps

References

1. Slepcov O. I., Levin A. I., Struchkova G. P., Semenova T. I. Bezopasnost' RS(Ja): social'nye, jekonomicheskie i tehnogennye problemy / Pod redakciej V. Ju. Fridovskogo, V. A. Prohorova. Novosibirsk: Nauka, 2008. 296 p.
2. Slepcov O. I., Lyglav A. V., Kapitonova T. A., Struchkova G. P. Issledovanie tehnogennyh avarij i antropogennyh vozdeystvij na jekologicheskiju bezopasnost' Respubliki Saha (Jakutija). *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij*. 2007. N. 4. P. 88–94.
3. Carpigano et al. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management. Brussels, COMMISSION STAFF WORKING PAPER, 2010. 69 p.

УДК 378:004.77

С. С. Тимофеева, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, e-mail: timofeeva@istu.edu,
С. С. Тимофеев, ст. препод., Национальный исследовательский Иркутский
государственный технический университет

Инновационные методы подготовки специалистов по направлению "Техносферная безопасность"

Рассмотрены инновационные подходы к обучению бакалавров по направлению подготовки "Техносферная безопасность". Основное внимание уделено приемам выработки компетенций путем организации самостоятельной работы и соревнований по лайфрестлингу — программе активного обучения студентов. Самостоятельная работа организуется в виде подготовки аналитических записок, презентаций, публичных выступлений. Выработка практических навыков достигается проведением соревнований по лайфрестлингу среди групп студентов. Приведена программа лайфрестлинга.

Ключевые слова: инновации, подготовка бакалавров, направление "Техносферная безопасность", самостоятельная работа студентов, соревнование, лайфрестлинг, несчастные случаи, оказание первой помощи в любой чрезвычайной и экстремальной ситуации

Научно-технический прогресс не только способствовал повышению производительности труда, росту благосостояния общества, но и привел к появлению большого числа новых угроз для отдельного человека и для цивилизации в целом. В современной техносфере формируются новые негативные факторы. Условия труда и жизни человека значительно превышают адаптационные, физиологические и психологические возможности организма. По мере ускорения темпов технического прогресса воздействие хозяйственной деятельности человека на природу становится все более разрушительным. Поэтому проблема обеспечения безопасности жизнедеятельности человека становится все более актуальной. Настало время задуматься о путях и возможностях поддержания качества среды обитания на уровне, необходимом для сохранения здоровья людей и устойчивого существования всех земных живых популяций. Роль школы и вузов состоит в том, чтобы подготовить граждан не только к выживанию в условиях нарастающих техногенных опасностей, но и к освоению новой культуры безопасного поведения, основанной на ресурсо- и здоровьесберегающих технологиях, бережном отношении к окружающей нас природной среде [1].

Новая образовательная сфера "Техносферная безопасность" предназначена для подготовки специалистов, способных обеспечивать безопасность в современном постоянно меняющемся мире, создавать условия для комфортной жизни и деятельности человека в техносфере, минимизировать

техногенное воздействие на природную среду и сохранять жизнь и здоровье человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования. Системное изучение наиболее вероятных опасных ситуаций, их особенностей и возможных последствий начинается с процесса обучения детей с первых лет жизни и продолжается всю жизнь и призвано подготовить человека к принятию правильных решений в экстремальных ситуациях. Образование в области безопасности жизнедеятельности в системе всех уровней образования ведется в нашей стране уже много лет, а с 2011 г. в России в технических университетах начата подготовка бакалавров, магистров по направлению "Техносферная безопасность" и первый выпуск состоится в июне 2015 года. В Иркутском государственном техническом университете (ИрГТУ), как и в других вузах, озабочены тем, что должна содержать выпускная квалификационная работа, как проверить компетенции выпускника.

Согласно требованиям профессиональных стандартов важнейшим качеством выпускника вуза является компетентность, под которой понимается актуальное свойство личности, проявляющееся совокупностью компетенций. Компетенцию можно определить как способность и готовность к определенной деятельности с применением знаний, умений и навыков. В совокупности эти компоненты формируют способность самостоятельно ориентироваться в ситуации и грамотно решать сложные производственные задачи. Выработать



компетенции у обучающихся можно, используя современные подходы. Инновационное образование — это развивающее и развивающееся образование, т. е. способное к саморазвитию и к созданию условий для полноценного развития всех участников. Сущность такого образования в создании условий для стимулирования познавательной деятельности студентов. Такое обучение строится в основном на диалоге, предполагающем свободный обмен мнениями. Это прежде всего мотивация и создание условий для обмена мнениями и знаниями путем организации конференций, круглых столов, деловых игр, олимпиад и других видов соревнований между отдельными студентами, группами, курсами, вузами, привлечение студентов к совместному с преподавателем выполнению проектов с использованием информационных технологий, сети Интернет, выполнение заданий в онлайн режиме [2].

В настоящей работе представлены инновационные методы, применяемые при подготовке специалистов по направлению "Техносферная безопасность", используемые на кафедре промышленной экологии и БЖД Национального исследовательского Иркутского государственного университета, которая в декабре 2014 г. празднует свое 65-летие.

Как известно, эффективность учебного процесса определяет взаимодействие мышления, действия, речи. При помощи языка закрепляется и развивается и мысль. Речевое общение позволяет студенту осознавать окружающий мир, самого себя в нем. Поэтому необходимо постоянно побуждать обучающихся к самостоятельной деятельности, поручая им готовить аналитические записки и публичные выступления на конференциях, семинарах, симпозиумах. Постоянный тренинг публичных выступлений способствует познавательному развитию и интеллектуальному росту. Мотивация студентов к самостоятельной работе, поиску и подбору необходимых сведений из огромного количества информационных ресурсов, позволяет научить их осмысленно и дифференцированно подходить к решению поставленных задач. Роль преподавателя заключается в выборе и рекомендации студентам наиболее интересных тем.

Такую работу в ИрГТУ начинают сразу с первого курса в рамках дисциплины "Введение в специальность". На первых занятиях студентов знакомят с профессиональными стандартами и их требованиями в части умения самостоятельно осмысливать информацию и излагать ее публично. Студентам предлагаются на выбор темы, касающиеся современных тенденций развития технологий и опасностей, которые они могут создавать,

например, темы "Современные нанотехнологии и наноматериалы и обеспечение их безопасности", "Генномодифицированные продукты и безопасность", "Зеленые технологии в энергетике, строительстве, промышленности", "Зеленая химия", "Волновая энергетика", "Консерванты и безопасность продуктов питания". Проработав выбранную тему, студент готовит презентацию и выступает перед группой, одноклассники оценивают работу в баллах от 0 до 10, сдавая карточку с оценкой преподавателю. Преподаватель проводит оценку, суммирует баллы и объявляет победителя. Желание быть победителем стимулирует студентов тщательно готовить свое выступление. Такая практика применяется уже давно, дает неплохие результаты и позволяет подготовить выпускников к публичной защите выпускной квалификационной работы.

Пройдя на первом курсе через процедуру подготовки доклада и его презентацию в первом семестре, студент получает навыки для участия в конференциях, в частности во Всероссийской научно-практической конференции с международным участием по проблемам безопасности современного мира, которая проводится кафедрой ежегодно в течение 20 лет. Кафедра собирает материалы конференции и издает их. Студент уже имеет свои опубликованные труды. Он вносит их в свой архив в виде портфолио, который учитывается при назначении рейтинговой и именных стипендий. В течение 5 лет каждый год 60 студентов ИрГТУ участвуют в работе конференции, представляя ≈70 докладов.

Формой активного побуждения студентов к самостоятельному глубокому изучению дисциплин является организация и проведение олимпиад. Кафедра уже в течение 15 лет организует и проводит олимпиады по экологии и безопасности жизнедеятельности регионального и всероссийского уровня. Каждый год меняется формат проведения олимпиады, путем добавления к традиционному теоретическому туру практического тура. Практический тур побуждает студентов задолго до олимпиады начать подготовку домашнего задания. Ребятам предлагается один из вопросов по экологии или безопасности жизнедеятельности проработать и представить в виде сценки, презентаций, видеороликов и других современных технологий. При таком освоении новых знаний процесс обучения все более становится похож на процесс развлечения.

В рамках региональной олимпиады по экологии и БЖД в 2014 г. опробован и предлагается к широкому внедрению в образовательный процесс один из эффективных способов формирования компетентности — соревнование между группами

и курсами по лайфрестлингу (англ. life — жизнь, wrestling — борьба), или в русском звучании: "Борьба за жизнь" — новому виду командных соревнований. Этот прикладной командный вид спорта зарождался на конкурсах профессионального мастерства спасателей МЧС России, состязаниях молодежного движения "Школа безопасности". Основателем данного вида соревнований является Всероссийский центр полигонного обучения навыкам оказания первой помощи при Российском университете физкультуры и туризма. Соревнование по лайфрестлингу можно проводить в спортивных залах и больших аудиториях, на спортивных площадках, газонах [3, 4].

При проведении соревнований на игровом поле обязательно размечаются линии старта и финиша, выставляются боковые ограждения от зрителей с использованием лент, флажков или других нетравмоопасных средств. В оснащение соревнований входят: роботы-тренажеры "Гоша", "Глаша" и "Гаврюша", медицинская аптечка, вакуумный матрас, ковшовые и плащевые носилки, секундомеры и технологические карты соревнований. У современных роботов — тренажеров "Гоша" прощупывается пульс, когда его удастся оживить, зрачки робота начинают реагировать на свет. Тренажер "Глаша" при неправильном оказании ей помощи "ощущает боль" — стонет и, наоборот, при качественной помощи благодарит спасающего ее. Поэтому, когда в соревнованиях по лайфрестлингу команде удастся реанимировать "пострадавшего Гошу" с появлением пульса на сонной артерии, студенты испытывают непередаваемое эмоциональное удовлетворение и соответственно навыки усваиваются и запоминаются надолго.

Команда состоит из четырех игроков (участников), которые выполняют определенную "ситуационную задачу". Ситуационная задача — задача по спасению жизни пострадавших после несчастного случая на производстве, на спортивной площадке, дороге, на водах, в горах и походах или после теракта. Подсчет баллов и оглашение результатов производится согласно регламенту судейской карты, в которой фиксируются скорость исполнения задачи, начисление штрафных и поощрительных баллов.

Например, на соревнованиях в 2014 г. был поставлен следующий сценарий: мотоциклист сбил двух девушек, одна из которых везла коляску с грудным младенцем. Виновник происшествия в результате черепно-мозговой травмы находился в состоянии клинической смерти. Девушки также были травмированы: одна из них была в коме, а другая получила повреждения шейного отдела позвоночника и костей таза с кровотечением из бед-

ренной артерии. Младенец в результате дорожно-транспортного происшествия выпал из коляски, получил ушибы и подавился инородным предметом.

По сценарию ситуация осложнилась тем, что "Скорая помощь" прибыла с опозданием, вместо бригады в ней оказался только фельдшер. Участники соревнований в роли прохожих оказали помощь пострадавшим и транспортировали их в машину. При этом оценивалось время и правильность оказания первой помощи.

К судейству на соревнованиях можно привлечь специалистов медицины катастроф и других действующих служб спасения региона, а также преподавателей, ведущих дисциплины медико-экологического профиля, прошедших специальную подготовку и получивших соответствующие удостоверения.

Выпускники кафедры промышленной экологии и БЖД работают в первую очередь специалистами в области охраны труда на промышленных объектах региона, и конечно они должны быть готовы к оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. Эти умения и навыки они приобретают в рамках изучения дисциплин "Защита в чрезвычайных ситуациях", "Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности", "Физиология человека и токсикология". Однако усвоение любых знаний в активной форме в виде соревнований происходит более эффективно и запоминается лучше. Это уже многократно проверено и рекомендуется использовать в процессе обучения.

На кафедре сложились деловые партнерские отношения с учебным центром Главного управления МЧС по Иркутской области, министерством по физической культуре, спорту и молодежной политике правительства Иркутской области и это позволяет реализовывать активную форму обучения студентов через командные соревнования по лайфрестлингу для вузов Иркутской области.

Ниже представлена предлагаемая авторами программа активного обучения студентов "Лайфрестлинг".

Цель программы

1. Сформировать у молодого поколения мировоззрения добра и милосердия. Главная заповедь выпускника "Не пройти мимо пострадавшего".
2. Научить самостоятельно и уверенно действовать в экстремальных ситуациях до прибытия спасательных служб и скорой помощи.

Задачи программы

1. Обучить быстрому сбору информации о чрезвычайной ситуации и правилам ее передачи спасательным службам.



2. Научить навыкам оказания первой медицинской и психологической помощи в ситуации несчастного случая.

3. Помочь каждому поверить в свои силы в экстремальных ситуациях и при несчастных случаях.

4. Воспитать чувство ответственности за жизнь пострадавших, сделав акцент на профессиональные действия в первые минуты развития критических ситуаций.

5. Отработать тактику поведения каждого участника оказания первой помощи при несчастных случаях во время тренировок.

6. Развивать стремление к совершенствованию своих знаний и навыков, анализируя на занятиях ошибки при оказании первой помощи и их последствия.

7. Научить понимать проблемы пострадавшего, предупреждать его просьбы и создать физический и душевный комфорт.

Программа обучения состоит из трех разделов.

1. Первая помощь.
2. Экстренная психологическая помощь.
3. Решение практических задач.

Главная задача программы "Лайфрестлинг": сделать все возможное, чтобы не допустить смерти пострадавшего на месте происшествия.

Программа "Лайфрестлинг" включает два элемента.

Первый элемент. "Оценка действия", состоит из пяти разделов.

1. Оценка безопасности места происшествия:
 - необходимо оценить безопасность подхода к месту происшествия и нахождение в нем пострадавшего и спасающих (угроза взрыва, пожара, падения с высоты, поражения электрическим током).
2. Оценка состояния пострадавшего:
 - за несколько десятков шагов до пострадавшего необходимо начать предварительный сбор информации.
3. Оценка возможности оказания первой помощи и оснащения:
 - наличие аптечки и подручных материалов.
4. Оценка условий и средств передачи информации:
 - в начале необходимо оказать первую помощь, а затем вызвать спасательные службы.
5. Оперативное принятие решения в выборе способа действия:

- чтобы принять решение о сердечно-легочной реанимации достаточно 15—20 с.

Второй элемент "Действие", состоит из шести разделов.

1. Комплекс сердечно-легочной реанимации — 4 мин.
2. Восстановление проходимости верхних дыхательных путей — 10 с.
3. Временная остановка кровотечения — 10 с.
4. Наложение повязки.
5. Наложение шины.
6. Вызов спасательной службы.

После оказания медицинской помощи следует оказать психологическую помощь. Реакции организма человека на экстремальные состояния могут проявляться как психические (бред, галлюцинации, апатия), так и физиологические (ступор, двигательная возбудимость, агрессия, страх, истерика, нервная дрожь, плач). При каждом из видов реакций необходима помощь, оказываемая спасателем.

Рассмотренным выше приемам необходимо научить студентов путем проведения тренингов в процессе изучения дисциплин "Защита в ЧС", "Надежность технических систем и техногенный риск".

В заключение следует отметить, что реализация программы "Лайфрестлинг" независимо от уровня первоначальной подготовки студентов позволяет приобретать и совершенствовать навыки оказания первой помощи в любой чрезвычайной и экстремальной ситуации.

Современному обществу нужны компетентные специалисты, психологически готовые к действию в нестандартных ситуациях, способные к саморазвитию и аналитическому мышлению и только применение инновационных подходов позволит подготовить таких специалистов.

Список литературы

1. **Сузова Л. В.** Современные инновационные методы образования как инструмент улучшения его качества // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 5. — С. 48—51.
2. **Тимофеева С. С., Смирнов Г. И.** Современное состояние мотивации обучения студентов Иркутского государственного университета в области техносферной безопасности // Вестник ИрГТУ. — 2014. — № 8. — С. 68—72.
3. **Бубнов В. Г., Бубнова Н. В.** Как оказать помощь при автодорожном происшествии. — М.: ГАЛО БУБНОВ, 2010. — 160 с.
4. **Дубнов В. Г., Бубнова Н. В.** Основы медицинских знаний. — М.: АСТ, Астрель, 2005. — 315 с.

S. S. Timofeeva, Professor, Head of Chair, e-mail: timofeeva@istu.edu,
S. S. Timofeev, Senior Lecturer, National Research Irkutsk State Technical University

Innovative Methods of Training Specialists Majoring "Technosphere Safety"

Considered innovative approaches to training of bachelors to preparation direction "Technosphere safety". The main attention is paid to methods of development of competence by the organization of independent work and competitions in a lifewrestling — program active of training students. Independent work is organized in the form of preparation of analytical notes, presentations, public statements. Development of practical skills is reached by competitions in a lifewrestling among groups of students. Given program of a lifewrestling.

Keywords: innovation, training of bachelors, direction "Technosphere safety", independent work of students, competition, lifewrestling, accidents, first aid in any emergency and extreme situations

References

1. **Surova L. V.** Modern innovative methods of education as a tool for improving its quality. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2014. N. 5. P. 48—51. (in Russian).
2. **Timofeeva S. S., Smirnov G. I.** The current state of motivation of teaching students of Irkutsk State University in

the field of technosphere safety. *Vestnik IrGTU* [Bulletin ISTU]. 2014. N. 8. P. 68—72. (in Russian).

3. **Bubnov V. G., Bubnova N. V.** *Kak okazat' pomoshch' pri avtodorozhnom proissheshchii* [How to assist in road accidents]. M.: LLC "GALO BUBNOV" Publ., 2010. 160 p.
4. **Bubnov V. G., Bubnova N. V.** *Osnovy meditsinskikh znaniy* [Fundamentals of medical knowledge]. M.: AST, Astrel' Publ., 2005. 315 p.

УДК 378.046.4:614.8.084

Г. П. Карлов¹, канд. техн. наук, проректор, e-mail: karlov@sibgtu.ru,
В. М. Корнев², канд. экон. наук, директор, **В. Ф. Харин**¹, канд. техн. наук, проф.,
зав. кафедрой, **А. А. Жуков**¹, доц., **В. Н. Онисько**¹, доц., **И. Д. Капустин**¹, доц.,
¹ Сибирский государственный технологический университет (СибГТУ), г. Красноярск,
² Институт дополнительного образования Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск

Интегрированный подход при реализации программ дополнительного профессионального образования в области комплексной безопасности образовательных организаций

Представлена дополнительная профессиональная программа "Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма" и ее учебно-методическое обеспечение, предназначенные для обучения руководящего состава и специалистов образовательных организаций мерам пожарной безопасности и противодействия актам терроризма с использованием полигона СибГТУ "DEFENDER PREMIUM".

Ключевые слова: пожарная безопасность, противодействие терроризму, образовательные организации, повышение квалификации, дополнительная профессиональная образовательная программа, учебно-методическое обеспечение, полигон

Актуальность проблем защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций различного характера в настоящее время не снижается. Это обусловлено тем, что в последние годы в нашей стране и за рубежом происходит множество чрезвычайных ситуаций природного и техногенного

характера, террористических актов. Терроризм, а также его последствия, являются одной из наиболее опасных проблем, с которыми сталкивается современный мир. Террористические акты, как показала жизнь, оборачиваются массовыми человеческими жертвами, ведут к масштабным разрушениям



материальных и духовных ценностей, сеют недоверие, вражду и ненависть между социальными и национальными группами.

Образовательные организации относятся к числу наиболее уязвимых структур. Последствия чрезвычайных ситуаций, террористических актов в них отличаются особой тяжестью, сильным политическим и социальным резонансом в стране и за ее пределами, поэтому задачи обеспечения безопасности образовательных организаций приобрели особую злободневность и значимость.

Чтобы умело и грамотно противостоять последствиям проявления любых опасностей в чрезвычайных ситуациях, необходимо постоянно совершенствовать уровень подготовки руководящего состава и специалистов различных профилей, способных решать комплекс взаимосвязанных задач в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека.

В нашей стране на протяжении многих десятилетий работает система организации обучения в области комплексной безопасности. Тем не менее эта система нуждается в повышении эффективности отдачи.

Одним из слагаемых системы подготовки и повышения квалификации педагогических кадров является Учебно-методический центр (УМЦ) по оценке степени защищенности сферы деятельности Минобрнауки России от чрезвычайных (кризисных) ситуаций и повышению квалификации руководителей, специалистов мобилизационных органов, гражданской обороны, профессорско-преподавательского состава направления подготовки (специальности) "Безопасность жизнедеятельности" СибГТУ [1].

Исходя из поставленных перед УМЦ задач по проведению мероприятий, способствующих повышению степени защищенности образовательных организаций от чрезвычайных (кризисных) ситуаций, разработаны, согласованы с Минобрнауки России и реализуются образовательные программы:

- Гражданская оборона и защита от чрезвычайных ситуаций;
- Безопасность жизнедеятельности;
- Мобилизационная подготовка;
- Государственная политика в сфере противодействия коррупции;
- Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма с использованием полигона СибГТУ "DEFENDER PREMIUM";
- Обеспечение комплексной безопасности субъектов образовательной среды учебного заведения.

Создано необходимое учебно-методическое обеспечение реализации этих программ.

За последние 10 лет в УМЦ повысили квалификацию более 7 тыс. руководителей и специалистов

образовательных организаций Уральского, Сибирского и Дальневосточного Федеральных округов.

Процесс обучения по проблемам безопасности следует рассматривать в призме интегрированного подхода к проблемам безопасной среды образовательного пространства и их взаимного влияния друг на друга. Создание безопасного образовательного пространства предполагает учет всех факторов, оказывающих негативное влияние на образовательный процесс, включая угрозы возникновения пожара, актов терроризма и аварий техногенного характера. Для эффективного решения обозначенных проблем процесс обучения руководящего состава и специалистов образовательных организаций следует проводить на основе комплексных программ по пожарной безопасности, минимизации (ликвидации) последствий террористических актов, формированию психологической готовности к работе в экстремальных ситуациях, с учетом требований, изложенных в Приказе МЧС России от 12 декабря 2007 г. № 645 (с изменениями 2010 г.) "Об утверждении норм пожарной безопасности "Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций", Постановлении Правительства Российской Федерации от 4 сентября 2003 г. № 547 (с изменениями 2010 г.) "О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", Постановлении Правительства РФ от 2 ноября 2000 г. № 841 (с изменениями 2008 г.) "Об утверждении Положения об организации обучения населения в области гражданской обороны", Приказе Минобрнауки России от 4 июня 2008 г. № 170 (в ред. Приказа Минобрнауки России от 23.07.2008 г. № 212) "О комплексе мер по противодействию терроризму в сфере образования и науки" [2, 3].

По результатам выполнения научно-исследовательской работы в рамках федеральной целевой программы "Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2007 г. № 972 в СибГТУ в 2012 г. создан пилотный полигон для апробирования систем противопожарной защиты на объектах сферы образования, обучения руководящего состава и специалистов образовательных организаций Сибирского и Дальневосточного федеральных округов способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и противодействия актам терроризма [4, 5].

В ходе проведения научно-практического семинара "Практическое использование программ поведения человека в кризисных ситуациях в системе образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования Сибирского фе-

дерального округа Российской Федерации", прошедшего с 20 по 21 июня 2012 года в г. Красноярске на базе СибГТУ, была представлена структурная схема полигона и проведена апробация средств спасения и защиты, программного обеспечения для решения задач по обеспечению пожарной безопасности объектов сферы образования, позволяющего осуществлять конкретные расчеты для выработки управленческих решений, оптимальных путей эвакуации, расчетов по оценке пожарного риска.

В рамках подсистемы общего назначения полигона разработана и согласована с Главным управлением МЧС России по Красноярскому краю дополнительная профессиональная образовательная программа "Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма" и учебно-методическое обеспечение для ее реализации.

Дополнительная профессиональная программа "Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма" и ее учебно-методическое обеспечение предназначены для обучения руководящего состава и специалистов образовательных организаций мерам пожарной безопасности и противодействия актам терроризма с использованием полигона СибГТУ "DEFENDER PREMIUM".

Программа предусматривает изучение следующих модулей:

- государственная политика в области обеспечения пожарной безопасности и противодействия терроризму;
- пожарная безопасность в образовательных организациях;
- противодействие актам терроризма в образовательных организациях;
- психолого-педагогическое обеспечение безопасности образовательных организаций;
- медицинская помощь в чрезвычайных ситуациях.

Целью программы является повышение эффективности процесса обучения руководящего состава и специалистов образовательных организаций способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и противодействия актам терроризма.

Слушатели, освоившие программу, должны обладать следующими профессиональными компетенциями:

- готовность к постоянному совершенствованию профессиональной деятельности, принимаемых решений и разработок в области пожарной безопасности и противодействия актам терроризма в сфере образования;
- владение полным комплексом правовых и нормативных актов в области пожарной безопасности и противодействия актам терроризма;

— способность использовать полученные знания для аргументированного обоснования своих решений.

Комплексный характер программы объясняется высокой вероятностью возникновения пожара в результате террористического акта.

Ниже перечислены основные достоинства программы "Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма".

— Программа имеет модульное построение и реализуется с использованием полигона, оснащенного современными эффективными средствами предотвращения пожара и пожаротушения, спасения людей с высоты, информационного и учебно-методического обеспечения.

— Класс комплексной безопасности, используемый для обучения, оснащен: современной компьютерной техникой, автоматическими стендами "Автоматические системы пожаротушения" и "Система автоматической пожарной сигнализации и речевого оповещения", наглядными материалами по темам "Противодействие терроризму", "Пожарная безопасность", "Средства спасения".

— Для реализации учебных целей используется компьютерная программа "DEFENDER SCIENCE Sigma", которая является виртуальным наглядным дидактическим материалом для обучения вопросам пожарной безопасности. Программа позволяет использовать компьютерное моделирование развития пожара, организацию и проведение учений по эвакуации людей по разным сценариям [6].

— Практические занятия проводятся с использованием оборудования учебного передвижного пожарно-спасательного комплекса "Огнеборец" "DEFENDER PREMIUM", средств спасения с высоты и учебно-методического обеспечения программы.

В ходе всех занятий используется учебно-методическое обеспечение процесса, в том числе кино, видеофильмы, слайды, плакаты, интерактивная доска, система тестирования для контроля и проверки знаний и другой учебный материал.

Использование полигона позволяет проводить:

- отработку порядка действий руководителей и специалистов образовательных организаций в случае возникновения пожара или акта терроризма;
- оценку пожарного риска на основе моделирования последствий воздействия опасных факторов пожара и принятия соответствующих управленческих решений;
- обучение приемам и способам использования первичных средств пожаротушения, защиты и спасения людей и материальных ценностей;
- апробирование практического применения современных средств защиты и спасения людей и материальных ценностей;



— выработку навыков использования пожарно-технического и аварийно-спасательного комплекса "Огнеборец";

— отработку управления спасения людей при пожаре и террористическом акте в условиях ограниченного времени и пространства.

При обучении особое внимание обращается на предотвращение террористических актов и спасение жизни людей.

В настоящее время программа "Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма" реализуется УМЦ с использованием полигона и перечисленных ниже разработанных УМЦ учебно-методических пособий.

1. Учебное пособие "Обеспечение пожарной безопасности в образовательных учреждениях" [7].

В учебном пособии представлены материалы и рекомендации, способствующие организации работы по обеспечению требований пожарной безопасности в образовательных организациях различного уровня.

Учебное пособие предназначено для руководителей и специалистов образовательных организаций, преподавателей, специалистов по охране труда, слушателей системы дополнительного профессионального образования, студентов специальности 280101.65 "Безопасность жизнедеятельности в технике".

2. Организационно-методические рекомендации "Обеспечение антитеррористической безопасности образовательного учреждения" [8].

При разработке организационно-методических рекомендаций использовались действующие Федеральные законы РФ, нормативно-правовые документы МВД России, опыт субъектов РФ в организации антитеррористической безопасности.

Организационно-методические рекомендации подготовлены Учебно-методическим центром по оценке степени защищенности сферы деятельности Минобрнауки России от чрезвычайных (кризисных) ситуаций и повышению квалификации руководителей, специалистов мобилизационных органов гражданской обороны, профессорско-преподавательского состава направления подготовки (специальности) "Безопасность жизнедеятельности" при Сибирском государственном технологическом университете при участии УФСБ России по Красноярскому краю и ГУВД по Красноярскому краю.

В организационно-методических рекомендациях [8] изложены вопросы планирования и организации антитеррористической безопасности, системы охраны образовательных организаций, рассмотрен стандартный порядок действия должностных лиц при угрозе и возникновении террористических актов. Рекомендации предназначены

для руководителей образовательных организаций, а также для контролирующих, надзирающих и исполнительных органов при изучении и проверке антитеррористической защиты объекта.

Рекомендации не носят нормативного характера, вместе с тем они устанавливают общие подходы к обеспечению антитеррористической безопасности образовательных организаций.

3. Учебно-методическое пособие "Проблемы комплексной безопасности. Средства спасения людей с высоты" [9].

Учебно-методическое пособие содержит основные сведения о средствах спасения людей с высоты, которые могут применяться для эвакуации и спасения людей с верхних этажей зданий при чрезвычайных ситуациях и пожарах в них, когда исключается возможность спуска по лестничным клеткам или с помощью лифтов.

Пособие включает требования нормативных документов, регламентирующих общие технические требования и методы испытаний средств спасения людей с высоты, а также требования безопасности к их размещению и использованию.

4. Учебное пособие "Проблемы комплексной безопасности. Средства защиты. Средства индивидуальной защиты органов дыхания" [10].

В учебном пособии изложен краткий обзор развития отечественных средств индивидуальной и коллективной защиты, приведена их классификация, рассмотрены принципы защиты, используемые в средствах индивидуальной защиты органов дыхания, систематизированы сведения о современных средствах защиты органов дыхания населения от поражающих факторов в чрезвычайных ситуациях мирного времени и в военный период и о средствах защиты персонала предприятий от опасных и вредных производственных факторов.

Дополнительная профессиональная образовательная программа "Пожарная безопасность и противодействие актам терроризма" и учебно-методическое обеспечение для ее реализации были представлены 13—14 марта 2014 г. на конкурс "Золотая медаль" выставки УчСиб-2014 г., Новосибирск и отмечены Большой золотой медалью в номинации "Система дополнительного профессионального образования (взрослых) в современных экономических условиях".

В настоящее время программа реализуется посредством обучения с отрывом от производства на базе УМЦ Минобрнауки при СибГТУ, а также в системе дистанционного обучения.

Реализация представленной программы с использованием полигона в образовательном процессе по отзывам слушателей позволяет в значительной степени повысить уровень знаний и прак-

тических навыков руководителей и специалистов образовательных организаций по способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и противодействия актам терроризма.

Список литературы

1. Карлов Г. П., Харин В. Ф. О повышении квалификации в области комплексной безопасности учреждений профессионального образования // Вестник международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. — 2009. — Т. 14. — № 6. — С. 280—285.
2. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012. № 390. "Правила противопожарного режима в Российской Федерации".
3. Постановление Правительства РФ от 29.12.2007 № 972. Федеральная целевая программа "Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года".
4. Карлов Г. П. Совершенствование подготовки и повышения квалификации кадров в области пожарной безопасности на базе пилотного полигона // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 3. — С. 50—54.
5. Отчет о НИР по теме "Разработка пилотного проекта полигона для апробирования систем противопожарной защиты на объектах сферы образования и науки, обучения руководящего состава и специалистов образовательных (научных) учреждений Сибирского и Дальневосточного федеральных округов способам защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара". Часть 1. — Красноярск: СибГТУ, 2012. — 453 с.

6. О формализации реакции человека на пожар и интеграция моделей эвакуации и развития ОФП / Е. С. Кирик и др. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2011. — № 3. — С. 59—68.
7. Обеспечение пожарной безопасности в образовательных учреждениях: учебное пособие / Под ред. В. Н. Москаленко. — Красноярск: СибГТУ, 2013. — 111 с.
8. Обеспечение антитеррористической безопасности образовательного учреждения: Организационно-методические рекомендации для руководителей и специалистов системы образования, занимающихся вопросами антитеррористической безопасности, а также для слушателей системы дополнительного профессионального образования, обучающихся по программе повышения квалификации "Противодействие актам терроризма в образовательных учреждениях". — Красноярск: СибГТУ, 2012. — 67 с.
9. Проблемы комплексной безопасности. Средства спасения людей с высоты: Учебно-методическое пособие к дополнительной профессиональной образовательной программе повышения квалификации руководителей и специалистов учреждений образования и науки "Пожарная безопасность" с использованием полигона СибГТУ "DEFENDER PREMIUM" / В. Н. Онисько и др. — Красноярск: СибГТУ, 2012. — 236 с.
10. Проблемы комплексной безопасности. Средства защиты. Ч. 1. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: Учебное пособие для слушателей системы дополнительного профессионального образования, руководителей организаций, специалистов, повышающих квалификацию в области гражданской обороны и безопасности жизнедеятельности / В. Н. Онисько и др. — Красноярск: СибГТУ, 2012. — 270 с.

G. P. Karlov¹, Prorector, e-mail: karlov@sibgtu.ru, V. M. Kornev², Director, V. F. Kharin¹, Professor, Head of Chair, A. A. Zhukov¹, Associate Professor, V. N. Onisko¹, Associate Professor, I. D., Kapustin¹, Associate Professor,
¹ Siberian State Technological University, Krasnoyarsk,
² Institute of Additional Education Siberian State Technological University, Krasnoyarsk

Integrated Approach in the Implementation of Programs of Additional Professional Education in the Field of Integrated Security Educational Organizations

Learning process on security issues should be considered through the prism of an integrated approach to the problems of a safe environment education space and their mutual influence on each other. Creating a safe educational environment implies taking into account all the factors that have a negative impact on the educational process including the threat of fire, acts of terrorism.

Additional professional education program "Fire Safety and countering acts of terrorism" and its methodological support designed to educate managers and specialists of educational institutions in fire safety measures and counter acts of terrorism using landfill SibGTU "DEFENDER PREMIUM". The aim of the program is to increase the efficiency of the process of learning how to protect people and property from the effects of fire hazards and to counter acts of terrorism.

The program has a modular design and is implemented using a polygon equipped with modern effective means of fire prevention and fire fighting, rescue people from a height, information and educational software. Implementation of the program presented by using the polygon in the educational process would greatly enhance the knowledge and practical skills of managers and specialists of educational institutions.

Keywords: fire safety, countering terrorism, educational organizations, raising the level of personnel skill, additional professional education program, teaching methodological support, polygon



References

1. **Karlov G. P., Harin V. F.** О повышении квалификации в области комплексной безопасности учреждений профессионального образования. *Vestnik mezhdunarodnoj akademii nauk jekologii i bezopasnosti zhiznedejatel'nosti*. 2009. V. 14. N. 6. P. 280—285.
2. **Postanovlenie** Pravitel'stva RF ot 25.04.2012 g., № 390. Pravila protivopozharnogo rezhima v Rossijskoj Federacii.
3. **Postanovlenie** Pravitel'stva RF ot 29 dekabrya 2007 g. N. 972. Federal'naja celevaja programma "Pozharnaja bezopasnost' v Rossijskoj Federacii na period do 2012 goda".
4. **Karlov G. P.** Sovershenstvovanie podgotovki i povyshenija kvalifikacii kadrov v oblasti pozharnoj bezopasnosti na baze pilotnogo poligona. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2014. N. 3. P. 50—54.
5. **Otchet** o NIR po teme "Razrabotka pilotnogo proekta poligona dlja aprobeirovanija sistem protivopozharnoj zashhity na ob'ektah sfery obrazovanija i nauki, obuchenija rukovodjashhego sostava i specialistov obrazovatel'nyh (nauchnyh) uchrezhdenij Sibirskogo i Dal'nevostochnogo federal'nyh okrugov sposobam zashhity ljudej i imushhestva ot vozdeystvija opasnyh faktorov pozhara". Chast' 1. Krasnojarsk: SibGTU, 2012. 453 p.
6. **O formalizacii** reakcii cheloveka na pozhar i integracija modelej jevakuacii i razvitija OFP / E. S. Kirik i dr. *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij*. 2011. N. 3. P. 59—68.
7. **Obespechenie** pozharnoj bezopasnosti v obrazovatel'nyh uchrezhdenijah: uchebnoe posobie / Pod red. V. N. Mosk-alenko. Krasnojarsk: SibGTU, 2013. 111 p.
8. **Obespechenie** antiterroristicheskoj bezopasnosti obrazovatel'nogo uchrezhdenija: Organizacionno-metodicheskie rekomendacii dlja rukovoditelej i specialistov sistemy obrazovanija, zanimajushhijhsja voprosami antiterroristicheskoj bezopasnosti, a takzhe dlja slushatelej sistemy dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovanija, obuchajushhijhsja po programme povyshenija kvalifikacii "Protivodejstvie aktam terrorizma v obrazovatel'nyh uchrezhdenijah". Krasnojarsk: SibGTU, 2012. 67 p.
9. **Problemy** kompleksnoj bezopasnosti. Sredstva spasenija ljudej s vysoty: Uchebno-metodicheskoe posobie k dopolnitel'noj professional'noj obrazovatel'noj programme povyshenija kvalifikacii rukovoditelej i specialistov uchrezhdenij obrazovanija i nauki "Pozharnaja bezopasnost'" s ispol'zovaniem poligona SibGTU "DEFENDER PREMIUM" / V. N. Onis'ko i dr. Krasnojarsk: SibGTU, 2012. 236 p.
10. **Problemy** kompleksnoj bezopasnosti. Sredstva zashhity. V. 1. Sredstva individual'noj zashhity organov dyhanija: uchebnoe posobie dlja slushatelej sistemy dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovanija, rukovoditelej organizacij, specialistov, povyshajushhijhsja kvalifikaciju v oblasti grazhdanskoj oborony i bezopasnosti zhiznedejatel'nosti / V. N. Onis'ko i dr. Krasnojarsk: SibGTU, 2012. 270 p.

Межрегиональная специализированная выставка

"НЕФТЬ. ГАЗ. ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГО"

29—30 октября 2015 г. г. НОЯБРЬСК (ЯНАО)

Некоторые разделы выставки

- Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.
- Ресурсо- и энергосберегающие технологии при добыче и переработке полезных ископаемых. Решение проблемы попутного газа.
- Охрана окружающей среды и экологическая безопасность. Утилизация промышленных и твердых бытовых отходов. Очистка сточных вод. Предупреждение загрязнений воздушной среды.
- Промышленная безопасность. Охрана труда и техника безопасности, спецодежда, средства защиты. Противопожарная техника.

Более подробная информация на сайте

<http://www.ses.net.ru/index.php/calendar/52-uncategorised/255-neft-gaz-ecology-noyabrsk-2015>

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, Стромьинский 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 Е. В. Комиссарова

Сдано в набор 05.03.15. Подписано в печать 16.04.15. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ515.

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. Сайт: www.aov.ru