



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.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.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
проф.
ПРОНИН И. С., д.ф.-м.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.

Редакционная коллегия:

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.
БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.
(Польша)
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
КИРСАНОВ В. В., 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.
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.
СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

1(205)
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Остапенко О. В., Аблязов Н. Р.** Влияние социально-психологического климата на здоровье человека 3
Кузьмин С. А., Боев М. В., Соколовников В. В., Григорьева Л. К. Медико-демографическая характеристика юношей допризывного возраста в субъекте Российской Федерации (на примере Оренбургской области) 7

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Тумановский А. А., Квашнин А. В., Смирнов А. С.** Проблемы аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, способы их ликвидации и оценка их опасности при проведении экспертиз 11
Рыбкин А. Я., Горбунова О. В., Дьячкова С. Г. Потери нефтепродуктов в АО "Саханафтегазбыт", проблемы и методы их решения 18

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Рухлинский В. М., Молотовник А. С., Хаустов А. А.** Управление рисками в области аварийно-спасательного обеспечения полетов 26
Харитонов В. В., Кленков Р. Р., Пенчученко В. В., Абашев В. Ю., Шешегов П. М., Зинкин В. Н. Авиационный шум и риск снижения надежности действий летного состава 32

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Мотиенко А. И., Ронжин А. Л., Поляков А. В., Косачев В. Е., Крючков Б. И., Усов В. М.** Роботы для аварийно-спасательных работ с позиций антропоцентрического подхода 39
Котельников В. В., Мартынюк В. Ф. Опасность аварийных остановок лифта. Эвакуация пассажиров при отсутствии необходимости передвижения кабины 47

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Андреев Е. А., Орлов А. С., Левчук А. А., Марченко М. А.** Пожарная безопасность в электроустановках 52

ОБРАЗОВАНИЕ

- Зиновьева О. М., Золкина А. В., Ломоносова Н. В., Меркулова А. М., Смирнова Н. А.** Вопросы интеграции онлайн-курсов в систему высшего образования (на примере дисциплины "Безопасность жизнедеятельности") 57

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, включен в систему Российского индекса научного цитирования и Международную базу данных CAS (Chemical Abstract).



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATELNOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
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. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)
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.

Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)
BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
ZABOROVSKIY T. (Poland),
Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KIRSANOV V. V., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
Dr. Sci. (Tech.)
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phis.-Math.)
PALJA Ja. A. (Poland),
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

1(205)
2018

CONTENTS

LABOUR PROTECTION AND POPULATION HEALTH

- Ostapenko O. V., Ablyazov N. R.** The Influence of Socio-Psychological Climate on Human Health 3
Kuzmin S. A., Boev M. V., Solodovnikov V. V., Grigorieva L. K. Medical-Demographic Characteristics of the Young Men of Pre-conscription Age in the Subject of the Russian Federation (on an Example of the Orenburg Region) 7

ENVIRONMENT PROTECTION

- Tumanovskiy A. A., Kvashnin A. V., Smirnov A. S.** Problems of Emergency of Spills of Oil and Petroleum Products, Ways of their Elimination and Evaluation of their Hazards in Expertise Examinations 11
Ribkin A. Y., Gorbunova O. V., Diachkova S. G. Losses of Oil Products in JSC "Sakhaneftegazsbyt", Problems and Methods for their Solution 18

INDUSTRIAL SAFETY

- Rukhlinskiy V. M., Molotovnik A. S., Khaustov A. A.** Risk Management of Rescue Maintenance of Flights 26
Kharitonov V. V., Klenov R. R., PENCHUCHENKO V. V., Abashev V. Yu., Sheshegov P. M., Zinkin V. N. Aviation Noise and the Risk of Reducing the Reliability of the Flight Crew 32

SITUATION OF EMERGENCY

- Motienko A. I., Ronzhin A. L., Poliyakov A. V., Kosachov V. E., Kryuchkov B. I., Usov V. M.** Robotic Systems for Rescue Operations from the Standpoint of an Anthropocentric Approach 39
Kotelnikov V. V., Martynyuk V. Ph. The Hazard of Lift Emergency Stops. The Evacuation of Passengers without the Necessity of the Cab Movement 47

FIRE SAFETY

- Andreev E. A., Orlov A. S., Levchuk A. A., Marchenko M. A.** Fire Safety in Electrical Device 52

EDUCATION

- Zinovieva O. M., Zolkina A. V., Lomonosova N. V., Merkulova A. M., Smirnova N. A.** Issues of Online Courses Integration into Higher Education System (on the Example of Discipline "Life Safety") 57

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

УДК 159.92:316

О. В. Остапенко, канд. мед. наук, доц. кафедры, e-mail: ostapenko.o.v@yandex.ru, Академия биоресурсов и природопользования Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, Симферополь, пос. Аграрное,
Н. Р. Аблязов, канд. техн. наук, преп., Крымский инженерно-педагогический университет, Симферополь

Влияние социально-психологического климата на здоровье человека

В статье представлен анализ проблемы влияния социально-психологического климата на межличностные отношения на рабочем месте. Дана оценка значимости социально-психологических факторов и непрофессиональных параметров для сотрудников. Показана зависимость состояния здоровья от интенсивности работы. Установлено, что благоприятный социально-психологический климат является одним из важнейших условий эффективности производственной деятельности. Социально-психологический климат в трудовом коллективе, а также объективные и субъективные факторы оказывают влияние на характер межличностных отношений. Доказано, что одним из важнейших условий роста производительности труда и качества работы является формирование благоприятного социально-психологического климата в трудовом коллективе. Для снижения риска аварий, несчастных случаев, ухудшения здоровья и повышения производительности труда необходимо улучшить эмоциональное, психологическое и физиологическое состояние.

Ключевые слова: социально-психологический климат, трудовой коллектив, хронический стресс, перенапряжение, межличностные отношения, эффективность трудовой деятельности

Жизнь человека в современном обществе характеризуется высокой интенсивностью, напряженностью, "скоростью", в результате чего увеличивается число рисков, травм и несчастных случаев. Для решения поставленных перед современным человеком задач необходимо все больше и больше физических и психических усилий. Подтверждением данного факта является одно из основных требований к кандидатам на должность — стрессоустойчивость.

Независимо от типа трудовой деятельности (физический или умственный труд) от сотрудника ждут эффективного выполнения работы и положительного результата. Однако ожидаемое не всегда совпадает с реальностью. В ряде случаев высокие физические, психологические нагрузки приводят к несчастным случаям, ухудшению здоровья, травмам и т. д. В коллективе среди сотрудников, занятых физическим трудом, выявляются проявления конфликтности, что связано с физическим перенапряжением.

При любом виде деятельности человек находится в коллективе. Большую часть времени человек проводит на работе, в трудовом коллективе. И от состояния климата в коллективе во многом зависит продуктивность и качество труда.

Психологическое состояние влияет на результативность, дисциплину и сохранение здоровья и жизни в процессе трудовой деятельности. В связи с этим интерес к проблеме психологического или социально-психологического климата в трудовом коллективе, с точки зрения охраны труда, в настоящее время интенсивно возрастает.

На формирование коллектива влияют межличностные взаимоотношения, а также социальное, политическое и экономическое положение человека и его окружения. Вдвойне актуальной в настоящее время становится проблема социально-психологического состояния коллектива и трудовой деятельности.

Наиболее ярким примером является Республика Крым. Произошедшие в 2014 г. политические, социальные и экономические перемены способствовали повышению уровня психоэмоционального напряжения у работающего населения. Отмечались неблагоприятные для здоровья состояния: тревога, страх за будущее, неуверенность в завтрашнем дне и т. д. Резко увеличилось количество обращений в медицинские учреждения с жалобами на заболевания сердечно-сосудистой и нервной систем. Наблюдалось общее ухудшение состояния здоровья населения.



Между тем вопросам создания благоприятного климата в коллективе не уделяется должного внимания. Большую часть жизнедеятельности мы проводим в коллективе, среди людей, объединенных общими целями, интересами, потребностями. По виду деятельности различают трудовые, учебные, спортивные коллективы и т. д. Находясь на работе, мы являемся членами трудового коллектива. Известно, что взаимоотношения формируются во всех сферах жизнедеятельности человека, но наиболее устойчивые именно в трудовом коллективе, что обусловлено совместной трудовой деятельностью.

Плодотворный труд напрямую зависит от психологического климата в трудовом коллективе, где происходят контакты, взаимодействия и межличностное общение.

Термин "психологический климат" использовался Н. С. Мансуровым в социальной психологии. По его мнению, психологический климат — это эмоциональная окраска психологических связей членов коллектива, возникающая на основе симпатии, совпадения характеров, интересов, склонностей [1]. Благоприятный психологический климат оказывает положительное влияние на самочувствие коллектива и определяет общий эмоциональный настрой на деятельность [2].

Социально-психологический климат — это комплексное эмоционально-психологическое состояние профессионального коллектива, отражающее степень удовлетворенности работников различными факторами жизнедеятельности, выражает общий настрой и степень удовлетворенности работников организацией труда, отношениями с другими сотрудниками и общим уровнем организованности на предприятии или в коллективе [3, 4].

Социально-психологический климат определяется системой сложившихся межличностных взаимоотношений между всеми членами коллектива. Межличностные взаимоотношения дифференцируются на отношения по горизонтали (между коллегами) и отношения по вертикали (между подчиненным и руководителем) [5]. Эффективность работы целого коллектива зависит от социально-психологического климата и от стиля руководства.

Благоприятный социально-психологический климат не возникает спонтанно, не является простым следствием провозглашенных девизов и усилий отдельных руководителей. Он представляет собой итог систематической работы с каждым членом коллектива, осуществлением специальных мероприятий, направленных на организацию отношений между руководителями и подчиненными [6].

Можно выделить пять основных факторов, влияющих на развитие социально-психологического климата.

1. Организация труда.
2. Влияние физической среды.
3. Межличностные отношения (по вертикали и горизонтали).
4. Система стимулирования.
5. Стиль руководства.

Отдел охраны труда занимается исключительно организацией труда и влиянием физической среды. Межличностные отношения, система стимулирования и стиль руководства остаются без должного внимания.

Среди всех факторов, вызывающих социально-психологическую напряженность, на первое место выходят именно межличностные отношения, система стимулирования и стиль руководства.

Учеными установлено, что между состоянием социально-психологического климата и эффективностью трудовой деятельности существует положительная корреляционная связь [7].

Неблагоприятный социально-психологический климат переживается как неудовлетворенность взаимоотношениями, условиями и содержанием труда. Это сказывается на настроении человека, его работоспособности, активности и здоровье [6].

Согласно международной классификации болезней (МКБ-10) потенциально опасными для здоровья являются психологические и социально-экономические факторы [8]. Научно доказано, что напряженная работа истощает нервную систему и способствует росту вероятности сердечно-сосудистых заболеваний.

В организме здорового человека существует механизм, направленный на борьбу с неблагоприятными факторами — стресс-реакция. Стресс может быть острым и хроническим, различают также физический (развивается при воздействии физических факторов) и эмоциональный стресс (развивается при воздействии психогенных факторов, вызывающих отрицательные эмоции).

Стрессовые реакции проявляются в виде изменений в организме:

- поведенческие реакции (агрессия, дезорганизация и т. д.);
- физиологические реакции (нейроэндокринные изменения);
- когнитивные реакции (нарушение концентрации внимания, памяти и т. д.);
- эмоциональные реакции (страх, гнев, тоска и т. д.).

Во время стресса выделяется ряд гормонов, меняется ритм работы многих органов и систем. На начальных этапах стрессовая реакция может

быть активной (т. е. эффективность деятельности возрастает), впоследствии, если стресс продолжает действовать на организм, реакция становится пассивной (эффективность деятельности резко уменьшается).

Анализ динамики смертности населения в РФ свидетельствует об общем плохом состоянии здоровья населения, а также показывает основные причины — заболевания сердечно-сосудистой системы, возникающие в основном в связи со стрессом. Вносит свою долю длительный стресс и в появление онкозаболеваний [9].

Ежедневный монотонный труд, некомпетентность руководителя, социальная неудовлетворенность гарантируют высокий уровень стресса. Пребывание человека в таком хроническом стрессовом состоянии может привести к усталости нервной системы, а в дальнейшем и к депрессии, ангедонии.

При усталости нервной системы наступает астения — состояние, характеризующееся повышенной утомляемостью, неустойчивостью настроения, нарушением сна, непереносимостью громких звуков, яркого света, резких запахов, утратой способности к длительному умственному и/или физическому напряжению. Человек становится раздражительным, у него часто бывают головные боли, резкие изменения артериального давления, бессонница или повышенная сонливость, нарушение внимания и снижение трудоспособности.

Из-за интенсивного темпа жизни люди мало обращают внимание на свое хроническое уставшее состояние. Если своевременно не обратить внимание на астению, она может перейти в депрессию и ангедонию. При депрессии у человека отмечаются: снижение настроения, ангедония, нарушение мышления и двигательная заторможенность. При ангедонии утрачивается мотивация к деятельности, которая обычно приносит удовольствие.

Перечисленные выше состояния приводят к снижению трудоспособности, увеличению риска несчастных случаев на производстве и ухудшению здоровья, увеличению риска преждевременной смертности.

Напряженность трудовой деятельности состоит из сенсорной, эмоциональной, интеллектуальной нагрузок, режима и монотонности работы. Длительное воздействие данных компонентов приводит к увеличению нагрузок на нервную и сердечно-сосудистую системы, впоследствии защитные механизмы переходят в патологические [10].

Патологии нервной и сердечно-сосудистой систем являются многофакторными заболеваниями. Развивающиеся при этом заболевания могут рассматриваться как производственно

обусловленные. Для снижения стресса и психоэмоционального перенапряжения необходимо создание благоприятного социально-психологического климата в коллективе. Совершенствование и улучшение социально-психологического климата в коллективе — это одна из задач трудовой деятельности.

Так как эффективность выполняемой работы зависит не только от профессиональных навыков, но и от социально-психологического климата в коллективе и психоэмоционального состояния каждого его члена, руководителям очень важно уделять внимание формированию климата в коллективе. Данные действия необходимы для улучшения эмоционального, психологического и физиологического состояния сотрудников и продуктивности трудовой деятельности с одновременным снижением риска несчастных случаев, травм и преждевременной смертности.

Список литературы

1. Мансуров Н. С. Морально-психологический климат и его изучение. — М.: Знание, 2004. — 235 с.
2. Будаева Э. В. Влияние социально-психологического климата на межличностные отношения в трудовом коллективе // Вестник Бурятского государственного университета. — 2015. — № 6. — С. 92—95.
3. Парыгин Б. Д. Социально-психологический климат коллектива: пути и методы изучения / Под ред. В. А. Ядова. — Л.: Наука, 1998. — 247 с.
4. Холуева К. А., Мухарлямова А. Ю. Социально-психологический климат в коллективе пожарных // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3. — С. 651.
5. Русалинова А. А. Проблемы промышленной социальной психологии: избранные труды (1964—2008). — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2009. — 515 с.
6. Михайлов А. С. Социально-психологический климат производственной организации в различных социально-экономических условиях // Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. 2013. № 1 (25). URL: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/029-036.pdf> (дата обращения 06.07.17).
7. Нетребко Е. Э. Влияние индивидуально-психологических качеств и стиля руководителя на морально-психологический климат в коллективе // Общество и право. — 2015. — № 1 (51). — С. 286—290.
8. Биккинина Г. М., Кайбышев В. Т. Оценка значимости психосоциальных факторов производственной и непроизводственной природы для сотрудников правоохранительных органов // Медицина труда и промышленная экология. — 2012. — № 1. — С. 19—23.
9. Анализ динамики смертности в Российской Федерации. URL: <https://www.rosminzdrav.ru/analiz-dinamiki-smernosti-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения 06.07.17).
10. Напряженность трудовой деятельности и артериальная гипертония / Г. В. Артамонова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2012. — № 1. — С. 1—6.



O. V. Ostapenko, Associate Professor, e-mail: ostapenko.o.v@yandex.ru,
V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol,
N. R. Ablyazov, Lecturer, Crimean Engineering-Pedagogical University, Simferopol

The Influence of Socio-Psychological Climate on Human Health

The article presents the analysis of the problem of the influence of socio-psychological climate on interpersonal relations in the workplace. The estimation of the importance of socio-psychological factors and nonoccupational for employees. Displayed dependence of health state from the intensity of the work activity. Found that a positive socio-psychological climate is one of the most important conditions of efficiency of production activities. On the socio-psychological climate in labor collective, along with various objective and subjective factors important influenced by the essential character of interpersonal relations. It is proved that one of the most important conditions of growth of labour productivity and quality of work is formation of a favorable social-psychological climate in labor collective. To reduce the risk of accidents, traumas, deterioration of health and increase productivity it is necessary to improve emotional, psychological and physiological state.

Keywords: socio-psychological climate, the workforce, chronic stress, overvoltage, interpersonal relations, the efficiency of work

References

1. **Mansurov N. S.** Moral'no-psihologicheskij klimat i ego izuchenie. Moscow: Znanie, 2004. 235 p.
2. **Budaeva Je. V.** Vlijanie social'no-psihologicheskogo klimata na mezhlichnostnye otnoshenija v trudovom kollektive. *Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. No. 6. P. 92–95.
3. **Parygin B. D.** Social'no-psihologicheskij klimat kollektiva: puti i metody izuchenija. Pod red. V. A. Jadova. Leningrad: Nauka, 1998. 247 p.
4. **Holueva K. A., Muharlamova A. Ju.** Social'no-psihologicheskij klimat v kollektive pozhar'nyh. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2014. No. 3. P. 651.
5. **Rusalinova A. A.** Problemy promyshlennoj social'noj psihologii: izbrannye trudy (1964–2008). Saint-Petersburg: Izd-vo Saint-Petersburgskogo universiteta, 2009. 515 p.
6. **Mihajlov A. S.** Social'no-psihologicheskij klimat proizvodstvennoj organizacii v razlichnyh social'no-jekonomicheskikh uslovijah. *Uchenye zapiski: jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. No. 1 (25). URL: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/029-036.pdf> (date of access 06.07.17).
7. **Netrebko E. Je.** Vlijanie individual'no-psihologicheskikh kachestv i stilja rukovoditelja na moral'no-psihologicheskij klimat v kollektive. *Obshhestvo i pravo*. 2015. No. 1 (51). P. 286–290.
8. **Bikkinina G. M., Kajbyshev V. T.** Ocenka znachimosti psihosocial'nyh faktorov proizvodstvennoj i neproizvodstvennoj prirody dlja sotrudnikov pravoohranitel'nyh organov. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2012. No. 1. P. 19–23.
9. **Analiz** dinamiki smertnosti v Rossijskoj Federacii URL: <https://www.rosminzdrav.ru/analiz-dinamiki-smertnosti-v-rossijskoj-federatsii> (date of access 06.07.17).
10. **Naprzazhennost'** trudovoj dejatel'nosti i arterial'naja gipertonija / G. V. Artamonova [i dr.]. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2012. No. 1. P. 1–6.

Анонс

В следующем номере журнала № 2—2018 в разделе "Охрана труда" будет опубликована статья авторов В. А. Михайлова, Е. В. Сотниковой, Н. Ю. Калпиной "Совершенствование техники и технологии очистки воздуха от вредных примесей при локальной защите оператора мобильных и стационарных объектов".

УДК 314.144:614.1:355.211.8-053.6

С. А. Кузьмин, д-р мед. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,
М. В. Боев, д-р мед. наук, доц., зав. кафедрой, **В. В. Солодовников**, канд. мед. наук,
доц. кафедры, **Л. К. Григорьева**, асс., Оренбургский государственный
медицинский университет Минздрава России

Медико-демографическая характеристика юношей допризывного возраста в субъекте Российской Федерации (на примере Оренбургской области)

Показана динамика демографических показателей количества юношей 15—16-летнего возраста за десятилетний период времени с 2007 по 2016 гг. в Оренбургской области, а также представлены данные проведенных с ними профилактических медицинских осмотров. Было установлено, что ежегодный охват профилактическими медицинскими осмотрами составлял более 90 %. В целом за изучаемый период времени процент юношей, которые впервые в возрасте 16 лет взяты на диспансерный учет, был ниже, чем среди 15-летних юношей. Отмечено, что в течение последних 10 лет значительное количество 15-летних юношей состоит под диспансерным наблюдением (около 60 %), а среди 16-летних юношей установлен более высокий уровень заболеваемости социально значимыми болезнями (туберкулез, ВИЧ, сифилис, психические расстройства, наркомания и алкоголизм). Обращено внимание на то, что многие 15- и 16-летние юноши нуждались в санации полости рта, но охват стоматологической помощью ни в один из годов наблюдения не достигал 100 %.

Ключевые слова: состояние здоровья, юноша, диспансерное наблюдение, лечение, оздоровление, годность к военной службе, призывник

Сохранение и укрепление здоровья детей и подростков в Российской Федерации имеет особую социальную значимость. Подрастающее поколение является важнейшим демографическим, экономическим, интеллектуальным, культурным и оборонным потенциалом страны [1].

В настоящее время дефицит призывного ресурса, возникший в результате уменьшения рождаемости и снижения в нашем обществе престижности прохождения военной службы, а также низкое качество состояния здоровья призывной молодежи, создают трудности при комплектовании Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) физически крепким и здоровым молодым пополнением [2]. Возникшая ситуация вышла на государственный уровень, а недостаточное количество юношей призывного ресурса, способного в полном объеме выполнять поставленные перед ними задачи по защите рубежей нашего государства, является одной из главных проблем для ВС РФ [3, 4].

В связи с вышеизложенным, научные исследования, посвященные изучению результатов медицинского обеспечения подготовки юношей к военной службе, являются своевременными и приобретают в настоящее время все более актуальное значение.

Целью исследования явилось изучение на примере Оренбургской области динамики демо-

графических показателей юношей 15—16-летнего возраста за десятилетний период времени с 2007 по 2016 гг., а также результатов проведенных профилактических медицинских осмотров.

Материалы и методы. При проведении настоящего исследования использованы данные статистических сборников Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области "Численность и размещение населения Оренбургской области", "Здравоохранение Оренбургской области", медицинской учетной и отчетной документации военно-врачебной комиссии отдела подготовки и призыва граждан на военную службу Военный комиссариатом Оренбургской области.

Результаты и обсуждения. Реализация совместного приказа Министра обороны Российской Федерации и Министерства здравоохранения Российской Федерации от 23 мая 2001 г. № 240/168 "Об организации медицинского обеспечения подготовки граждан Российской Федерации к военной службе" предусматривает взаимодействие в работе учреждений здравоохранения, военного комиссариата, а также образовательных учебных заведений и включает в себя несколько этапов. В представленном исследовании рассмотрен только первый этап медицинского обеспечения подготовки юношей к военной службе, который



включает: проведение ежегодных профилактических медицинских осмотров, лечебно-оздоровительных и реабилитационных мероприятий и диспансерного наблюдения за состоянием здоровья и физическим развитием юношей 15–16-летнего возраста.

Основной задачей профилактических медицинских осмотров является: комплексная оценка индивидуального здоровья юношей; раннее выявление у них функциональных нарушений и хронической патологии; своевременное взятие на диспансерный учет для проведения лечебно-оздоровительных и реабилитационных мероприятий. Конечная цель профилактических медицинских осмотров юношей 15- и 16-летнего возраста — подготовка к призыву в армию и повышение показателя годности их к военной службе.

За изучаемый период времени в Оренбургской области численность юношей 15-летнего возраста сократилась на 4368 человек (с 14 060 в 2007 г. до 9692 человек в 2016 г.), т. е. на 31,1 %. При этом охват их профилактическими медицинскими осмотрами ежегодно составлял более 90 % (минимальным он был в 2015 г. — 91,1 %, а максимальным в 2008 г. — 97,4 %).

В результате проведения профилактических медицинских осмотров среди 15-летних юношей в Оренбургской области впервые было взято на диспансерный учет от 8,1 % в 2016 г. до 21,7 % в 2007 г. Это подчеркивает значимость и качество осуществления профилактических медицинских осмотров юношей. Таким образом, появилась возможность своевременно получить лечебно-оздоровительные мероприятия и реабилитацию, главной целью которых является повышение категории годности к военной службе по состоянию здоровья.

В изучаемом регионе ежегодно процент состоящих на диспансерном учете граждан 15-летнего возраста остается достаточно высоким от 57,6 % в 2016 г. до 65,8 % в 2007 г. С одной стороны, это доказывает, что состояние здоровья молодежи исследуемого региона находится не на высоком уровне, а с другой стороны, диктует необходимость своевременного повышения качества диспансерного наблюдения за больными юношами.

Было установлено, что в Оренбургской области за десятилетний период времени с 2007 по 2016 гг., значительное число юношей нуждалось в лечении (от 32,0 до 40,7 %), а еще большее число — в оздоровлении (от 44,9 % до 63,3 %). При этом за рассматриваемый период охват юношей лечением вырос на 15,2 %, а оздоровлением — на 6,7 %.

Многолетнее наблюдение за юношами в возрасте 15 лет, проживающими на территории Оренбургской области, показало, что их распределение

по группам здоровья было следующим: I группа здоровья (к ней относятся юноши с нормальным психическим и физическим развитием, которые редко болеют и в момент обследования совершенно здоровы) — 27,1 %; II группа здоровья (эту группу составляют здоровые юноши, но имеющие небольшой риск развития хронических заболеваний) — 44,5 % и III группа здоровья (к этой группе относятся юноши, имеющие хронические заболевания, которые не сказываются на их общем самочувствии и поведении) — 28,4 %. Отмечено, что к 15-летнему возрасту существенно возрастает доля юношей, страдающих хроническими заболеваниями, а также имеющих функциональные отклонения.

Значительное число юношей ежегодно нуждалось в санации полости рта — от 21,0 % в 2015 г. до 30,7 % в 2013 г., при этом максимальное число санированных юношей 78,9 % отмечалось в 2016 г., а минимальное 63,4 % в 2007 г.

Эффективность лечебно-оздоровительных и реабилитационных мероприятий и диспансерного наблюдения, проводимых с юношами, оценивается по результатам их перевода из III группы во II группу здоровья. Другим важным показателем результативности проведения лечебно-оздоровительных мероприятий среди юношей является показатель снятия их с диспансерного учета. Так, в 2007 г. юношей 15-летнего возраста, состоящих в III группе здоровья, было 30,3 %, а к 2016 г. данный показатель уменьшился до 24,4 %. Всего было снято с диспансерного учета юношей от ранее состоявших на учете за рассматриваемый период от 4,7 до 6,2 %.

За период с 2007 по 2016 гг. в изучаемом регионе проведение первого этапа работы с юношами в возрасте 16 лет свидетельствует о том, что абсолютная численность подростков такого возраста уменьшилась на 5725 человек, что составило 38,0 %. Охват 16-летних подростков профилактическими медицинскими осмотрами был достаточным с минимальным уровнем 90,4 % в 2008 г. и максимальным — 96,9 % в 2007 г.

Доля юношей, которые после проведения профилактических медицинских осмотров впервые были взяты под диспансерное наблюдение, составляла от 7,1 % в 2016 г. до 20,0 % в 2009 г. В целом за рассматриваемый период процент юношей, которые впервые в возрасте 16 лет взяты на диспансерный учет, был ниже, чем среди юношей 15 лет. В течение последних 10 лет значительное число 16-летних юношей состоит под диспансерным наблюдением (около 60 %) и установлен их более высокий уровень заболеваемости социально значимыми болезнями (туберкулез,

ВИЧ-инфекция, сифилис, психические расстройства, наркомания и алкоголизм).

Доля юношей 16-летнего возраста, нуждающихся в лечении, ежегодно уменьшалась с 32,4 % в 2007 г. до 30,5 % в 2016 г., а нуждающихся в оздоровлении с 56,7 % в 2007 г. до 46,3 % в 2016 г. При этом охват их лечением вырос с 76,9 % в 2007 г. до 89,8 % в 2016 г., а охват оздоровлением с 78,7 % в 2007 г. до 81,2 % в 2016 г. При сохраняющемся высоком уровне нуждающихся в санации полости рта (около 30 %) юношей 16-летнего возраста отмечается увеличение доли санированных юношей с 70,5 % в 2007 г. до 79,1 % в 2016 г.

Установлено, что 16-летние юноши, с учетом средних многолетних наблюдений, имели следующее распределение по группам здоровья: I группа здоровья — 29,2 %; II группа здоровья — 48,3 % и III группа здоровья — 22,5 %.

В регионе благодаря осуществляемым лечебно-оздоровительным мероприятиям, восстановительной медицине, в том числе санаторно-курортному лечению и реабилитации, доля юношей, страдающих хроническими заболеваниями, несколько снизилась и повысилась доля юношей II и I группы здоровья.

Выводы и предложения. В результате выполненного исследования установлены региональные особенности изменения медико-демографических показателей у юношей 15–16-летнего возраста за период с 2007 по 2016 гг. В Оренбургской области за изучаемый период времени зарегистрировано ухудшение демографической ситуации за счет ежегодной убыли юношей допризывного возраста (количество юношей 15-летнего возраста уменьшилось на 31,1 %, а юношей 16-летнего возраста — на 38,0 %).

В результате выявления ряда заболеваний при проведении медицинских осмотров мальчиков в возрасте 10 и 12 лет, которые проводятся регулярно с 2010 г., в большинстве муниципальных образований области отмечается резкое сокращение количества юношей, впервые взятых на диспансерный учет. Введенная система медико-социального обеспечения подготовки юношей к военной службе и гигиенического воспитания школьников и качественное проведение лечебно-оздоровительных мероприятий с больными юношами позволили добиться за рассматриваемый период увеличения охвата нуждающихся 15-летних юношей в лечении на 15,2 %, в оздоровлении на 6,7 % и санации полости рта на 15,5 %. Данные показатели у 16-летних юношей составили соответственно 12,9 %, 2,5 % и 8,6 %.

Для своевременного и адекватного принятия управленческих решений органами власти, направленных на совершенствование системы охраны и укрепления здоровья юношей допризывного возраста, необходимо выполнение следующих мероприятий:

— основным приоритетом работы учреждений здравоохранения по медицинскому обеспечению подготовки граждан к военной службе должно стать совершенствование первичной и вторичной профилактики, своевременное и эффективное выполнение лечебно-оздоровительных и реабилитационных мероприятий, проводимых с юношами допризывного возраста;

— в детских амбулаторно-поликлинических учреждениях здравоохранения необходимо постоянно осуществлять мониторинг и вести электронную базу данных, характеризующих основные показатели здоровья и физического развития юношей-подростков;

— для максимального приближения и доступности медицинской помощи детскому населению в образовательных учреждениях необходимо на базе медицинских пунктов иметь физиотерапевтические и стоматологические кабинеты, а также регулярно проводить занятия лечебной физкультурой для максимального охвата лечением и оздоровлением нуждающихся юношей;

— с целью улучшения организации медицинского обеспечения подготовки граждан к военной службе следует осуществлять постоянный обмен электронной информацией о проводимых лечебно-оздоровительных мероприятиях между лечебно-оздоровительными и образовательными учреждениями, а также военными комиссариатами муниципальных образований.

Список литературы

1. **Состояние здоровья**, условия жизни и медицинское обеспечение детей в России / Т. М. Максимова, В. Б. Белов, Н. П. Лушкина и др. — М.: ПЕР СЭ, 2008. — 367 с.
2. **Шигапов Б. Г.** О состоянии здоровья подростков-допризывников // Военно-медицинский журнал. — 2007. — Т. 328. — № 4. — С. 79–80.
3. **Кузьмин С. А., Перепелкина Н. Ю., Кузьмина Т. С.** Состояние здоровья граждан до- и призывного возраста и организация медицинского обеспечения подготовки к военной службе в Оренбургской области. — Оренбург: ООО "Типография ДСМ", 2010. — 138 с.
4. **Кузьмин С. А.** Концепция модернизации системы медицинского обеспечения подготовки граждан к военной службе (на примере Оренбургской области): Автореферат дисс. ... д-ра мед. наук. — М., 2011. — 42 с.



S. A. Kuzmin, Associate Professor, Professor of Chair, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru, M. V. Boev, Associate Professor, Head of Chair, V. V. Solodovnikov, Associate Professor, L. K. Grigorieva, Assistant, Orenburg State Medical University of Minzdrav of Russia

Medical-Demographic Characteristics of the Young Men of Pre-conscription Age in the Subject of the Russian Federation (on an Example of the Orenburg Region)

The article shows the evolution of demographic indicators the number of young people 15–16 years of age over a ten year period from 2007 to 2016, in the Orenburg region, as well as provides them with data held preventive medical check-ups. It was found that the annual coverage of preventive medical examination was over 90 %. In general, over the study period the percentage of young men, who for the first time at the age of 16 are taken on dispensary registration, was lower than that of 15-year-old boys. It was noted that a significant number of 15 year old boys during the last 10 years is under medical observation (about 60 %), and among 16-year-old boy set a higher incidence of socially significant diseases (tuberculosis, HIV, syphilis, mental illness, drug addiction and alcoholism). Attention is drawn to the fact that many 15- and 16- summer boys in need of oral rehabilitation, but the coverage of dental care in any of the years of observation did not reach 100 %. The region is carried out thanks to therapeutic measures, regenerative medicine, including sanatorium treatment and rehabilitation, the proportion of young people with chronic diseases is somewhat reduced, and increased the proportion of young people consisting of I and II groups of health.

Keywords: health, youth, medical check-up, treatment, rehabilitation, fitness for military service, conscript

References

1. State of health, living conditions and medical care of children in Russia / T. M. Maksimov, V. B. Belov, N. P. Lushkina et al. Moscow: PER SE, 2008. — 367 p.
2. Shigapov B. G. About the health of adolescents — youth of premilitary age. *Military Medical Journal*. 2007. Vol. 328. No 4. P. 79–80.
3. Kuzmin S. A., Perepelkina N. Y., Kuzmina T. S. State public health pre- and of military age and the organization of medical preparation for military service in the Orenburg region. Orenburg: OOO "Printing DSM", 2010. 138 p.
4. Kuzmin S. A. The concept of modernization of the medical support system of preparation of citizens for military service (by the example of the Orenburg area) the dissertation Author's. ... Ph. D. Moscow, 2011. 42 p.

Информация

IV Всероссийская неделя охраны труда (ВНОТ), в рамках которой пройдет **Международная выставка по промышленной безопасности и охране труда SAPE 2018**, состоится 9–13 апреля 2018 года в Главном медиацентре города Сочи

Генеральной темой ВНОТ станут достижения и новые вызовы в сфере охраны труда. Отвечая запросам специалистов по охране труда, производителей СИЗ, руководителей предприятий и работников Минтруда России, организаторы SAPE 2018 предлагают широкие возможности для презентации современных технологий и успешных проектов. Выставка, которая пройдет в рамках ВНОТ в четвертый раз, заслужила репутацию уникального полигона для испытания и демонстрации средств индивидуальной защиты.

Более подробную информацию см. на сайте www.sape-expo.ru

УДК 614.841.4

А. А. Тумановский, канд. техн. наук, нач. отдела, e-mail: ficentre@igps.ru, Исследовательский центр экспертизы пожаров Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, **А. В. Квашнин**, нач. кафедры, Дальневосточная пожарно-спасательная академия — филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, **А. С. Смирнов**, д-р техн. наук, проф., начальник, Научно-техническое управление МЧС России

Проблемы аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, способы их ликвидации и оценка их опасности при проведении экспертиз

Статья посвящена проблематике аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, способам их ликвидации и оценке их опасности при проведении экспертиз. Уделено внимание основным причинам и источникам возникновения данных техногенных бедствий. Представлены основные источники аварийных ситуаций, приводящие к разливам нефти и нефтепродуктов. Приведены сведения о распределении источников поступления нефтяных продуктов в Мировой океан. Проанализирована статистическая информация о наличии магистральных газопроводов и их количестве и об авариях, связанных с разливами нефтепродуктов. Перечислены основные методы ликвидации последствий разливов нефти на поверхности почвы и воды. Выявлены наиболее эффективные и перспективные способы очистки поверхности от нефти и нефтепродуктов, такие как сорбция и биосорбция. Приведены основные методы расчета опасных факторов пожара, применяемых при расчетах, связанных с проведением пожарно-технических экспертиз. Для оценки опасности разливов нефти на основе представленных методик было разработано программное обеспечение, используемое в настоящее время при проведении судебных пожарно-технических экспертиз. Данное программное обеспечение составляет часть системы информационного сопровождения деятельности судебно-экспертных учреждений МЧС России.

Ключевые слова: нефть, аварийный разлив, нефтяная пленка, сорбция, биосорбция, судебная экспертиза, пожарно-техническая экспертиза, расчетные методы, информационное сопровождение, программное обеспечение, судебно-экспертные учреждения, экспертные методики

На современном этапе развития общества экономика практически всех развитых стран ориентируется на объемы добычи и стоимость нефти на мировом рынке. Данное явление не случайно, так как роль нефти трудно недооценить. Эта природная смесь углеводородов является основным поставщиком топлива для транспортных средств и сырьем для производства многих синтетических материалов [1].

Наряду со значимостью развития нефтяного сектора в экономике необходимо отметить и проблемы, возникающие на всех этапах добычи и переработки нефти. В первую очередь, это связано с тем, что все стадии нефтепользования не являются безотходными, и с увеличением объемов работ по нефтедобыче растет и отрицательная

нагрузка на окружающую среду в основном за счет выбросов токсичных веществ в атмосферу, гидросферу и на сушу. Возникающие при этом аварийные ситуации разливов нефти и нефтепродуктов ухудшают экологическую обстановку.

Можно привести факты аварийных разливов нефти, например, 17.01.2017 на поверхности морской акватории порта Находка у причала № 43 произошло аварийное разлитие нефти, размер масляного пятна 20 м².

В Российской Федерации основными причинами возникновения крупных аварий с разливами нефти и нефтепродуктов являются [2]:

— низкое качество выполнения строительно-монтажных, пуско-наладочных и ремонтных работ объектов нефтяного комплекса;



— недостаточное качество оборудования, установленного на производствах, и низкий уровень его эксплуатации;

— высокая степень изнашиваемости производственных фондов на объектах с повышенным риском;

— распределение технологических участков повышенного риска на относительно небольших площадях, т. е. нерациональное размещение производительных мощностей.

Основными источниками аварийных ситуаций, приводящих к разливам нефти и нефтепродуктов, являются:

— прорыв промысловых и магистральных трубопроводов;

— аварийная утечка нефти и нефтепродуктов с морских стационарных платформ и плавучих буровых установок;

— аварии на танкерах и других нефтеналивных судах;

— проливы и утечки нефти в условиях эксплуатации нефтебаз и др.

В среднем поступление нефтяных продуктов с разливами в Мировой океан достигает 6,11 млн т/год.

Ниже приведены данные, отображающие распределение поступления нефтяных продуктов в Мировой океан:

- морская транспортировка (кроме аварийных разливов) — 30 %;
- аварийные разливы — 5 %;
- речной сток, включая сточные воды городов — 31 %;
- сточные воды прибрежной зоны — 13 %;
- атмосферные выпадения — 10 %;
- естественные нефтяные скважины — 10 %;
- добыча нефти в море — 1 %.

Данные статистики России за 2010—2015 гг. по основным причинам крупных эксплуатационных аварий магистральных трубопроводов [3] приведены ниже:

- подземная коррозия — 45 %;
- брак строительно-монтажных работ — 24 %;
- дефект трубы — 9 %;
- механические повреждения — 7 %;
- нарушение правил эксплуатации — 4 %;
- внутренняя эрозия и коррозия — 3 %;
- стихийные бедствия — 2 %;
- дефект оборудования — 2 %;
- прочие — 4 %.

Анализ аварий на магистральных нефтепромыслах Западной Сибири показывает, что на болотистой местности происходит 60 % случаев аварий, на заболоченной — 26,8 % и только 5,5 % приходится на переходы магистральных трубопроводов в водной среде. Это объясняется

повышенной коррозионной активностью почв болотистой и заболоченной местности [4].

Постановка проблемы аварийного разлива нефти и нефтепродуктов ставит перед собой первоочередную задачу — выработку комплексных мер по предупреждению и ликвидации вышеуказанных техногенных бедствий, а также эффективных способов для борьбы с ними.

При попадании нефтепродуктов на водную поверхность или почву происходит образование быстро распространяющейся тонкой углеводородной пленки, загрязняющей обширные территории. Образовавшаяся нефтяная пленка (нефтяное пятно) нарушает естественные процессы, протекающие в биоценозе, и экосистему в целом, в результате чего происходит негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Для ликвидации последствий разливов нефти широко используются механические, физико-химические и биологические стандартные методы [5]. Тем не менее в зависимости от той среды, куда направлено загрязнение нефтью (почва или вода), основные мероприятия по ликвидации последствий загрязнения могут различаться.

Для ликвидации последствий аварийного разлива нефти в первую очередь применяются следующие способы:

- локализация и изоляция нефти, разлившейся на почву;
- сбор нефтяной пленки с поверхности воды и почвы с помощью различных приспособлений;
- засыпка аварийных участков почвы песком или торфом, или выжигание нефти.

Очевидно, что первичные мероприятия очистки почв, загрязненных нефтепродуктами, относятся к механическим методам. Это может быть откачка нефти в специальные резервуары, замена почвы или сжигание. Данные способы не полностью решают проблему ликвидации аварийных разливов нефти. В первом случае необходимо наличие специальной техники и емкостей для сбора и хранения нефти. Во втором случае требуется замена почвы с вывозом ее на свалку. Но необходимо помнить, что для возможности естественного разложения такой загрязненной нефтепродуктами почвы количество ее в весовом соотношении не должно превышать 1...2 % от общего объема сдаваемых отходов, так как большее количество приводит к разубоживанию и увеличению общего объема отходов. В третьем случае сжигание нефти происходит только в поверхностном слое почвы, а в местах прокаливания уничтожаются природные экобиоценозы и оказывается негативное воздействие на атмосферу в связи с попаданием в нее в результате сжигания нефти продуктов возгонки неполного окисления углеводородов.

К физико-химическим методам очистки почвы относятся способы промывки с применением ПАВ. Почва обрабатывается моющим раствором, содержащим ПАВ, в специальных промывных барабанах, затем после отстаивания в подготовленных гидроизолированных емкостях или траншеях происходит отделение жидкой части от твердой.

Наряду с представленными способами ликвидации нефтяного загрязнения, в настоящее время широко применяются методы рекультивации почвы биотехнологическими методами, к которым относятся биоремедиация и фитомелиорация, другими словами, обработка почвы штаммами микроорганизмов, способными окислять углеводороды в присутствии минеральных удобрений, а также засев нефтестойкими травами. Очевидно, что эти мероприятия завершают процесс рекультивации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Необходимо отметить, что для решения проблемы ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов разрабатываются все новые методы и технологии. К ним относятся сорбционные и биосорбционные методы, которые уже нашли широкое применение для обеззараживания от нефти почвы и воды. В настоящее время в мире существует около 200 видов различных сорбентов. В качестве сорбентов используются глина, древесная стружка, уголь бурый гуминовый, пенополистирол гранулированный, капрон и т. д. [6]. Тем не менее, при выборе сорбционного материала основное внимание уделяется его сорбционным характеристикам, а также стоимости изготовления и доступности сырьевой базы.

Процесс сорбции основан на способности адсорбентов поглощать и удерживать на своей поверхности маслянистые включения нефти и нефтепродуктов. Строение адсорбентов позволяет прогонять через себя большой объем сорбируемого материала, так как они обладают чрезвычайно развитой поверхностью (сотни квадратных метров на 1 га), причем активной поверхностью является не только наружная, но и внутренняя часть, состоящая из огромного количества пор.

В качестве экономичных адсорбентов в настоящее время успешно используются различные неорганические, органические, а также органоминеральные вещества природного и искусственного происхождения. Их качество определяется емкостью по отношению к нефти, степенью гидрофобности, плавучестью после сорбции, возможностью десорбции нефти, регенерации или утилизации сорбента.

Биосорбционные методы также успешно решают проблему очистки поверхности от нефти

и нефтепродуктов, это могут быть асфальтовые и бетонные покрытия, водная поверхность, почвы, системы сточных вод и т. д. Особенностью данных методов является комплексное решение проблемы за счет физико-химических и биологических процессов. Для этого в основной или базовый адсорбент-носитель иммобилизуется активная микрофлора, которая может состоять из активного ила, биомассы штаммов микромицелия или бактерий [7].

При проведении экспертных исследований часто бывает необходимо оценить опасность разливов нефти. Научно-исследовательским институтом перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России произведен анализ судебно-экспертной литературы и результатов пожарно-технических экспертиз. В результате проведенного анализа было установлено, что наибольший интерес для пожарно-технического эксперта среди методик физико-химических расчетов представляют расчеты критических параметров: температур и концентраций вспышки и воспламенения, а также образующихся при пожаре концентраций, давлений и других параметров. Это связано с тем, что при определении возможности возникновения пожара эксперту необходимо сравнить фактические либо предполагаемые значения параметров с критическими.

Наиболее распространенные методики расчета критических параметров, необходимых для возникновения и распространения пожара, а также параметров пожара при возникновении аварийных ситуаций содержатся в ГОСТ Р 12.3.047—2012 и СП 155.13130.2014 [8, 9].

Основными типами и методиками физико-химических расчетов, применяемыми при производстве судебных пожарно-технических экспертиз, являются:

- расчет концентрации газа;
- расчет максимального давления взрыва газов и паровоздушных смесей;
- расчет концентрации газа в помещении при испарении;
- расчет площади растекания нефтепродуктов;
- расчет максимальной скорости нарастания давления взрыва;
- расчет температуры вспышки жидкостей;
- расчет температуры воспламенения жидкостей;
- расчет температурных пределов распространения пламени.

Далее рассмотрим методики физико-химических расчетов более подробно.



Расчет концентрации газа производится в соответствии с методиками, указанными в ГОСТ Р 12.3.047—2012 [8, 10]. Концентрация газа определяется по исходным данным, включающим в себя объем помещения, скорость истечения газа и диаметр трубы. В случае выхода газа в помещение масса газа рассчитывается по формуле [8, 10]:

$$m = 0,785\rho_{\text{газа}} = 0,785vd^2t, \quad (1)$$

где v — скорость, м/с; d — диаметр отверстия, м; t — время истечения, с; $\rho_{\text{газа}}$ — плотность газа, кг/м³.

Концентрация газа, %, в помещении рассчитывается по формуле:

$$C = V_{\text{газа}} 100/V_{\text{пом}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{газа}}$ — объем газа, м³; $V_{\text{пом}}$ — объем помещения, м³.

Максимальное давление взрыва — наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Максимальное давление взрыва без учета степени диссоциации продуктов вычисляется по формуле [11]:

$$P_{\text{max}} = \frac{P_{\text{H}} T_{\text{ад}}(V) \sum m_{\text{жк}}}{T_{\text{H}} \sum m_{\text{ин}}}, \quad (3)$$

где P_{H} — давление, под которым находится исходная (начальная) смесь, Па; $T_{\text{ад}}(V)$ — адиабатическая температура горения стехиометрической смеси горючего с воздухом при постоянном объеме, К; $\sum m_{\text{жк}}$ — сумма числа молей конечных газообразных продуктов горения; T_{H} — температура исходной смеси, К; $\sum m_{\text{ин}}$ — сумма числа молей газообразных исходных веществ.

Концентрация газа в помещении при испарении рассчитывается следующим образом. Вычисляется площадь испарения S по исходным данным о геометрических размерах поверхностей ЛВЖ (легковоспламеняющаяся жидкость) и ГЖ (горючая жидкость), ограниченных местными преградами или находящимися в различных емкостях [8, 10].

Определяется интенсивность испарения по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать интенсивность испарения при температуре воздуха не более 35 °С по формуле [8]:

$$W = 10^{-6} \eta M^{1/2} P_{\text{H}}, \quad (4)$$

где W — интенсивность испарения, кг·с⁻¹·м⁻²; η — коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости воздушного потока и температуры воздуха в помещении; M — молекулярная масса, кг·кмоль⁻¹ (для смесей принимается наибольшее значение молекулярной массы соответствующего компонента); P_{H} — давление насыщенного пара при расчетной температуре (для смесей принимается по компоненту с наибольшим давлением насыщенного пара), Па.

Расчет общей массы испарившейся жидкости, в результате расчетной ситуации определяется по формуле [8, 10]:

$$m = m_{\text{р}} + m_{\text{емк}} + m_{\text{обр}} + m_{\text{расп}}, \quad (5)$$

где $m_{\text{р}}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{\text{емк}}$ — масса жидкости, кг, испарившейся с поверхностей открытых емкостей (аппаратов), кг; $m_{\text{обр}}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав (растворители, свеженанесенные грунты, эмали, лаки при окрасочных работах), кг; $m_{\text{расп}}$ — масса жидкости, поступившей из распыляющих устройств, принимается полностью перешедшей в пар, исходя из продолжительности работы этих устройств, кг.

Концентрация паров ЛВЖ и ГЖ, %, определяется по формуле:

$$C = V_{\text{исп. жидк}} 100/V_{\text{пом}}, \quad (6)$$

где $V_{\text{исп. жидк}}$ — объем испарившейся жидкости, м³.

Объем испарившейся жидкости, м³, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{исп. жидк}} = 22,4m/M, \quad (7)$$

где m — масса жидкости, кг; M — молярная масса жидкости, кг/моль.

Расчет площади растекания нефтепродуктов производится в соответствии с рекомендациями по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории [12].

Рекомендации предусматривают два варианта определения зоны разлива: в пределах обвалования вследствие нарушения технологии наполнения резервуара нефтепродуктом или локального повреждения резервуара; в случае крупномасштабной аварии, связанной с полным разрушением наземного вертикального стального резервуара. При расположении резервуара в низине или на ровной поверхности зону разлива рассматривают в виде круга. Радиус зоны разлива характеризует максимальное расстояние разлива от центра резервуара.

При расположении резервуара на возвышенности зону разлива рассматривают в виде эллипса. Форму эллипса характеризуют большая и малая оси. Большую ось отсчитывают от центра резервуара. По результатам измерения зон разлива составляется карта прогнозируемых зон разлива, которая представляет собой ситуационный план с нанесением расчетных зон разлива. В текстовой части плана указывается возможное поражение людей и территории в случае мгновенного воспламенения зоны разлива. При отсутствии номенклатуры резервуаров зоны аварийного разлива нефтепродукта в случае полного разрушения наземного вертикального стального резервуара определяют по следующим формулам. Площадь зоны разлива, m^2 , рассчитывается следующим образом [12]:

$$F_{зр} = f_{зр} \varepsilon_p V_p, \quad (8)$$

где $F_{зр}$ — площадь зоны разлива, m^2 ; $f_{зр}$ — коэффициент зоны разлива, m^{-1} ; ε_p — степень заполнения резервуара; V_p — номинальная вместимость резервуара, m^3 .

Степень заполнения резервуара ε_p допускается принимать равной 0,9. Коэффициент зоны разлива $f_{зр}$ определяют исходя из расположения наземного резервуара на местности и принимают равным 5 при расположении в низине или на ровной местности с уклоном до 1 %, и 12 при расположении на возвышенности.

Форму зоны разлива нефтепродукта принимают в зависимости от расположения резервуара на местности.

При расположении резервуара в низине или на ровной поверхности форму зоны разлива принимают в виде круга с радиусом, м.

$$R_{зр} = \sqrt{F_{зр}/\pi}. \quad (9)$$

При расположении резервуара на возвышенности — принимают в виде эллипса. Значения осей эллипса определяют по следующим формулам, м: большой полуоси

$$b_{зр} = \sqrt{K_{ук} F_{зр}/\pi}, \quad (10)$$

малой оси

$$a_{зр} = 4F_{зр}/(\pi b_{зр}), \quad (11)$$

где $K_{ук}$ — коэффициент, характеризующий уклон местности; значения $K_{ук}$ определяют исходя из уклона местности и принимают равным 8 для площадки с уклоном 1...3 % и 16 для площадки с уклоном более 3 %.

Допускается определять параметры разлива нефтепродукта по материалам реальных аварий при адекватности анализируемых ситуаций.

Максимальная скорость нарастания давления взрыва — максимальное значение производной давления взрыва по времени на восходящем участке зависимости давления взрыва газо-, парово- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде от времени. Максимальная скорость нарастания давления взрыва определяется согласно руководству по расчету основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов [11]:

$$\left(\frac{dP}{dt}\right)_{\max} = 81,55 P_n S_U / V^{1/3}, \quad (12)$$

где S_U — максимальная нормальная скорость распространения пламени, м/с; V — объем реакционного сосуда, m^3 ; P_n — начальное давление, кПа.

Относительная средняя квадратичная погрешность расчета составляет 28 % и применима при начальных температурах исходной смеси не выше 70 °С.

Температуру вспышки жидкостей в закрытом тигле, °С, вычисляют по приближенным формулам [11].

$$t_{всп} = a_0 + a_1 t_{кип} + \sum_{j=2}^q a_j l_j, \quad (13)$$

где a_0 — размерный коэффициент, °С, равный -73,14, °С; a_1 — безразмерный коэффициент, равный 0,659; $t_{кип}$ — температура кипения исследуемой жидкости, °С; a_j — эмпирические коэффициенты; l_j — количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

Средняя квадратичная погрешность расчета по формуле (13) составляет 13 °С.

Температуру вспышки жидкости, °С, также вычисляют в зависимости от температуры кипения $t_{кип}$ по формуле

$$t_{всп} = a + b t_{кип}, \quad (14)$$

где a , b — эмпирические коэффициенты.

Если для исследуемой жидкости известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки, °С, вычисляют по формуле:

$$t_{всп} = \frac{A_B}{P_{всп} D_0 \beta} - 273, \quad (15)$$

где A_B — константа, равная 280 кПа·см²·с⁻¹·К; $P_{всп}$ — парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре вспышки, кПа; D_0 — коэффициент диффузии пара в воздухе, см²·с⁻¹; β — стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения, определяемый по формуле:

$$\beta = m_C + m_S + 0,25(m_H - m_X) - 0,5m_O + 2,5m_P, \quad (16)$$



где $m_C, m_S, m_H, m_X, m_O, m_P$ — число атомов соответственно углерода, серы, водорода, галоида, кислорода и фосфора в молекуле жидкости.

Средняя квадратичная погрешность расчета по формуле (15) составляет 13 °С.

Температуру вспышки жидкости в открытом тигле вычисляют по формуле (13), используя величины эмпирических коэффициентов. Коэффициенты a_0 и a_1 при расчете температуры вспышки в открытом тигле равны соответственно –73 °С и 0,409.

Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 10 °С.

Если для исследуемой жидкости известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то температуру вспышки в открытом тигле вычисляют по формуле (15), где $A_B = 427 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}$.

Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 13 °С.

Температуру воспламенения индивидуальных жидкостей, °С, вычисляют по формуле [12]:

$$t_{\text{восп}} = a_0 + a_1 t_{\text{кип}} + \sum_{j=2}^q a_j I_j, \quad (17)$$

где a_0 — размерный коэффициент, °С, равный –47,78; a_1 — безразмерный коэффициент, равный 0,882.

Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 5 °С.

Если известна зависимость давления насыщенных паров от температуры, то температуру воспламенения индивидуальных жидкостей, состоящих из атомов С, Н, О, N, вычисляют по формуле:

$$t_{\text{восп}} = \frac{A_B}{P_{\text{восп}} D_0 \beta} - 273, \quad (18)$$

где A_B — константа, равная 453 кПа·см²·см⁻¹·К (для фосфорорганических веществ $A_B = 1333 \text{ кПа} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{К}$); $P_{\text{восп}}$ — парциальное давление пара исследуемой жидкости при температуре воспламенения, кПа.

Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 6 °С.

Температуру воспламенения алифатических спиртов и сложных эфиров вычисляют по формуле:

$$t_{\text{восп}} = \frac{t_{\text{кип}} + 273}{1 + K(t_{\text{кип}} + 273)} - 273, \quad (19)$$

где K — эмпирический коэффициент, равный $6 \cdot 10^{-4}$ для спиртов и $7 \cdot 10^{-4}$ для сложных эфиров.

Средняя квадратичная погрешность расчета составляет 2 °С для спиртов и 4 °С — для сложных эфиров.

Расчет температурных пределов распространения пламени индивидуальных жидкостей производится по приближенным формулам [11].

Если известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то значение нижнего или верхнего температурного предела распространения пламени, °С, вычисляют по соответствующему значению концентрационного предела распространения пламени $\varphi_{\text{п}}$ по формуле:

$$t_{\text{п}} = \frac{B}{A - \lg(\varphi_{\text{п}} P_0 \cdot 0,01)} - C_A, \quad (20)$$

где A, B, C_A — константы уравнения Антуана; P_0 — атмосферное давление, кПа.

Погрешность расчета по формуле (20) определяется погрешностью расчета величины $\varphi_{\text{п}}$.

Если неизвестна зависимость давления, насыщенного пара от температуры, то для веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, значение нижнего или верхнего температурного предела, °С, вычисляют по формуле:

$$t_{\text{п}} = a_0 + a_1 t_{\text{кип}} + \sum_{j=2}^n a_j I_j, \quad (21)$$

где a_0 — размерный коэффициент, равный –62,46 °С для нижнего и –41,43 °С для верхнего предела; a_1 — безразмерный коэффициент, равный 0,655 для нижнего и 0,723 для верхнего предела; a_j — эмпирические коэффициенты, характеризующие вклад j -х структурных групп.

Среднее квадратичное отклонение расчета по формуле (21) составляет 9 °С.

Если неизвестна температура кипения исследуемого вещества при нормальном атмосферном давлении, то значение нижнего температурного предела распространения пламени вычисляют по формуле:

$$t_{\text{н}} = t_{\text{всп}} - C, \quad (22)$$

где $t_{\text{всп}}$ — экспериментальное значение температуры вспышки, °С; C — константа, равная 2 °С, если для расчета используют значение $t_{\text{всп}}$ в закрытом тигле, и равная 8 °С, если для расчета используют значение $t_{\text{всп}}$ в открытом тигле.

Средняя квадратичная погрешность расчета по формуле (22) не превышает 12 °С.

Для оценки опасности разливов нефти на основе представленных методик и формул было разработано программное обеспечение, в настоящее время используемое при проведении судебных пожарно-технических экспертиз [13]. Это программное обеспечение составляет часть системы информационного сопровождения деятельности судебно-экспертных учреждений МЧС России и

может применяться при проведении экспертных исследований пожаров, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов.

Таким образом, решение проблемы аварийных разливов нефти имеет важное значение, как и отдельные ее аспекты, — ликвидация разливов и экспертные исследования при проектировании предприятий и при проведении судебных экспертиз.

Список литературы

1. **Безопасность** России. Энергетическая безопасность (Нефтяной комплекс России). — М.: МГФ "Знание", 2000. — 432 с.
2. **Владимиров А. М., Ляхин Ю. И.** и др. Охрана окружающей среды. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 320 с.
3. **Перенага О. П., Давыдова С. Л.** Экологические проблемы химии нефти // Нефтехимия. — 1990. — Т. 39. — № 1. — С. 56—58.
4. **Волчков С. В., Прусенко Б. Е., Сажин Е. Б.** и др. Анализ причин аварий на промысловых нефтепроводах Западной Сибири // Сборник научных трудов "Морские и арктические нефтегазовые месторождения и экология". — М.: РАО Газпром, 1996. — 26 с.
5. **Экология** и развитие стран Балтийского региона: Доклады 5-й Международной конференции, 6—9 июля 2000 г. — СПб.: Международная академия экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), 2000. — 344 с.
6. **Dvadenko M. V., Privalova N. M., Kudaeva I. Ju., Stepura A. G.** Adsorbционnaja ochistka stochnyh vod // Sovremennye naukoemkie tehnologii. — 2010. — № 10. — P. 214—215.
7. **Патент РФ** № 2299181. Хабибуллина Ф. М., Арчегова И. Б., Ибатуллина И. З. и др. Биосорбент для очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов. 20.05.2007.
8. **ГОСТ Р 12.3.047—2012** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Дата введения 2014-01-01.
9. **СП 155.13130.2014** Свод правил склады нефти и нефтепродуктов требования пожарной безопасности). Утвержден Приказом МЧС России от 26.12.2013 № 837.
10. **СНиП 2.01.02-85** Противопожарные нормы. — Государственный комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР). Дата введения 01.01.1987.
11. **Расчет** основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. — М.: ВНИИПО, 2002. Дата введения 03.03.2002.
12. **Рекомендации** по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории. ВНИИПО МВД РФ. Дата введения 01.07.1997.
13. **Тумановский А.А., Воронцова А. А.** Интегрированная система информационного сопровождения деятельности судебно-экспертных учреждений ФПС МЧС России // Материалы конференции "Комплексная безопасность и физическая защита". СПб УГПС МЧС России, 2016.

A. A. Tumanovskiy, Head of Department, e-mail: ficentre@igps.ru, Research Center of Fire Expertise of Research Institute of Advanced Studies and Innovative Technologies in the Field of Life Safety of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, **A. V. Kvashnin**, Head of Chair, Far East Firefighting and Rescue Academy — Branch of Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, **A. S. Smirnov**, Head, Scientific-Technical Directorate of EMERCOM of Russia

Problems of Emergency of Spills of Oil and Petroleum Products, Ways of their Elimination and Evaluation of their Hazards in Expertise Examinations

The article is devoted to problems of spills of oil and oil products and methods for their elimination and the evaluation of risk during examinations. The attention is paid to the main reasons and sources of emergence of these man-made disasters. The main sources of emergency situations, leading to spills of oil and oil products are presented. The information on the distribution of sources of petroleum products in the oceans is provided. The statistical information on the number and availability of pipelines and on accidents related to oil spills is analyzed. The main methods of elimination of consequences of oil spills on the surface of the soil and water are listed. The main methods of calculation of dangerous fire factors used in the calculations related to carrying out fire-technical expertise are presented. To evaluate the risk of oil spills based on the techniques we developed software currently used in forensic fire-technical expertise. The developed software as a part of the system of information support of activity of forensic expert laboratories of EMERCOM of Russia can be used when carrying out the expert studies of fires related to oil spills and oil products.

Keywords: oil spill disaster, oil slick, sorption, biosorption, forensic examination, fire-technical examination, calculation methods, information support, software, forensic institutions, expert techniques



References

1. **Безопасность** России. Энергетическая безопасность (Нефтяной комплекс России). Moscow: MGF "Знание", 2000. 432 p.
2. **Vladimirov A. M., Ljahn Ju. I.** i dr. Охрана окружающей среды. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 320 p.
3. **Perenaga O. P., Davydova S. L.** Экологические проблемы химии нефти. *Нефтехимия*. 1990. Vol. 39. No 1. P. 56–58.
4. **Volchkov S. V., Prusenko B. E., Sazhin E. B.** i dr. Анализ причин аварий на промысловых нефтепроводах Западной Сибири. *Сборник научных трудов "Морские и арктические нефтегазовые месторождения и экология"*. Moscow: RAO Gazprom, 1996. 26 p.
5. **Экология** и развитие стран Балтийского региона: Доклады 5-й Международной конференции, 6–9 июля 2000. Saint-Petersburg: Mezhdunarodnaja akademija jekologii, bezopasnosti cheloveka i prirody (MANJeB), 2000. 344 p.
6. **Dvadenko M. V., Privalova N. M., Kudaeva I. Ju., Stepura A. G.** Adsorbционная очистка сточных вод. *Современные наукоемкие технологии*. 2010. No. 10. P. 214–215.
7. **Patent RF** No. 2299181. Habibullina F. M., Arhegova I. B., Ibatullina I. Z. i dr. Biosorbent для очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов. 20.05.2007.
8. **GOST R 12.3.047—2012** Pozharnaya bezopasnost' tehnologicheskikh processov. Obshhie trebovanija. Metody kontrolja. Data vvedenija 2014-01-01.
9. **SP 155.13130.2014** Svod pravil sklady nefi i nefteproduktov trebovanija požarnoj bezopasnosti). Utverzhden Prikazom MChS Rossii ot 26.12.2013 No. 837.
10. **SNiP 2.01.02-85** Protivopozharnye normy. Gosudarstvennyj komitet SSSR po delam stroitel'stva (Gosstroj SSSR). Data vvedenija 01.01.1987.
11. **Raschet** osnovnykh pokazatelej požarovzryvoopasnosti veshhestv i materialov: Rukovodstvo. Moscow: VNIPO, 2002. Data vvedenija 03.03.2002.
12. **Рекомендации** по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на сельской территории. VNIPO MVD RF. Data vvedenija 01.07.1997.
13. **Tumanovskij A.A., Voroncova A. A.** Integrirovannaja sistema informacionnogo soprovozhdenija dejatel'nosti sudebno-jekspertnyh uchrezhdenij FPS MChS Rossii. *Materialy konferencii "Kompleksnaja bezopasnost' i fizicheskaja zashhita"*. Saint-Petersburg UGPS MChS Rossii, 2016.

УДК 502.55

А. Я. Рыбкин, зам. ген. директора, АО "Саханефтегазбыт", Якутск,
О. В. Горбунова, канд. биол. наук, доц., Ангарский государственный
технический университет, **С. Г. Дьячкова**, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой,
e-mail: dsg2108@gmail.com,
Иркутский Национальный исследовательский технический университет

Потери нефтепродуктов в АО "Саханефтегазбыт", проблемы и методы их решения

Обобщены и проанализированы результаты мониторинга потерь нефтепродуктов, проведены инвентаризация и оценка предельно допустимых выбросов за период 2009—2013 гг. в АО "Саханефтегазбыт" (в составе 25 резервуарных парков, расположенных в четырех зонах климатического районирования и охватывающих весь номенклатурный ряд нефтепродуктов).

Предложен комплекс мероприятий по снижению потерь и выбросов в окружающую среду нефтепродуктов. В 2012—2016 гг. большинство из предложенных решений были внедрены в АО "Саханефтегазбыт" и применяются в настоящее время на постоянной основе. Часть мероприятий по снижению потерь нефтепродуктов и негативного влияния выбросов на окружающую среду планируется внедрить в 2017—2018 гг.

Ключевые слова: снижение потерь нефтепродуктов, резервуарные парки, выбросы в окружающую среду, мероприятия по охране окружающей среды, наилучшие доступные технологии, нефтебазы, АО "Саханефтегазбыт", предельно допустимые выбросы, эмиссия нефтепродуктов

Актуальность работы

Законодательство Российской Федерации в области контроля экологической безопасности за последние годы претерпело ряд изменений. Совершенствуются и конкретизируются виды нарушений, ужесточаются меры взысканий и повышается уровень ответственности юридических и

физических лиц. Данная тенденция обусловлена необходимостью стимулирования деятельности промышленных предприятий к переходу на более экологичные и ресурсосберегающие технологии в целях сохранения природно-климатических условий максимально в первоначальном виде.

Предприятия системы нефтепродуктообеспечения, в том числе резервуарные парки с крупно-

тоннажным емкостным оборудованием, согласно действующим нормативно-техническим и законодательным документам относятся к опасным производственным объектам [1] и объектам, оказывающим негативное влияние на экологическое состояние окружающей природной среды. Согласно концепции устойчивого развития и ресурсосбережения в работе данных предприятий предлагается активизировать методы и механизмы, связанные с применением наиболее эффективных и максимально доступных технологий [2].

По оценкам экспертов [3], по пути движения нефти и нефтепродуктов до мест потребления происходят колоссальные производственные и естественные потери углеводородов, в среднем около 2 % от объема всей добываемой в стране нефти. Установлено, что 75 % от общего объема потерь — это результат естественных испарений и лишь 25 % происходят вследствие аварий и утечек [4, 5].

АО "Саханефтегазсбыт" — одна из крупнейших компаний нефтепродуктообеспечения в Сибирском и Дальневосточном регионах. Ее производственные объекты характеризуются широким диапазоном районирования и охватывают весь номенклатурный ряд нефтепродуктов.

Поэтому выявление и комплексная оценка причин, приводящих к потерям нефтепродуктов, поиск путей сокращения убытков предприятий, обусловленных учтенными и неучтенными потерями, методов снижения выбросов в атмосферу для АО "Саханефтегазсбыт" является, несомненно, важной задачей и может быть установочной моделью для оценки и модернизации других предприятий нефтепродуктообеспечения.

Объекты и способы исследования

Объектом исследований является комплекс нефтебаз АО "Саханефтегазсбыт". Акционерное общество насчитывает в своем составе 25 резервуарных парков, расположенных по классификации климатического районирования Б. П. Алисова [6] в разных районах, в том числе: три нефтебазы расположены за Полярным кругом, в Сибирской области арктического пояса (А); шесть нефтебаз располагаются в субарктическом поясе (Б); пятнадцать в континентальной Восточносибирской области умеренного пояса (В) и одна на границе муссонной Дальневосточной области умеренного пояса (Г) (табл. 1).

Перечень нефтепродуктов, находящихся на хранении на момент исследований, включал в себя: бензины автомобильные различных классов, включая "Премиум"; дизельные топлива (ДЛ,

ДА, ДЗ); топливо для реактивных двигателей — керосин авиационный ТС-1; газоконденсат; нефть товарная.

Обследование объектов и мониторинг потерь нефтепродуктов проводились в течение 2009—2013 гг. и включали несколько этапов работ, что позволило учесть как объем перевалки углеводородов, так и сезонные особенности эксплуатации технологического оборудования, оказывающие влияние на состав и уровень техногенных эмиссий в окружающую среду.

Обсуждение результатов

Ранее была выявлена зависимость естественных потерь нефтепродуктов от климатического районирования нефтебаз [6], изучен состав органических загрязнителей в воздухе рабочей зоны и снеговом покрове производственных объектов АО "Саханефтегазсбыт". Установлено, что экологическое состояние воздушного бассейна в зоне нефтебаз республики Саха—Якутия благополучное [7—9].

В настоящей работе обобщены и проанализированы результаты мониторинга потерь нефтепродуктов, связанных как с естественной убылью, так и недостачами на нефтебазах, а также проведена инвентаризация и оценка ПДВ за период 2009—2013 гг. (см. табл. 1).

Основной причиной, влияющей на убыль нефтепродуктов, является их испаряемость, которая напрямую зависит от среднегодовой температуры в районе расположения товарного парка. Так, например, по среднегодовым показателям естественная убыль, приходящаяся на одну нефтебазу в континентальной Восточно-Сибирской области умеренного пояса (В) максимальна по сравнению с таковой для других (более холодных) климатических зон Якутии [6]. Для предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферный воздух, согласно Методическим указаниям [10] для АО "Саханефтегазсбыт" установлены лимиты (см. табл. 1). Наблюдаемая в 2012 г. отчетливая тенденция к увеличению начисленной и списанной естественной убыли нефтепродуктов на всех нефтебазах обусловлена ростом объемов хранения нефтепродуктов.

Вместе с тем, наряду с вышеназванными причинами, на потери нефтепродуктов влияют особенности ведения учета и определения фактического наличия товарной массы, скрытых хищений, технологических инцидентов и аварийных нарушений в ходе осуществления производственного процесса. Суммарные потери нефтепродуктов за рассматриваемый период достаточно высоки (см. табл. 1).



Таблица 1

Характеристики нефтебаз АО "Саханефтегазбыт"

Области климатического районирования	Наименование нефтебазы	Грузооборот парка нефтебаз за весь период, тыс. т	Всего оборот нефтепродуктов, тыс. т	Суммарное количество естественной убыли, т/списанной недостачи нефтепродуктов, т					Суммарное количество потерь нефтепродуктов за весь период, т	Лимиты ПДВ за весь период, т
				2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г. (за 9 мес.)		
А	Нижне-Янская	426,1		9,2/80,7	12,4/258,6	15,2/267,0	18,0/229,7	16,6/264,2	1171,6	111,6
	Чокурдахская	152,5	1012,6							
	Нижне-Колымская	434,0								
Б	Жиганская	185,8								
	Усть-Куйгинская	443,1								
	Багагайская	185,6	1289,4	19,7/0	40,6/13,8	51,4/75,0	62,0/202,1	52,3/0	516,9	235,0
	Белгородская	194,7								
	Средне-Колымская	180,5								
	Зырянская	99,7								
	Ленская	2675,3								
В	Олекиминская	636,2								
	Сунтарская	118,1								
	Нюрбинская	442,0								
	Верхне-Вилуйская	85,1								
	Вилуйская	82,8								
	Сангарская	285,7								
	Усть-Алданская	105,3	7355,2	120,2/1190,0	202,0/2319,0	193,5/1387,1	200,7/1137,1	142,5/1454,4	8346,5	653,3
	Якутская	1855,9								
	Хандыгская	356,4								
	Усть-Таттинская	88,5								
Г	Амгинская	95,2								
	Эльдиканская	89,4								
	Покровская	145,1								
	Томмотская	474,2								
	ИТОГО:	243,3	243,3	11,3/0	6,8/0	4,1/0	5,4/0	3,8/0	31,4	33,8
		10 080,5	10 080,5	1431,1	2853,2	1993,3	1855,0	1933,8	10 066,4	1033,7

Регламентированный лимит суммы ПДВ для всех 25 нефтебаз АО "Саханефтегазсбыт" за 2009—2013 гг. составил 1033,7 т нефтепродуктов (см. табл. 1). Сравнивая значения естественной убыли нефтепродуктов и потери вследствие недостач, становится очевидным, что потери нефтепродуктов существенно превышают установленные лимиты по ПДВ.

Результаты мониторинга показывают, что за весь указанный период, потери сырья превышают почти в 2—3 раза лимит ПДВ на 15 нефтебазах, расположенных в континентальной Восточно-сибирской области умеренного пояса, на трех нефтебазах, расположенных за Полярным кругом, в Сибирской области арктического пояса и шести нефтебазах, расположенных в Сибирской области субарктического пояса. Только на одной нефтебазе, расположенной на границе муссонной Дальневосточной области умеренного пояса, не зафиксированы потери, превышающие ПДВ. Это можно объяснить двумя причинами. С одной стороны, климатическими особенностями района расположения нефтебазы "Нагорнинская", характеризующимися мягким температурным режимом в зимний период и прохладным дождливым летом. С другой стороны, работой нефтебазы "с колес" железнодорожных вагонов-цистерн с последующей отгрузкой на точки потребления. Хранение потребляемых объемов осуществлялось минимальное число дней в емкостном парке с максимальной вместимостью до 1000 т.

По результатам проведенной инвентаризации (табл. 2) видно, что наибольший вклад в загрязнение окружающей среды вносят три наиболее крупные, но неравноценные по многим технологическим характеристикам, нефтебазы. Это Нижне-Колымская, Ленская и Якутская. Наиболее объективной характеристикой, позволяющей оценить и сравнить влияние на экосистему эмиссий от нефтебаз, различающихся по грузообороту нефтепродуктов, вместимости резервуарного парка, функциональному назначению и номенклатуре хранимых продуктов, является отношение потерь к грузообороту на данном объекте. Использование данного подхода позволило сделать вывод о значительном уровне влияния Нижне-Колымской нефтебазы на объекты окружающей среды. Следует в первую очередь обратить внимание на экологические и технологические проблемы, связанные с потерей нефтепродуктов (см. рисунок).

Принято считать, что основным критерием, влияющим на объем потерь

нефтепродуктов, при эксплуатации парка, является объем грузооборота нефтепродуктов и их физико-химические свойства.

Результаты исследований позволили сделать вывод, что более значимыми факторами, влияющими на суммарный объем потерь, являются техническое оснащение резервуарного парка и уровень аварийных ситуаций. Применение относительно изношенного и устаревшего технологического оборудования в процессах приема, хранения и перевалки сырья и готовой продукции приводит к эмиссии нефтепродуктов в объекты окружающей среды, что является основной причиной их загрязнения.

Согласно данным инвентаризации, проведенной на АО "Саханефтегазсбыт", основная доля потерь нефтепродуктов приходится на "светлые" нефтепродукты — бензины, дизельное топливо, реже на авиационный керосин марки ТС-1. Это подтверждается тем, что органические загрязнители в воздухе рабочей зоны нефтебаз Республики Саха—Якутия представлены низкомолекулярными ароматическими, полиароматическими и алифатическими углеводородами [7], входящими в состав вышеназванных нефтепродуктов.

На основе проведенного мониторинга, анализа и комплексной оценки причин, приводящих к потерям нефтепродуктов, предложены мероприятия по улучшению деятельности предприятий с применением наилучших доступных технологий (НДТ) [2], в том числе в рамках программы софинансирования с государственным бюджетом субъекта Российской Федерации.

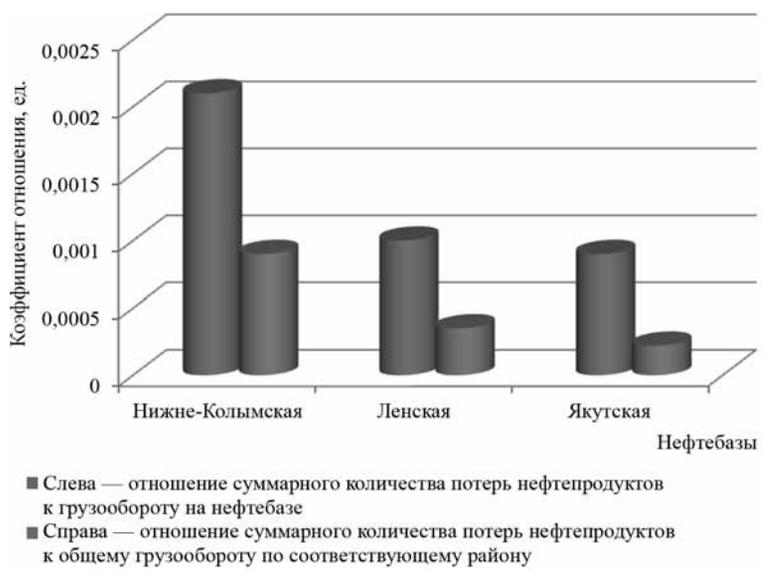


Диаграмма отношения суммарных потерь нефтепродуктов относительно оборота на нефтебазах АО "Саханефтегазсбыт" за период 2009—2013 гг.



Таблица 2

Потери нефтепродуктов на трех наиболее крупных нефтебазах АО "Саханефтегазсбыт"

Области климатического районирования	Нефтебаза	Общие потери нефтепродуктов на 25 нефтебазах, т, по годам					Доля потерь от общего количества, т/(%), по годам					Суммарное количество потерь нефтепродуктов по нефтебазе, т	Грузооборот нефтепродуктов за весь период на нефтебазе, тыс. т	Отношение суммарного количества потерь нефтепродуктов к грузообороту нефтебазы, ед.	Отношение суммарного количества потерь нефтепродуктов к общему обороту района, ед.
		2009	2010	2011	2012	2013	2009	2010	2011	2012	2013				
А	Нижне-Колымская	1431,1	2853,2	1993,3	1855,0	1933,8	71,76/5,0	214,10/7,5	231,40/11,6	198,20/10,7	213,40/11,0	928,86	434	0,0021	0,0009
							417,17/29,2	1118,20/39,2	656,34/32,9	673,80/36,3	824,12/42,6	2689,63	2675,3	0,0010	0,00035
	Ленская						336,74/23,5	273,97/9,6	337,64/16,9	397,19/21,4	327,75/16,9	1675,29	1855,9	0,0009	0,00022
	Якутская						57,7	56,3	61,4	68,4	70,5	5293,78	4965,2		
ИТОГО от общего количества, %							57,7	56,3	61,4	68,4	70,5	5293,78	4965,2		

В 2012—2016 гг. большинство из предложенных мероприятий по снижению потерь и выбросов в окружающую среду нефтепродуктов были внедрены в АО "Саханефтегазсбыт" и применяются в настоящее время на постоянной основе.

К ним относятся:

- контроль погрешности средств измерений, применяемых в учетных операциях;
- поддержание характеристик технологических насосов согласно паспортным показателям и герметизация соединений трубопроводов и запорно-регулирующей арматуры;
- своевременное технологическое обслуживание и ремонт резервуаров, дыхательной арматуры, герметизация технологических отверстий;
- поддержание целостности светоотражающей окраски резервуаров с целью снижения суточных перепадов температуры в металле;
- поступление нефтепродуктов при минимальных суточных температурах окружающего воздуха для снижения потерь на "большие дыхания" и отпуск нефтепродукта в дневное время для сокращения "малых дыханий" резервуаров;
- сокращение количества внутрибазовых перекачек в период положительных температур окружающего воздуха;
- своевременный сбор остатков нефтепродуктов из резервуаров, сокращение газового пространства в резервуарах;
- инструментальный контроль и регулирование рабочих характеристик дыхательной арматуры резервуаров;

Дополнительно за 2015—2016 гг. реализованы следующие мероприятия на отдельно взятых крупных нефтебазах:

- замена средств измерения при операциях приема и отпуска автоцистерн ("Якутская нефтебаза", "Ленская нефтебаза", "Томмотская нефтебаза", "Нюрбинская нефтебаза");
- ввод в эксплуатацию на "Белогорской нефтебазе" и "Нефтескладе Хонуу" высокоточных автомобильных весов Metler Toledo и топливозаправочных комплексов ТЗК-100 (производство РФ, г. Серпухов Московской области);
- применение установки герметичного налива топлива в автоцистерны с дальнейшей возможностью проектирования отвода паров бензина на эстакадах налива в автоцистерны ("Якутская нефтебаза");
- на "Якутской нефтебазе", "Ленской нефтебазе", "Нефтескладе Хонуу" проведен автоматизированный мониторинг в резервуарах и введен оперативный учет в период наличия в резервуаре высокого избыточного давления с помощью системы УИП-9602 (производство РФ, г. Королев Московской области);

— установка дисков отражателей на дыхательную арматуру резервуаров, предназначенных для хранения высокооктановых бензинов, для снижения потерь на "большие дыхания" при последовательном проведении операций отпуска-приема в рамках одной смены ("Томмотская нефтебаза ЦСН", "Томмотская нефтебаза нефтесклад");

— покрытие всех резервуаров высокотехнологической светоотражающей краской белого цвета (в филиалах, где ежегодные потери нефтепродуктов превышают нормы естественной убыли).

С учетом проведенных исследований [5, 7—9] можно предложить следующий перечень мероприятий на период 2017—2018 гг. по снижению потерь нефтепродуктов и негативного влияния выбросов на окружающую среду:

— для снижения нагрева паровоздушной среды и величины суточного расширения/сжатия металла установить съемные блочные навесы (в филиалах, где ежегодные потери нефтепродуктов превышают нормы естественной убыли);

— применение газоуравнительной системы с системой рекуперации паров бензина от "больших и малых дыханий" резервуаров большой вместимости ("Якутская нефтебаза", "Ленская нефтебаза");

— применение газоуравнительной системы между резервуарами и эстакадой налива с выводом паров бензина обратно в резервуар ("Томмотская нефтебаза", "Нюрбинская нефтебаза");

— приобретение "мягких резервуаров" для временного хранения нефтепродуктов при ремонтных работах на филиалах с недостаточной вместимостью резервуарного парка;

— сокращение площади контакта "зеркала" нефтепродукта в резервуарах с паровоздушной средой с помощью полиуретановых пластин для снижения количества паров бензина в паровоздушной среде резервуара (филиалы, где реальная убыль ежегодно превышает нормированную);

— экспериментальные работы по упрочнению изнутри стенок резервуаров с помощью современных керамических покрытий ("Ленская нефтебаза");

— строительство новых резервуаров, в целях замены устаревших, в том числе рассчитанных на большие избыточные давления в газовом пространстве;

— другие мероприятия, связанные с наилучшими доступными технологиями, позволяющими учитывать экологические аспекты влияния на окружающую среду.

В рамках программы стратегического развития региона в эксплуатацию будет введена новая узловая приемо-перевалочная нефтебаза — современный производственно-технологический комплекс,



соответствующий международным требованиям промышленной и экологической безопасности. Данное мероприятие позволит закрыть одну нефтебазу и уменьшить объем емкостного парка по трем нефтебазам.

Выводы

Проведенный мониторинг производственных объектов АО "Саханефтегазсбыт", выявление и оценка причин потерь нефтепродуктов позволил предложить ряд технологических решений и реализовать комплекс мероприятий по сокращению издержек и увеличению доходной части компании. В стоимостном выражении на фоне миллиардных финансовых оборотов общества полученные результаты выглядят скромно и составляют не более 10 % плановой годовой прибыли. Наиболее эффективными представляются данные по снижению и исключению естественной убыли и сверхнормативных потерь нефтепродуктов.

Сокращение потерь нефтепродуктов и снижение негативного воздействия на объекты окружающей среды — реально достижимая цель для предприятий нефтепродуктообеспечения. Производственные и организационно-административные мероприятия должны осуществляться системно и поэтапно, от момента поступления товара до момента выдачи потребителю. За ходом исполнения плана работ должен осуществляться постоянный контроль, корректироваться с учетом реальной ситуации и совершенствования применяемых средств, механизмов и инструментов. Необходимо иметь "реперные точки", характеризующие производственные и экономические показатели, приближение либо удаление от которых будет сигнализировать об уровне приемлемости отклонений. Экономическая эффективность работы предприятия должна коррелировать с экологическими и социальными аспектами развития региона.

Список литературы

1. **Федеральный закон** № 116-ФЗ от 21.07.1997 О промышленной безопасности опасных производственных объектов. — "Российская газета". 30.07.97. № 145.
2. **ГОСТ Р 54097—2010** Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии // Официальный сайт Федерального агентства по стандартизации и метрологии. URL: [http://gost.ru/document.aspx?control=7 %20&id=177764](http://gost.ru/document.aspx?control=7%20&id=177764) (дата обращения 24.03.2017).
3. **Коршак А. А.** Малокапиталоемкая система улавливания паров бензина // Территория нефтегаз. — 2008. — № 3. — С. 58—61.
4. **Дьяков К. В., Левитин Р. Е., Земенков Ю. Д.** Сверхнормативные потери топлива от испарения при хранении в резервуарах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 4. — С. 184—190.
5. **Рыбкин А. Я., Дьячкова С. Г., Алексеева Я. В.** Зависимость естественных потерь нефтепродуктов от климатического районирования нефтебазы // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов". — Иркутск, 2014. — С. 174—176.
6. **Любушкина С. Г., Пашканг К. В., Чернов А. В.** Общее земледелие: Учеб. пособие / Под ред. А. В. Чернова. — М.: Просвещение, 2004. — 288 с.
7. **Дьячкова С. Г., Рыбкин А. Я.** Органические загрязнители в воздухе рабочей зоны нефтебаз республики Саха (Якутия) // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. — 2016. — № 1. — С. 25—28.
8. **Рыбкин А. Я., Дьячкова С. Г., Михалева В. П.** Органические загрязнители в снеговом покрове на территории нефтебаз Республики Саха Якутия // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов" — Иркутск. — 2015. — С. 118—120.
9. **Diachkova S. G., Ribkin A. Y.** The Impact of tank farms on the environment in the republic of Sakha Yakutia // International congress Fachmesse "Ökologische Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung". Deutschland. — Hannover, 2014. — P. 46—47.
10. **Приложение № 1** к Приказу Госкомэкологии России от 08.04.98 № 199 Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. Интернет-ресурс баз данных нормативно-правовых актов РФ КонсультантПлюс. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=319621#0> (дата обращения 24.03.2017).

A. Y. Ribkin, Deputy General Director, JSC "Sahaneftegazsbyt", Yakutsk,
O. V. Gorbunova, Associate Professor, Angarsk State Technical University,
S. G. Diachkova, Professor, Head of Chair, e-mail: dsg2108@gmail.com,
Irkutsk National Research Technical University

Losses of Oil Products in JSC "Sakhaneftegazsbyt", Problems and Methods for their Solution

The results of monitoring oil products losses are summarizing and analyzing, and so are inventorying and valuation of the maximum permissible emissions (MPE) for the period 2009—2013 in joint-stock company "Sakhaneftegazsbyt" (including 25 storage tanks located in 4 climatic zones and covering the entire range of petroleum products).

Established that for all production facilities under investigation, the losses of oil products are 2-3 times higher than the established limits for MPE. The regulatory limit of the amount of MPE for all 25 storage tanks of JSC "Sakhaneftegazsbyit" in 2009-13 was 1033,7 tons. On the one hand, losses of hydrocarbons are depends on average annual temperature that cause the intensity of natural evaporation and degree of deterioration of process equipment, that used in the reception, storage and transfer of raw materials. On the other hand, specifics of accounting, hidden theft, technological incidents and emergency violations are also having affection on the amount of oil product losses.

The comparison of the values of the losses ratio to freight turnover on all the investigated objects indicates that the maximum emission of oil products into the environment is observed at the Nizhne-Kolyma, Lenskaya and Yakutsk oil depots. However, the ecological condition of the air basin in the zone of JSC "Sakhaneftegazsbyit" production facilities is safe. A set of measures to reduce losses and emissions into environment of petroleum products was proposed. In 2012–2016, most of the proposed solutions were introduced in JSC "Sakhaneftegazsbyit" and are currently being implemented on a permanent basis. Part of the measures to reduce losses of petroleum products and the negative impact of emissions on the environment is planned to be implemented in 2017–2018.

Keywords: reduction of oil products losses, tank farms, environmental protection measures, best available technologies, tank farms, JSC "Sakhaneftegazsbyit", maximum permissible emissions, emissions oil products

References

1. **Federal'nyj zakon** ot 21.07.97 № 116-FZ O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvod-stvennykh ob#ektov. "Rossiskaya gazeta". 30.07.97 No. 145.
2. **GOST R 54097–2010** Resursoberezhenie. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Ofitsial'nyi sait Federal'nogo agentstva po standartizatsii i metrologii. URL: <http://gost.ru/document.aspx?control=7%20&id=177764> (date access 24.03.2017).
3. **Korshak A. A.** Malokapitaloemkaya sistema ulavlivaniya parov benzina. *Territoriya neftegaz*. 2008. No. 3. P. 58–61.
4. **D'yakov K. V., Levitin R. E., Zemenkov Yu. D.** Sverkhnormativnye poteri topliva ot ispareniiya pri khraneni v rezervuarakh. *Gornyi in-formatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2014. No 4. P. 184–190.
5. **Rybkin A. Ya., D'yachkova S. G., Alekseeva Ya. V.** Zavisi-most' estestvennykh poter' nefteproduktov ot klimaticheskogo raionirovaniya neftebazy. *Materialy III vsrossiiskoi nauchno-prakticheskoi konfe-rentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Perspektivy razvitiya tekhnologii pererabotki ulevodorodnykh i mineral'nykh resursov"*. Irkutsk, 2014. P. 174–176.
6. **Lyubushkina S. G., Pashkang K. V., Chernov A. V.** Obshchee zemlevedenie: Ucheb. posobie. Pod red. A. V. Chernova. Moscow: Prosveshchenie, 2004. 288 p.
7. **D'yachkova S. G., Rybkin A. Ya.** Organicheskie zagryazniteli v vozdukh rabochei zony neftebaz respublik Sakha (Yakutiya). *Mir Nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii*. 2016. No. 1. P. 25–28.
8. **Rybkin A. Ya., D'yachkova S. G., Mikhaleva V. P.** Organicheskie zagryazniteli v snegovom pokrove na territorii neftebaz Respubliki Sakha Yakutiya. *Materialy V vsrossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Perspektivy razvitiya tekhnologii pererabotki uglevodorodnykh i mineral'nykh resursov"*. Irkutsk, 2015. P. 118–120.
9. **Diachkova S. G., Ribkin A. Y.** The Impact of tank farms on the environment in the republic of Sakha Yakutia. *International congress Fachmesse "Ökologische Technologische und Rechtliche Aspekte der Lebensversorgung"*. Deutschland. Hannover, 2014. P. 46–47.
10. **Prilozhenie** No. 1 k Prikazu Goskomekologii Rossii ot 08.04.98 No. 199 Metodicheskie ukazaniya po opredele-niyu vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu iz rezervuarov. Internet resurs baz dannykh normativno-pravovykh aktov RF Konsul'tantPlyus. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=319621#0> (date access 24.03.2017).

УДК 331.45

В. М. Рухлинский, д-р техн. наук, проф., Московский государственный технический университет гражданской авиации, председатель Комиссии по связям с ИКАО, международными и межгосударственными организациями, Межгосударственный авиационный комитет, Москва,

А. С. Молотовник, главный специалист отдела, e-mail: A.Molotovnik@rossiya-airlines.com,

А. А. Хаустов, начальник отдела, АО "Авиакомпания "Россия", Москва

Управление рисками в области аварийно-спасательного обеспечения полетов

Рассмотрена задача разработки системы анализа и управления рисками в области аварийно-спасательного обеспечения полетов с применением прогностического метода выявления опасностей и оценки рисков, связанных с проведением аварийно-спасательных работ (АСР), основанного на применении модели байесовских сетей доверия. Отмечено, что данный метод предусматривает вероятностный подход к моделированию развития наихудшего сценария авиационного происшествия или инцидента с целью определения количества сил и средств, необходимых для эффективного проведения АСР. Представлена разработанная модель развития авиационного происшествия, связанного с выкатыванием воздушного судна за пределы взлетно-посадочной полосы, для установления критерия оценки рисков этого происшествия. Для создания модели риска применялось программное обеспечение MATLAB. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования планирования мероприятий на случай аварийной обстановки в аэропорту.

Ключевые слова: оценка рисков, математическая модель, байесовская сеть, аварийно-спасательные работы

Введение

Для оценки показателей безопасности полетов в коммерческой гражданской авиации Международная организация гражданской авиации (ИКАО International Civil Aviation Organization) продолжает устанавливать приоритеты в трех сферах обеспечения безопасности полетов: повышение безопасности операций на взлетно-посадочной полосе (RS), сокращение количества авиационных происшествий по причине столкновения исправного воздушного судна с землей (CFIT) и сокращение количества авиационных происшествий и инцидентов, связанных с потерей управления в полете (LOC-I). На эти три категории авиационных происшествий повышенного риска приходится около 60 % всех погибших во всем мире. Более половины авиационных происшествий во всем мире относятся к событиям, связанным с повышением безопасности операций на взлетно-посадочной полосе (RS). На авиационные происшествия CFIT и LOC-I приходится менее 6 % всех происшествий, но более половины всех погибших во всем мире. В Российской Федерации по итогам 2010—2015 гг. на группы событий RS, CFIT, LOC-I приходится

76 % авиационных происшествий с самолетами и вертолетами при осуществлении коммерческих воздушных перевозок [1].

Анализируя данную статистику, можно сделать вывод о том, что выкатывание воздушного судна (ВС) за пределы взлетно-посадочной полосы (ВПП) является одним из основных видов авиационных происшествий, которые приводят к гибели людей. На основе этого экспертами в области гражданской авиации разработаны и проходят постоянную модернизацию различные методы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий, основанных на выявлении опасностей и оценке рисков, связанных с выкатыванием воздушных судов за пределы ВПП.

Методы и методология исследования

Основным элементом процесса управления рисками является оценка риска. В соответствии с ИСО 31000 процесс управления (менеджмента) рисками включает следующие элементы [1]:

- обмен информацией и консультации;
- установление области применения менеджмента риска;

- оценку риска (включая идентификацию риска, анализ риска и сравнительную оценку риска);
- обработку риска;
- мониторинг и анализ риска.

Являясь основным элементом процесса менеджмента риска, деятельность по оценке риска должна быть интегрирована в другие элементы этого процесса.

В ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011 приведен и описан 31 метод оценки рисков. Одним из методов, используемых для оценки риска, является "Байесовский анализ и сети Байеса" (B26) [2]. Общий вид теоремы Байеса:

$$P(A|B) = \frac{\{P(A)P(B|A)\}}{\sum P(B|E_i)P(E_i)}, \quad (1)$$

где $P(A)$ — вероятность события A ; $P(A|B)$ — вероятность события A при условии, что произошло событие B ; E_i — i -е событие.

Байесовская сеть представляют собой модель, которая отражает вероятностные и причинно-следственные отношения между переменными и позволяет произвести описание полного совместного распределения вероятностей.

Данный метод предусматривает вероятностный подход к моделированию развития наихудшего сценария авиационного происшествия или инцидента с целью определения количества сил и средств, необходимых для эффективного проведения АСР.

Постановка задачи

Для более точного проведения анализа прогностического метода выявления опасностей необходимо учитывать перечисленные ниже факторы.

1. Описание аэродрома, включая количество ВПП.
2. Установленные уровни требуемой противопожарной защиты на каждой ВПП.
3. Количество аварийных станций и их расположение на территории аэродрома.
4. Типы воздушных судов, выполняющие операции на данном аэродроме.
5. Уровень укомплектованности аварийно-спасательной команды (АСК).
6. Уровень профессиональной подготовки персонала АСК.
7. Связь и система аварийного оповещения.
8. Средства оказания первой медицинской помощи.
9. Квалифицированные медицинские сотрудники.
10. План мероприятий на случай аварийной обстановки в аэропорту и соответствующие процедуры [3].

Для установления критерия оценки рисков, связанных с выкатыванием ВС за ВПП, рассмотрим модель развития авиационного происшествия "Выкатывание ВС за пределы ВПП", представленную на рис. 1. На рисунке показан ряд опасностей, которые могут привести к одному из видов выкатывания ВС за пределы ВПП. Исход



Рис. 1. Модель развития авиационного происшествия "Выкатывание ВС за пределы ВПП"



авиационных происшествий, связанных с выкатыванием, непосредственно зависит от эффективности проведения аварийно-спасательных работ. На эффективность проведения АСР могут повлиять два вида факторов, представленных в таблице.

На основании анализа расследований авиационных происшествий и инцидентов, связанных с выкатыванием ВС за пределы ВПП; проведенных тренировок, комплексных учений, приближенных к реальным действиям, возникающих в ходе развития АП, с персоналом АСК; проведенных аудитов на предмет соответствия требованиям Российских и международных стандартов в области аварийно-спасательного обеспечения полетов был выявлен перечень авиационных

событий, в которых исход АП непосредственно зависел от эффективности проведения АСР [4].

На основании полученных данных можно построить прогнозные вероятностные модели развития авиационного происшествия с помощью применения байесовских сетей.

Рассмотрим сценарий, который позволит наиболее наглядно продемонстрировать возможность прогнозирования деятельности АСК: в результате неправильных действий экипажа произошло выкатывание ВС типа В-747-400 за пределы ВПП. Вследствие этого произошла поломка передней стойки шасси с последующим разрушением конструкции ВС и возникновением пожара разлитого топлива. Из находящихся на ВС в наличии аварийных выходов открыть смогли только 50 %.

Факторы, влияющие на эффективность проведения АСР

Неуправляемые факторы	
Пожар	
1. Отсутствие пожара	Пожара не произошло
2. Наличие пожара	Смешанный пожар: внутрифюзеляжный и разлитого топлива
Целостность конструкции ВС	
1. ВС не повреждено	Фюзеляж не поврежден, открыты все аварийные выходы
2. ВС повреждено	Фюзеляж поврежден, шасси сломаны, открыто 50 % аварийных выходов
Способность пассажиров к самостоятельному передвижению	
1. Все способны свободно передвигаться	Нет травмированных
2. Не все способны	50 % пассажиров не способны сами передвигаться
Погодные условия	
1. Хорошая погода	Ясный солнечный день, сухая почва
2. Плохая погода	Дождь, снег, слякоть
Управляемые факторы	
Укомплектованность АСК	
1. Укомплектована	Соответствует уровню требуемой противопожарной защиты аэродрома (УТПЗ) — наличие необходимого количества: пожарных автомобилей, огнегасящего состава, средств индивидуальной защиты, инструментов для вскрытия фюзеляжа, медицинских средств для оказания первой медицинской помощи
2. Не укомплектована	Не соответствует УТПЗ
Уровень профессиональной подготовки персонала АСК	
1. Подготовленный и обученный персонал АСК	Высокий уровень подготовки: тренировки, учения, приближенные к реальным условиям, высокая физическая подготовка персонала АСК
2. Низкий уровень подготовки	Слабая подготовка персонала к проведению АСР
Оперативность АСК (время приезда на место происшествия)	
1. Своевременный приезд АСК на место АП	Приезд первого пожарного автомобиля (ПА) к месту АП составляет 2–3 мин
2. Приезд АСК к месту АП с превышенным нормативным временем	Приезд ПА к месту АП превысил нормативное время

Остальные были заблокированы в связи с деформацией конструкции ВС. На борту находилось 512 пассажиров и 14 членов экипажа, из которых могли свободно передвигаться 70 %, остальные были травмированы и имелись погибшие. Большая часть членов экипажа травмирована, поэтому доля их участия в проведении эвакуации учитываться не будет. Исходя из метеосводок, погода была пасмурная с переменным дождем.

Результаты исследования

Целью анализируемой модели является положительный прогноз исхода данного происшествия. Положительным исходом является минимальное число погибших и наиболее вероятная возможность сохранения конструкции ВС. Для реализации данной цели необходимо соблюдение следующих условий:

- своевременный приезд АСК к месту АП;
- высокий профессионализм персонала АСК и его готовность к проведению данных АСР;
- укомплектованность персонала АСК;
- обученность экипажа к проведению эвакуации пассажиров с воздушного судна.

В ходе решения данной модели определяются вероятности наступления событий. Выполнение или невыполнение задач модели оценивается на основании исхода АП. На основе имеющихся данных и их вероятностных зависимостей по Байесу построена графическая модель (рис. 2).

Введем обозначения узлов графа: АП — Авиационное происшествие; А — Укомплектованность

АСК; В — Уровень профессиональной подготовки персонала АСК; С — Оперативность АСК, I — погибшие; Т (правда — True) и F (ложь — False). Используя эти обозначения, приведем данные о вероятности для перечисленных выше узлов модели (см. с. 30).

Для того чтобы построить модель для оценки влияния управляемых факторов АСР на вероятность гибели хотя бы одного человека, необходимо задать направленный граф и набор условных вероятностей для каждой вершины графа (тензор условных вероятностей).

Направленный граф может быть задан матрицей смежности [5]. Для графа, приведенного на рис. 2 матрица смежности имеет вид:

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Используя стандартную функцию MATLAB для визуализации графов, можно получить результат, приведенный на рис. 3.

Далее для каждой из вершин необходимо задать таблицу условных вероятностей. Для создания модели риска будем использовать расширение Bayes Net Toolbox для MATLAB, доработанное авторами настоящей статьи, как показано в работе [5].

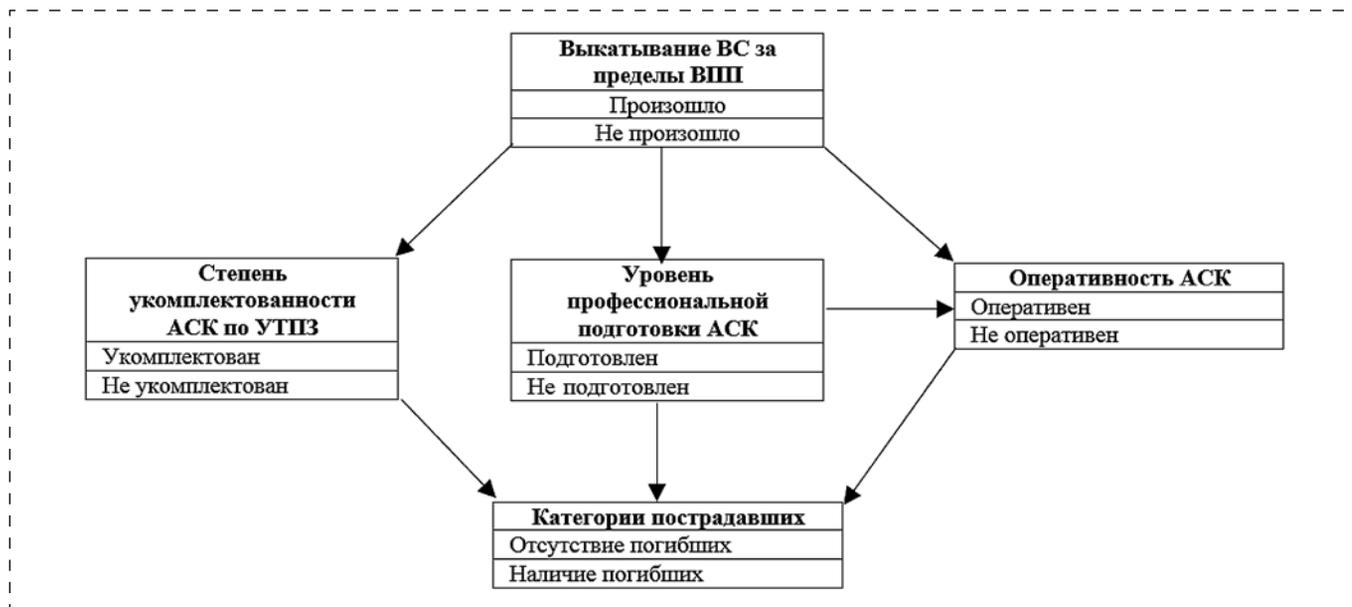


Рис. 2. Граф развития авиационного происшествия



Априорные вероятности для узла АП

АП	
F	1
T	0

Условные вероятности, определенные для узла А с узлом АП

	А	
АП	F	T
F	0,76	0,24
T	1	0

Условные вероятности, определенные для узла В с узлом АП

	В	
АП	F	T
F	0,62	0,38
T	1	0

Условные вероятности, определенные для узла С с узлами АП и В

		С	
АП	В	F	T
F	F	0,95	0,05
F	T	0,35	0,65
T	F	1	0
T	T	0,5	0,5

Условные вероятности, определенные для узла I с узлами А, В и С

			I	
А	В	С	F	T
F	F	T	0,85	0,15
F	T	F	0,78	0,22
F	T	T	0,9	0,1
T	F	T	0,95	0,05
T	T	F	0,85	0,15
T	F	F	0,7	0,3
F	F	F	1	0
T	T	T	0	1
F	F	T	0,85	0,15



Рис. 3. Граф рассматриваемой модели риска

Согласно порядку, определенному в работе [6], таблицы вероятностей, приведенные выше, будут иметь вид:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= [0 \ 1]; \\
 P_2 &= [0 \ 0.24 \ 1 \ 0.76]; \\
 P_3 &= [0 \ 0.38 \ 1 \ 0.62]; \\
 P_4 &= [0.5 \ 0.65 \ 0 \ 0.05 \ 0.5 \ 0.35 \ 1 \ 0.95]; \\
 P_5 &= [1 \ 0.1 \ 0.050 \ 0.15 \ 0.15 \ 0.22 \ 0.3 \ 0 \ 0 \ 0.9 \ 0.95 \ 0.85 \ 0.85 \ 0.78 \ 0.7 \ 1].
 \end{aligned} \quad (2)$$

Используя созданную модель риска, можно получить следующие результаты.

Сравнение АСК по критерию эффективности — вероятность отсутствия погибших:

апостериорную вероятность того, что в результате возникновения катастрофической ситуации рассматриваемого вида АП при заданных характеристиках АСК:

- не будет ни одного погибшего

$$P(I = 1 | AP = 1) = 0,1514;$$

- обратная величина — хотя бы один погибший:

$$P(I = 0 | AP = 1) = 0,8486.$$

Обсуждение полученных результатов и заключение

Используя базовый сценарий возникновения АП, задавая характеристики конкретных АСК (полученных по результатам тренировок, комплексных учений и аудитов), можно сравнивать их по критерию эффективности, используя в качестве данного критерия вероятность отсутствия погибших.

Например, для графа (1), задав набор условных вероятностей для каждой вершины графа (тензор условных вероятностей) в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= [0 \ 1]; \\
 P_2 &= [0 \ 0.01 \ 1 \ 0.99]; \\
 P_3 &= [0 \ 0.01 \ 1 \ 0.99]; \\
 P_4 &= [0.5 \ 0.65 \ 0 \ 0.05 \ 0.5 \ 0.35 \ 1 \ 0.95]; \\
 P_5 &= [1 \ 0.1 \ 0.050 \ 0.15 \ 0.15 \ 0.22 \ 0.3 \ 0 \ 0 \ 0.9 \\
 &\quad 0.95 \ 0.85 \ 0.85 \ 0.78 \ 0.7 \ 1],
 \end{aligned} \quad (3)$$

по рассматриваемой модели риска будут получены следующие результаты:

- отсутствие погибших

$$P(I = 1 | AP = 1) = 0,0117;$$

- хотя бы один погибший:

$$P(I = 0 | AP = 1) = 0,9883.$$

Разработанная модель риска может служить для прогнозирования развития произошедшего

авиационного происшествия, связанного с выкатыванием ВС за пределы ВПП.

Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования планирования мероприятий на случай аварийной обстановки в аэропорту.

Список литературы

1. ICAO Safety Report. 2016 Edition. — Montréal, Canada: International Civil Aviation Organization, 2016. — 24 p.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска. — М.: Стандартинформ, 2012. — 74 с.
3. Спасание и борьба с пожаром // Руководство по аэропортовым службам: Doc. 9137-AN/898: в 9 ч. Ч. 1. 4-е изд. — Монреаль: ICAO, 2015.
4. Рухлинский В. М., Молотовник А. С. Построение системы управления безопасностью полетов в аэропортах при аварийно-спасательном обеспечении полетов // Сборник тезисов докладов участников Международной научно-технической конференции, посвященной 45-летию Университета. — М.: МГТУ ГА, 2016. — 104 с.
5. Рухлинский В. М., Хаустов А. А., Молотовник А. С. Оценка риска в области безопасности полетов на основе байесовской сети доверия // Научный вестник МГТУ ГА. — 2017. — Т. 20, № 3. — С. 65—75.
6. Murphy K. The bayes net toolbox for MATLAB // Computing science and statistics: Proceedings of the Interface. — 2001. — Vol. 33 (2). — P. 1024—1034.

V. M. Rukhlinskiy, Professor, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Chairman of the Commission for Relations with ICAO Board, International and Interstate Organizations of the Interstate Aviation Committee, Moscow,

A. S. Molotovnik, Head of Department, e-mail: A.Molotovnik@rossiya-airlines.com,

A. A. Khaustov, Chief Specialist of Department, "Rossiya Airlines" JSC, Moscow

Risk Management of Rescue Maintenance of Flights

The task of developing a system for analyzing and managing risks in the field of emergency and rescue support of flights is being solved. To solve this problem, the article uses a prognostic method for identifying hazards and assessing the risks associated with carrying out rescue operations (RO), based on the use of Bayesian networks of trust. The Bayesian network (BS) is a model that reflects probabilistic and cause-effect relationships between variables and makes it possible to describe a complete joint probability distribution. This method provides a probabilistic approach to modeling the development of the worst-case scenario of an accident or incident in order to determine the number of forces and facilities necessary to effectively conduct RO. To determine the criterion for assessing the risks associated with rolling out the AF for the runway, a model for the development of an aircraft accident "Rollout of aircraft beyond the runway" has been developed. To create a risk model, the Bayes Net Toolbox extension for MATLAB was used. The results obtained can be used to improve the planning of events in the event of an emergency at the airport.

Keywords: risk assessment, mathematical model, Bayesian network, rescue operations

References

1. ICAO Safety Report. 2016 Edition. Montréal, Canada: International Civil Aviation Organization, 2016. 24 p.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска. Moscow: Стандартинформ, 2012. 74 p.
3. Спасание и борьба с пожаром. Руководство по аэропортовым службам: Doc. 9137-AN/898: в 9 ч. Ч. 1. 4-е изд. Монреаль: ICAO, 2015.
4. Рухлинский В. М., Молотовник А. С. Построение системы управления безопасностью полетов в аэропортах при аварийно-

- спасательном обеспечении полетов. Сборник тезисов докладов участников Международной научно — технической конференции, посвященной 45-летию Университета. Moscow: Moscow State Technical University of Civil Aviation, 2016. 104 p.
5. Рухлинский В. М., Хаустов А. А., Молотовник А. С. Оценка риска в области безопасности полетов на основе байесовской сети доверия. Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2017. Vol. 20, No. 3. P. 65—75.
6. Murphy K. The bayes net toolbox for MATLAB. Computing science and statistics: Proceedings of the Interface. 2001. Vol. 33 (2). P. 1024—1034.



УДК 656.7.08; 629.7.072

В. В. Харитонов, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотр., e-mail: haritonovvladimir@yandex.ru,
Р. Р. Кленков, вед. врач-испытатель, **В. В. Пенчученко**, начальник отделения,
Государственный летно-испытательный центр имени В. П. Чкалова, Ахтубинск,
Астраханская область, **В. Ю. Абашев**, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотр.,
П. М. Шешегов, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., **В. Н. Зинкин**, д-р мед. наук,
проф., ст. науч. сотр., Центральный научно-исследовательский институт
Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации,
Щелково, Московская область

Авиационный шум и риск снижения надежности действий летного состава

По результатам исследования акустической обстановки на рабочих местах летного состава гражданской авиации и Военно-воздушных сил с помощью теории потенциальной ненадежности действий оператора эргатической системы определены риски снижения работоспособности летного состава при действии авиационного шума.

Ключевые слова: авиационный шум, летный состав, условия труда, работоспособность, риск, потенциальная ненадежность действий, функциональная надежность, акустическая обстановка, акустическая безопасность, безопасность жизнедеятельности, авиационная акустика

Анализ опыта эксплуатации воздушных судов (ВС) государственной и гражданской авиации (ГА) показывает, что большинство авиационных происшествий, инцидентов и предпосылок к ним по-прежнему связаны с "человеческим фактором" — ошибочными действиями, допущенными вследствие низкой функциональной надежности профессиональной деятельности оператора [1].

Под *функциональной надежностью профессиональной деятельности оператора* понимается свойство функциональных систем оператора обеспечивать его динамическую устойчивость в выполнении профессиональной задачи в течение определенного времени с заданным качеством [2, 3]. Низкая функциональная надежность человека в нормальных и экстремальных условиях обусловлена неадекватным учетом характеристик человека при проектировании систем управления ВС, систем обеспечения жизнедеятельности и защитного снаряжения их экипажей [4].

Обеспечение надежности и работоспособности летного состава (ЛС) в условиях воздействия факторов полета (пилотажные перегрузки, колебания барометрического давления, измененная газовая среда, сложная электромагнитная обстановка, механические колебания и др.) являются актуальной задачей, влияющей на безопасность полетов [5].

Используемые в настоящее время алгоритмы оценивания воздействия факторов полета на надежность действий и состояние ЛС на этапах проектирования и эксплуатации авиационных

технических систем синтезированы в конце прошлого века для предыдущего поколения воздушных судов [6]. В настоящее время эти алгоритмы требуют коррекции или в ряде случаев не применимы для интенсивных и временных характеристик факторов полета, возникающих в процессе эксплуатации ВС нового поколения. Кроме того, за это время произошел прорыв в области информационно-коммуникационных технологий, обеспечивший возможность использования при синтезе алгоритмов прогностического оценивания функциональной надежности ЛС новых математических методов, средств регистрации показателей состояния летчика, вычислительных комплексов [7].

Технический прогресс в двигателестроении, обусловивший существенное повышение энерговооруженности, привел к повышению мощности акустического воздействия [8—11]. В то же время данные по акустической обстановке в кабинах и салонах ВС не систематизированы. Поэтому необходимы теоретико-экспериментальные исследования, результаты которых важны не только для авиации, но и для любых образцов технических средств, являющихся источником высокоинтенсивных акустических колебаний (шум, инфразвук).

Влияние шума на надежность оператора авиационной эргатической системы

В системах управления сложными динамическими объектами человек является одновременно самым сильным и самым слабым звеном.

Способность человека оперативно решать задачи, не поддающиеся автоматизации, делают его самым сильным звеном, но присущие человеку эмоциональность, утомляемость, ограничения по восприятию и переработке информации делают его самым слабым звеном системы управления динамическим объектом. Установлено, в частности, что ошибочные и несвоевременные действия персонала при управлении сложными техническими объектами вызывают до 40 % неблагоприятных исходов при испытаниях ракет, более 60 % тяжелых происшествий на транспорте, до 80 % аварий и катастроф в авиации [1–3].

Эффективность профессиональной деятельности оператора по качеству его функционирования в производственном процессе, точности и своевременности действий, по достижению поставленных задач, т. е. по конечному результату деятельности, характеризуется профессиональной надежностью [2, 3, 13]. В работах [2, 13] разработана концепция потенциальной ненадежности действий (ПНД) как вероятностной меры степени влияния на оператора физико-химических факторов.

Интенсивность и время действия вредных факторов в большинстве современных динамических систем достигают значений, при которых возникает эффект рассогласования между физическими, психофизиологическими возможностями оператора и потребными для выполнения работы определенным уровнем сложности и напряженности имеющимися средствами деятельности. Проявление этого эффекта оказывает негативное влияние на эффективность функционирования оператора в системе "оператор — динамический объект — внешняя среда" и создает потенциальную возможность срыва предписанных ему действий [1–3].

Одной из наиболее распространенных причин снижения профессиональной надежности оператора является превышение на рабочем месте допустимых уровней механических факторов (шума, инфразвука, вибрации) [8, 14–17]. Состояние условий труда является основной причиной, оказывающей наиболее существенное влияние на состояние профессионального здоровья работников и на уровень профессиональных заболеваний (ПЗ). Исследование в этом направлении приобретает актуальность в связи с тем, что шум и вибрация занимают ведущее место среди всех производственных вредных факторов. Удельный вес рабочих мест, не соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям по шуму на промышленных предприятиях и транспорте, составляет 19,9 %. В структуре профессиональной патологии на первом месте стоят профессиональные заболевания вследствие действия

физических производственных факторов (шум, вибрация и др.) — 49 %. Среди ПЗ этой группы превалирует нейросенсорная тугоухость (НСТ) — 56,3 % [18, 19].

Высокая акустическая нагрузка на летный состав в процессе профессиональной деятельности должна рассматриваться как риск надежности оператора авиационной эргатической системы и развития профессиональной патологии [20–22]. В таблице приведены значения показателя ПНД летного состава в зависимости от уровня шума на рабочем месте. Из таблицы следует, что рассчитанное по методике [2, 13] значение показателя ПНД членов экипажа ВС гражданской авиации находилась в диапазоне от 0,09 до 0,24 отн. ед. Наиболее высоких значений (0,24 отн. ед.) этот показатель достигал у ЛС вертолетов и ВС с поршневыми двигателями в связи с тем, что у этих типов ВС высокие уровни звука в кабинах.

У летного состава военно-воздушных сил (ВВС) значение показателя ПНД составило 0,14...0,93 отн. ед., и он был существенно выше, чем у летного состава гражданской авиации. Максимальных значений (0,93 отн. ед.) этот показатель достиг на рабочих местах вертолета МИ-35М за счет высокого уровня звука в кабине (129 дБА). В других типах вертолетов армейской авиации показатель ПНД не превышал значения 0,24 отн. ед.

Таким образом, расчеты показали, что для прогнозирования влияния шума на профессиональную

Значения показателя ПНД летного состава в зависимости от уровня шума на рабочих местах ВС

Наименование ВС	Уровни звука, дБА	ПНД, отн. ед.
ВС гражданской авиации		
ВС с турбореактивными двигателями	77...93	0,09...0,17
ВС с турбовинтовыми двигателями	84...98	0,11...0,20
ВС с поршневыми двигателями	84...104	0,11...0,24
Вертолеты	84...103	0,11...0,24
ВС Военно-воздушных сил		
Истребительная авиация	103...107	0,24...0,26
Фронтовая бомбардировочная авиация	99...100	0,20...0,21
Военно-транспортная авиация	89...104	0,14...0,24
Дальняя авиация	97...103	0,19...0,24
Армейская авиация	89...129	0,14...0,93



надежность ЛС можно использовать данный подход. В диапазоне от 80 до 110 дБА зависимость значения показателя ПНД с уровнем звука имеет полого восходящий вид. Указанный диапазон уровня звука в большинстве случаев соответствует акустической обстановке на рабочих местах летного состава ВС ГА и ВВС. При более высоких уровнях звука связь приобретает экспоненциальный вид, поэтому при уровне звука в кабине вертолета МИ-35М 129 дБА значение показателя ПНД резко увеличивается до 0,93 отн. ед.

Неблагоприятное влияние шума на функциональную надежность человека хорошо изучено, актуальность и практическая значимость подобных исследований очевидна как для получения объективной оценки возможности снижения функциональной надежности ЛС, обусловленной шумовым фактором, так и для обоснования требуемых шумозащитных характеристик защитного снаряжения ЛС.

Эксплуатация речевого канала управления авиационной эргатической системой в условиях интенсивного шума

Одним из актуальных направлений совершенствования технологий управления человеко-машинными системами является создание систем, позволяющих осуществлять управление и контроль над бортовым оборудованием ВС с помощью естественного языка — речевых команд [22]. Для разработки таких систем важно получить объективные характеристики акустической обстановки на рабочих местах ЛС непосредственно в полете. Имеющиеся к настоящему времени оценки характеристик акустической обстановки на рабочих местах ЛС получены, как правило, косвенными методами (экстраполяцией данных, измеренных в салонах ВС и на авиационных тренажерах) [23]. Регистрация параметров акустической обстановки непосредственно в полете затруднена как "некомпактностью" шумоизмерительного оборудования на рабочих местах ЛС, так и тем, что характеристики шумоизмерительного оборудования не удовлетворяли требованиям к измерительному оборудованию, разрешенному к применению непосредственно в полете по соображениям безопасности полетов [11].

Шум, недостаточно сильный, чтобы вызывать ухудшение слуха, может нарушить речевой контакт и препятствовать восприятию других полезных звуковых сигналов. Такого рода внешнее шумовое воздействие отрицательно сказывается на эффективности операторской деятельности, особенно у тех категорий, где важное место отводится речевой связи и функционального состояния

органа слуха. Поэтому повышается вероятность количества ошибочных действий и несчастных случаев. Это в полной мере относится к ЛС.

В качестве основного показателя помехового действия шума рекомендовано использовать уровень помехи речи. Степень разборчивости речи является одним из важнейших показателей помехового действия шума и учитывается при нормировании. При уровне помехи речи более 75 дБА разговорная речь может осуществляться на расстоянии 0,3 м очень громким голосом и с ограниченным запасом слов, а телефонная связь в таких условиях практически невозможна [8, 24].

Для качественного и эффективного выполнения полетного задания и безопасности полетов важное значение имеет радиосвязь. Возможности летчиков ограничены по приему и переработке речевой информации, что обусловлено характером распределения внимания. В результате восприятие информации ухудшается. Повышение сенсорной нагрузки по слуховому каналу у летчика обусловлено наличием в кабине речевых информаторов и речевых информационных сообщений, т. е. одновременно он должен воспринимать несколько речевых сообщений.

Установлено, что эффективность использования речевых информаторов в значительной степени зависит от правильности организации подачи речевого сообщения в потоке штатных речевых сигналов. Приоритетность приема оператором предупреждающих (аварийных) команд на фоне других сообщений достигается повышением их интенсивности, перемещением частотного спектра речевого сигнала в область более высоких частот, тренировкой и т. п., что повышает надежность приема речевого сигнала. Вместе с тем возможность ЛС воспринимать речевую информацию при наличии шума интенсивностью свыше 90 дБА существенно ограничена.

Необходимо учитывать и ряд факторов, способствующих еще большему ухудшению восприятия речевого сигнала. Во-первых, это развитие у ЛС (по мере увечисления возраста и стажа работы) ухудшения слуха за счет повышения постоянного смещения порогов слышимости, т. е. развития нейросенсорной тугоухости, что еще больше затрудняет восприятие речевой информации. Во-вторых, само непосредственное воздействие шума на центральную нервную систему (ЦНС) приводит к снижению функциональных и адаптационных возможностей организма в результате развития утомления.

Отрицательное влияние на восприятие звукового сигнала человеком может быть связано с феноменом маскировки звука. Маскировка звука — это физиологическое явление, состоящее

в повышении порога слышимости данного звука под влиянием других звуков, одновременно с ним действующих. Максимум эффекта получается, когда маскирующая и маскируемая частоты близки. Чем выше уровень маскирующего шума и чем больше энергии он содержит на речевых частотах (500...2000 Гц), тем больше будет доля (в процентах) звуков речи, которые не могут быть услышаны. Этот феномен имеет место при выполнении полетного задания на всех этапах, так как в спектре шума внутри ВС всегда присутствует его максимум на частотах 500...2000 Гц [8, 25, 26].

Эффект маскировки звука присущ и инфразвуку. Влияние низких частот на речевую связь — это процесс, в котором один из двух одновременно звучащих звуков делает неразличимым другой звук. Установлено, что маскирующим эффектом обладают звуки низких частот при уровне звукового давления (УЗД) свыше 100...115 дБ. При этом маскирующий эффект распространялся на полосу частот до 4000 Гц. К тому же появление вибрации мягкого неба, задней стенки глотки, грудной клетки при действии низких частот свыше уровня 115 дБ приводило к серьезным трудностям при речевой связи [13, 25, 27].

Таким образом, механизмы мешающего действия шума в отношении речевой связи проявляются тремя основными способами. Речевой сигнал может маскироваться или "тонуть" в шуме, повышение порогов слышимости под влиянием шума может ухудшить индивидуальную способность понимать сообщение.

Представленные выше данные показывают, что на рабочих местах ЛС шум соответствует интенсивному (свыше 80 дБА) и высокоинтенсивному (свыше 100 дБА) уровням. Следовательно, такой шум обладает эффектами, способными ухудшать речевую связь и восприятие звукового сигнала, что может стать причиной, во-первых, несчастных случаев на производстве из-за неспособности работников услышать сигналы или крики, предупреждающие об опасности; во-вторых, ухудшения быстрого и точного приема речевых сигналов; в-третьих, возникновения раздражения из-за пропуска нужной информации, а значит вероятности ошибочных действий.

Влияние психологических эффектов при воздействии шума на управление авиационной эргатической системой

Из всей совокупности не биологических раздражителей, действие которых испытывает на себе человек в его повседневном окружении, шум относится к самым распространенным, способным вызывать нервно-психические

расстройства [12, 28, 29]. Результаты анонимного анкетирования показали, что наиболее значительным неблагоприятным производственным и социальным фактором является шум. Длительное действие его способно вызывать у человека целый комплекс неприятных субъективных ощущений в виде жалоб на головную боль, головокружение, ухудшение слуха, ощущение дискомфорта, снижение внимания, утомление, нарушение сна и др. Такое разнообразие жалоб указывает на изменение функционального состояния ЦНС [28, 29].

К отрицательным эмоциональным реакциям на шум можно отнести такие реакции, как раздражение, неприятное чувство, испуг, страх, гнев. Эмоциональное раздражение на шум трудно прогнозировать, так как характер и степень реакций человека зависит как от параметров шума, так от сопутствующих факторов: настроение, общее самочувствие, ситуационная обстановка и др. Среди них важное место занимают особенности субъективного восприятия и психологические качества личности.

Изменения функционального состояния организма и работоспособности при действии шума определяются силой нервной системы. Лица с высокой подвижностью нервных процессов более устойчивы к шуму, а у лиц с низким уровнем отмечаются негативные изменения показателей ЦНС. В основе устойчивости к шуму лежит не столько выносливость нервной системы и высокая подвижность, сколько сбалансированность индивидуально-типологических особенностей и уровень гармоничности личностных черт [30, 31].

Раздражение от шума можно определить как неприятное чувство (ощущение дискомфорта). Способность шума вызывать раздражение зависит от интенсивности, спектра и их изменений во времени. Отмечаются значительные различия в индивидуальных реакциях на один и тот же шум. Принято считать, что воздействие шума уровнем более 55 дБА у большинства людей будет вызывать значительное психологическое раздражение, которое повышается при увеличении его интенсивности. Резко усиливается раздражение от шума, когда он препятствует полезной деятельности и мешает отдыху. Неожиданное действие высокоинтенсивного шума может сопровождаться испугом [43].

Наличие низких частот и инфразвука в спектре авиационного шума может усугублять неблагоприятное действие шума на психику человека в связи с тем, что их биологическое действие имеет сходство. У человека при действии инфразвука наблюдаются разнообразные жалобы (слабость, чувство страха, вибрация внутренних органов,



шум в ушах, модуляция звуков и речи, утомление, тошнота и др.) [13, 27, 32].

Таким образом, авиационный шум оказывает достаточно разнообразное негативное влияние на психику человека, что может приводить к снижению операторских качеств ЛС. При выполнении большинства простых заданий ущерба от шума практически не бывает, а если появляются признаки изменения поведения, то они незначительные и носят преходящий характер. Обусловленные шумом нарушения проявляются при сложных заданиях, связанных с координацией рук, оценкой времени, одновременным выполнением нескольких задач, и при экстремальных условиях, особенно при дефиците времени на принятие решения. В большинстве случаев нарушение выражается не столько в снижении скорости выполнения задания, сколько в увеличении количества ошибок.

Заключение

Авиационный шум вызывает физиологические и патологические изменения в центральной нервной и вегетативной нервной системах, слуховом и вестибулярном анализаторах. Это создает повышенный риск развития у ЛС профессиональной патологии, которая может приводить к снижению общей и профессиональной работоспособности вплоть до дисквалификации. Шум, способствуя снижению работоспособности и надежности действия, должен рассматриваться как источник потенциальной опасности ошибочных действий.

Результаты исследования показывают необходимость разработки и реализации специальных средств и методов обеспечения акустической безопасности профессиональной деятельности ЛС как неотъемлемой части системы обеспечения безопасной эксплуатации воздушного транспорта.

Список литературы

1. **Бодров В. А., Орлов В. Я.** Психология и надежность: человек в системах управления техникой. — М.: ИП РАН, 1998. — 288 с.
2. **Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А.** Физиология труда и надежность деятельности человека. — М.: Наука, 2008. — 318 с.
3. **Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А.** Паттерны функциональных состояний оператора. — М.: Наука, 2010. — 390 с.
4. **Методика** оценивания потенциальной ненадежности действий летчика / Д. А. Никифоров, А. А. Ворона, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2015. — № 7 (175). — С. 7–16.
5. **Серегин С. Ф., Харитонов В. В.** Актуальные вопросы совершенствования системы безопасности полетов // *Проблемы безопасности полетов*. — 2016. — № 10. — С. 30–48.
6. **Энциклопедический справочник** по авиационной эргономике и экологии. — М.: Изд-во ИП РАН, 1997. — 508 с.
7. **Богомолов А. В., Драган С. П.** Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // *Автоматизация. Современные технологии*. — 2015. — № 4. — С. 25–30.
8. **Шум** как фактор риска снижения работоспособности и профессиональной надежности авиационных специалистов / В. Н. Зинкин, С. К. Солдатов, П. М. Шешегов, В. В. Харитонов, Ю. А. Чуманов // *Проблемы безопасности полетов*. — 2014. — № 8. — С. 3–28.
9. **Зинкин В. Н.** Пути совершенствования оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты // *Проблемы безопасности полетов*. — 2016. — № 11. — С. 27–34.
10. **Методическое обеспечение** и результаты исследования акустической обстановки на рабочих местах специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С. А. Шербаков, Ю. А. Кукушкин, С. К. Солдатов и др. // *Биомедицинская радиоэлектроника*. — 2007. — № 12. — С. 21–27.
11. **Системный анализ** акустической безопасности профессиональной деятельности авиационных специалистов / В. В. Пенчученко, В. В. Харитонов, П. М. Шешегов, В. Н. Зинкин, В. Ю. Абашев // *Вопросы безопасности*. — 2016. — № 12. — С. 1–8.
12. **Человек** и авиационный шум / С. К. Солдатов, В. Н. Зинкин, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2013. — № 9. — Приложение. — С. 1–24.
13. **Потенциальная ненадежность** действий оператора как характеристика степени влияния физико-химических факторов условий деятельности / И. Б. Ушаков, Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов, В. Н. Карпов // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2001. — № 1. — С. 24–29.
14. **Методическое обеспечение** оценивания и прогнозирования работоспособности операторов, подвергающихся воздействию высокоинтенсивного авиационного шума / С. К. Солдатов, Ю. А. Кукушкин, В. Н. Зинкин и др. // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2006. — № 4. — С. 11–20.
15. **Методика** оценивания умственной работоспособности и надежности профессиональной деятельности специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С. В. Кирий, Ю. А. Кукушкин, С. К. Солдатов и др. // *Биомедицинская радиоэлектроника*. — 2008. — № 1–2. С. 50–56.
16. **Харитонов В. В., Шешегов П. М.** Технология анализа потенциальной ненадежности действий специалистов, обслуживающих летательные аппараты ВВС // *Системный анализ в медицине: Материалы VI международной конференции*. — 2012. — С. 117–120.
17. **Анализ** эффективности средств защиты от шума во взаимосвязи с профессиональной надежностью специалистов "шумовых" профессий / В. Н. Зинкин, Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов и др. // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. — 2011. — № 3. — С. 70–76.
18. **Антропоэкологические аспекты** безопасной эксплуатации аэродромов, аэропортов и авиационных предприятий / А. В. Богомолов, В. Н. Зинкин, С. П. Драган, С. К. Солдатов // *Национальная безопасность*. — 2016. — № 1. — С. 56–62.

19. **О состоянии** санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2016. — 200 с.
20. **Шешегов П. М.** Профессиональные риски у авиационных специалистов Военно-воздушных сил // Проблема безопасности полетов. — 2016. — № 2. — С. 3—25.
21. **Профессионально обусловленная заболеваемость** авиационных специалистов / С. К. Солдатов, И. В. Бухтияров, В. Н. Зинкин и др. // Медицина труда и промышленная экология. — 2010. — № 9. — С. 35—40.
22. **Корсун О. Н., Лаврова Г. А.** Современные методы реализации технологии 3d-аудио и оценка ее возможностей для улучшения звукового интерфейса кабины летательного аппарата // Наука и образование: Научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2014. — № 2. — С. 173—188.
23. **Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А.** Автоматизация персонализированного мониторинга условий труда // Автоматизация. Современные технологии. — 2015. — № 3. — С. 6—8.
24. **Тарасенко Г. И., Щербаченко Г. Е., Петленко И. А.** О возможности восприятия и переработки сложной речевой информации // Военно-медицинский журнал. — 1987. — № 10. — С. 48—49.
25. **Организация** контроля и мониторинга инфразвука на различных видах транспорта / И. М. Жданько, В. Н. Зинкин, А. В. Богомолов, П. М. Шешегов // Проблемы безопасности полетов. — 2015. — № 7. — С. 43—59.
26. **Особенности** условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации / В. И. Свиловый, В. Н. Зинкин, С. К. Солдатов и др. // Профилактическая и клиническая медицина. — 2006. — № 2. — С. 46—48.
27. **Медицинские аспекты** гигиенического нормирования инфразвука / И. М. Ахметзянов, В. Н. Зинкин, М. М. Орихан, В. В. Харитонов и др. // Здоровье населения и среда обитания. — 2014. — № 7 (256). — С. 25—27.
28. **Jouhaneau J.** Les effets du bruit sur l'homme // Equip ind. achats entretien. — 1986. Vol. 35. — No. 384. — P. 59—78.
29. **Авиационная медицина** (руководство) / Под. ред. Н. М. Рудного, П. В. Васильева, С. Г. Гозулова. — М.: Медицина, 1986. — 512 с.
30. **Влияние** индивидуальных психологических операторов на изменение функционального состояния при действии авиационного шума / А. А. Благинин, М. В. Калтыгин, С. Н. Синельников, В. Б. Дергачев // Вестник Российской военно-медицинской академии. — 2011. — № 4 (36). — С. 97—100.
31. **Синельников С. Н.** Функциональное состояние и работоспособность операторов при действии авиационного шума в зависимости от индивидуальных психофизиологических особенностей: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — СПб., 2012. — 22 с
32. **Фундаментальные и прикладные аспекты** профилактики неблагоприятного действия авиационного шума / И. М. Жданько, В. Н. Зинкин, С. К. Солдатов и др. // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2014. — Т. 48. — № 4. — С. 5—16.

V. V. Kharitonov, Associate Professor, Senior Researcher, e-mail: haritonovvladimir@yandex.ru,
R. R. Klenkov, Leading Test Physician, **V. V. Penchuchenko**, Head of Department,
 The State Flight Test Center named after V. P. Chkalov, Akhtubinsk, Astrakhan Region;
V. Yu. Abashev, Associate Professor, Senior Researcher,
P. M. Sheshegov, Senior Researcher, **V. N. Zinkin**, Professor, Senior Researcher,
 Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian
 Federation, Shchelkovo, Moscow Region

Aviation Noise and the Risk of Reducing the Reliability of the Flight Crew

Based on the results of the study of the acoustic situation at the workplaces of the flight crew of state and civil aviation, the risks of reducing the efficiency of the flight crew due to the action of aircraft noise were determined using the theory of potential unreliability of the operator of the ergative system.

The purpose of the study was to investigate the effect of noise on the reliability of professional activities of the flight crew of state and civil aviation.

As a result of the research: it is established that the noise at the workstations of the flight crew causes the effect of masking the speech signal, which worsens the voice communication and the perception of the sound signal; the influence of psychological effects under the influence of noise on the management of the aviation ergatic system is shown; it is justified that aviation noise, contributing to a decrease in efficiency and reliability of operations, should be considered as a source of potential danger of flight crew mistakes, requiring the implementation of a set of preventive measures and the use of special means and methods of individual and collective noise protection, an objective performance indicator of which can be an estimate of the potential unreliability of the flight crew.

Keywords: aviation noise, flight composition, working conditions, working capacity, risk, potential unreliability of actions, functional reliability, acoustic environment, acoustic safety, life safety, aviation acoustics



References

1. **Bodrov V. A., Orlov V. Ja.** Psychology and reliability: a man in control systems of technology. Moscow: IP RAN, 1998. 288 p.
2. **Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Kukushkin Ju. A.** Physiology of work and reliability of human activity. Moscow: Nauka, 2008. 318 p.
3. **Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Kukushkin Ju. A.** Patterns of operator functional states. Moscow: Nauka, 2010. 390 p.
4. **Methodology** for assessing the potential unreliability of the pilot's actions. D. A. Nikiforov, A. A. Vorona, A. V. Bogomolov, Ju. A. Kukushkin. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2015. No. 7 (175). P. 7–16.
5. **Serjogin S. F., Haritonov V. V.** Topical issues of improving the safety system of flights. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2016. No. 10. P. 30–48.
6. **Encyclopedic reference book** on aviation ergonomics and ecology. Moscow: Izd-vo IP RAN, 1997. 508 p.
7. **Bogomolov A. V., Dragan S. P.** Automated monitoring and technology to ensure the acoustic safety of personnel. *Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii*. 2015. No. 4. P. 25–30.
8. **Noise** as a Risk Factor for Decreasing the Operational Performance and Professional Reliability of Aviation Professionals. V. N. Zinkin, S. K. Soldatov, P. M. Sheshegov, V. V. Haritonov, Ju. A. Chumanov. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2014. No. 8. P. 3–28.
9. **Zinkin V. N.** Ways to improve the assessment of the acoustic effectiveness of personal protective equipment. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2016. No. 11. P. 27–34.
10. **Methodological support** and results of the study of the acoustic situation at the workplaces of specialists exposed to aircraft noise. S. A. Shherbakov, Ju. A. Kukushkin, S. K. Soldatov i dr. *Biomedicinskaja radioelektronika*. 2007. No. 12. P. 21–27.
11. **System analysis** of acoustic safety of professional activities of aviation specialists. V. V. Penchuchenko, V. V. Haritonov, P. M. Sheshegov, V. N. Zinkin, V. Ju. Abashev. *Voprosy bezopasnosti*. 2016. No. 12. P. 1–8.
12. **Man** and aviation noise. S. K. Soldatov, V. N. Zinkin, A. V. , Ju. A. Kukushkin. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2013. No. 9. Prilozhenie. P. 1–24.
13. **Potential unreliability** of the operator's actions as a characteristic of the degree of influence of physicochemical factors of the conditions of activity. I. B. Ushakov, Ju. A. Kukushkin, A. V. Bogomolov, V. N. Karpov. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2001. No. 1. P. 24–29.
14. **Methodical support** of estimation and forecasting of the operability of operators exposed to high-intensity aircraft noise. S. K. Soldatov, Ju. A. Kukushkin, V. N. Zinkin i dr. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2006. No. 4. P. 11–20.
15. **A method** for assessing mental performance and reliability of professional activity of specialists exposed to aircraft noise. S. V. Kirij, Ju. A. Kukushkin, S. K. Soldatov i dr. *Biomedicinskaja radioelektronika*. 2008. No. 1–2. P. 50–56.
16. **Haritonov V. V., Sheshegov P. M.** Technology analysis of potential unreliability of the actions of specialists serving the Air Force aircraft. *Sistemnyj analiz v medicene: Materialy VI mezhdunarodnoj konferencii*. 2012. P. 117–120.
17. **Analysis** of the effectiveness of noise protection in relation to the professional reliability of specialists in "noise" professions. V. N. Zinkin, Ju. A. Kukushkin, A. V. Bogomolov i dr. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah*. 2011. No. 3. P. 70–76.
18. **Anthropoecological Aspects** of Safe Operation of Aerodromes, Airports and Aviation Enterprises. A. V. Bogomolov, V. N. Zinkin, S. P. Dragan, S. K. Soldatov. *Nacional'naja bezopasnost'*. 2016. No. 1. P. 56–62.
19. **On the state** of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2015: Gosudarstvennyj doklad. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka, 2016. 200 p.
20. **Sheshegov P. M.** Professional risks for aviation specialists of the Air Force. *Problema bezopasnosti poletov*. 2016. No. 2. P. 3–25.
21. **Professionally conditioned morbidity** of aviation specialists. S. K. Soldatov, I. V. Buhtjarov, V. N. Zinkin i dr. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2010. No. 9. P. 35–40.
22. **Korsun O. N., Lavrova G. A.** Modern methods of implementation of 3d-audio technology and evaluation of its capabilities for improving the sound interface of the cabin of the aircraft. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N. Je. Baumana*. 2014. No. 2. P. 173–188.
23. **Bogomolov A. V., Kukushkin Ju. A.** Automation of personalized monitoring of working conditions. *Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii*. 2015. No. 3. P. 6–8.
24. **Tarascenko G. I., Shherbachenko G. E., Petlenko I. A.** On the possibility of perception and processing of complex speech information. *Voенно-medicinskij zhurnal*. 1987. No. 10. P. 48–49.
25. **Organization** of control and monitoring of infrasound on various types of transport. I. M. Zhdan'ko, V. N. Zinkin, A. V. Bogomolov, P. M. Sheshegov. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2015. No. 7. P. 43–59.
26. **Peculiarities** of working conditions and morbidity of the engineering and technical staff of aviation. V. I. Svidovyj, V. N. Zinkin, S. K. Soldatov i dr. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*. 2006. No. 2. P. 46–48.
27. **Medical aspects** of hygienic regulation of infrasound. I. M. Ahmetzjanov, V. N. Zinkin, M. M. Orihan, V. V. Haritonov i dr. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*. 2014. No. 7 (256). P. 25–27.
28. **Jouhaneau J.** Les effets du bruit sur l'homme. *Equip ind. achats entretien*. 1986. Vol. 35. No. 384. P. 59–78.
29. **Aviation Medicine** (manual). Pod. red. N. M. Rudnogo, P. V. Vasil'eva, S. G. Gozulova. Moscow: Medicina, 1986. 512 p.
30. **Influence** of individual psychological operators on the change in the functional state under the action of aircraft noise. A. A. Blagin , M. V. Kaltygin, S. N. Sinel'nikov, V. B. Dergachev. *Vestnik Rossijskoj voенno-medicinskoj akademii*. 2011. No. 4 (36). P. 97–100.
31. **Sinel'nikov S. N.** Functional state and operability of operators under the action of aircraft noise, depending on individual psycho-physiological characteristics: Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Saint-Petersburg, 2012. 22 p.
32. **Fundamental and Applied Aspects** of Prevention of Adverse Effects of Aviation Noise. I. M. Zhdan'ko, V. N. Zinkin, S. K. Soldatov i dr. *Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina*. 2014. Vol. 48. No. 4. P. 5–16.

УДК 356.33; 359.6; 61:351.86; 614.8

А. И. Мотиенко, канд. техн. наук, науч. сотр., e-mail: anna.gunchenko@gmail.com,
А. Л. Ронжин, д-р техн. наук, проф., зам. директора, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН),
А. В. Поляков, канд. мед. наук, доц., руководитель лаборатории, Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, **В. Е. Косачев**, канд. мед. наук, доц., ст. науч. сотр., Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), **Б. И. Крючков**, д-р техн. наук, гл. науч. сотр., **В. М. Усов**, д-р мед. наук, проф., гл. науч. сотр., Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина, Звездный городок, Московская область

Роботы для аварийно-спасательных работ с позиций антропоцентрического подхода

Представлены характеристики перспективных робототехнических систем (РТС), которые могут расширить возможности специалистов аварийно-спасательных служб при возникновении чрезвычайных ситуаций. Такие специализированные РТС, носящие название аварийно-спасательных роботов, в числе прочего должны отвечать антропоцентрическим принципам построения сложных эргатических систем "специалист — РТС — чрезвычайная ситуация" ввиду высокой неопределенности и вариативности условий их применения в экстремальной обстановке, требующей актуализации познавательной способности человека при принятии решений и человеческого мастерства при их реализации.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, экстремальная среда, робототехнические системы, аварийно-спасательные роботы

Введение

Экспериментальные проекты, которые сегодня ведутся в области экстремальной робототехники, имеют прямое отношение к совершенствованию деятельности специалистов аварийно-спасательных служб (АСС) в чрезвычайных ситуациях. Целесообразность применения аварийно-спасательных роботов (АСР) не вызывает сомнения, поскольку они могут расширить возможности АСС при поиске, спасении пострадавших в чрезвычайных ситуациях (ЧС), а также снизить вероятность поражения проводящих эти работы людей. Сегодня далеко не все потребности специалистов-практиков полностью удовлетворены, что вызвано высокой неопределенностью и вариативностью экстремальной среды при ЧС. Тем самым акцент в перспективных проектах должен быть сделан не только на улучшение функционала АСР в отношении мобильности, энерговооруженности, состава доступных манипуляций и др., но также

на повышение ситуационной осведомленности персонала АСС при ЧС, лучшую организацию взаимодействия "человек — робот" в эргатической системе "спасатель — АСР — экстремальная среда".

Концептуальные подходы к определению функционала АСР и принципам построения человеко-машинного взаимодействия

Сегодня в технологически развитых странах мира активно разрабатывается ряд научно-технических проектов в русле перспективных программ создания робототехнических систем (РТС) в различных прикладных областях, включая многие направления здравоохранения, имеющих свою специфику. Применительно к экстремальной робототехнике от РТС требуется высокая мобильность, быстрая реконфигурация оборудования для адаптации к условиям экстремальной среды и создание благоприятных условий для работников аварийно-спасательных служб [1—3].



Некоторые полезные прототипы для задания функционала АСР в отношении мобильности, ведения ориентировки в пространстве, навигации для расширения сферы применения можно найти в работах [4, 5].

Выполнение основных требований, которые можно предъявлять к АСР с позиций "интеллектуализации" управления, когда преследуется цель повысить их автономность и адаптивность к сложной обстановке [6—10], требует решения бортовыми средствами следующих основных задач:

— дистанционного определения геометрических и опорных характеристик зоны маневрирования;

— определения текущих координат и ориентации АСР;

— формирования моделей внешней среды с учетом оперативной (показания бортовых датчиков и сенсоров) и априорной (картографические данные) информации о районе маневрирования;

— планирования целенаправленных траекторий движения на оперативном и тактическом уровнях;

— обработки планируемых траекторий движения.

Предполагается, что применительно к АСР дальнейшие усилия будут концентрироваться в направлении создания дистанционно управляемых роботов, ориентированных в начальной фазе спасения пострадавших при ликвидации последствий ЧС на следующие виды работ:

— общую разведку/оценку обстановки на месте ЧС, расчистку завалов, прокладку проходов и трасс для других роботов и людей-спасателей;

— проникновение в труднодоступные помещения, открытие закрытых на замки дверей, карабка по пожарным лестницам, оказание первой помощи и транспортировку в безопасное место.

При этом можно с уверенностью говорить о том, что фактор улучшения взаимодействия людей и роботов при проведении операций спасения и эвакуации в дальнейшем будет играть все более значимую роль. Даже если ориентироваться на перспективу появления роботов, способных к выполнению сложных операций без прямого участия человека в месте дислокации робота [11], то необходимо предусматривать возможность экстренного вмешательства человека-оператора (ЧО) в их функционирование в контексте текущих приоритетов и наличных ресурсов.

Учитывая данные упомянутых выше источников [6—11], можно полагать, что необходимо отбирать потенциально полезные решения по перечисленным ниже вопросам.

1. Снижение массогабаритных характеристик и обеспечение достаточной (для переноса человека

со средними антропометрическими показателями) грузоподъемности, устойчивости к опрокидыванию при переноске грузов, сопоставимых по массе с массой робота.

2. Передвижение АСР по пересеченной местности и различным по плотности почвам, возможности маневра и преодоления естественных и искусственных препятствий.

3. Захват и удержание предметов различной формы и жесткости.

4. Захват тела человека и безопасная погрузка пострадавшего на платформу в составе РТС и/или перенос тела человека "на руках" робота.

5. Позиционирование и навигация в экстремальных условиях малоизученной среды, использование заранее составленных и оперативно обновляемых электронных карт и позиционирование на основе получаемых команд от человека-оператора в дистанционном режиме.

6. Трекинг подвижных объектов, определение расстояний, распознавание ориентиров и характерных объектов с помощью компьютерного зрения АСР, в том числе в процессе его движения к цели.

7. Человеко-машинное взаимодействие с применением многомодальных интерфейсов для дистанционного управления роботом, включая бесконтактные виды управления.

8. Построение расширенной и улучшенной визуальной обратной связи для человека-оператора с применением технологий виртуальной реальности.

Ввиду специфики задач охраны здоровья и исключительной сложности проблемы сохранения жизни пострадавшего человека, в перспективе необходимо дополнительно предусмотреть:

- унифицированное комплектование АСР устройствами и системами медицинского назначения, расширяющими возможности дистанционного мониторинга ситуации, экспресс-диагностики тяжести поражения и/или травмы для снижения риска дополнительного травмирования пострадавшего;
- оснащение человека-оператора устройствами управления на основе методов захвата движения для выполнения тонких манипуляций в копирующем режиме (на основе разных видов обратной связи);
- внедрение способов формирования несложных манипуляций по методу "обучение робота показом движения".

При этом актуально изучение перспектив создания систем, позволяющих проводить дистанционную диагностику, и систем поддержки принятия решений в ЧС [12, 13].

Главная методическая посылка, принятая в данном исследовании, состоит в следующем:

в русле антропоцентрического подхода в инженерной психологии и эргономике принципиальная схема разделения функций в эргатической системе "человек — машина — рабочая среда" раскрывается исходя из приоритетов человека при принятии решений в сложной слабо структурированной среде в отношении способов достижения поставленных целей, и таким образом машина рассматривается как средство, включенное в профессиональную деятельность человека [14]. В данном контексте термин "антропоцентрический" трактуется как "подчиненный интересам человека".

Современное состояние и перспективы развития технологий, ориентированных на применение роботов-спасателей

Принципы отбора решений в области автономных мобильных роботов, как прототипов роботов-спасателей. В основу определения функционала АСР может быть положена классификация аварийно-спасательных и других неотложных работ, характеризующихся наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью проводящих эти работы людей, и требующих от них специальной подготовки, экипировки и оснащения (см. таблицу).

При дальнейшей разработке требований к совершенствованию и расширению робототехнической поддержки эвакуации пострадавших из зоны ЧС важно предусмотреть оснащение АСР в таком объеме, чтобы обеспечить сохранность витальных функций организма пострадавшего человека до момента завершения транспортировки. Для решения подобных перспективных задач как прототипы могут рассматриваться роботизированные транспортные платформы с системами поддержания жизненно важных функций на этапах медицинской эвакуации.

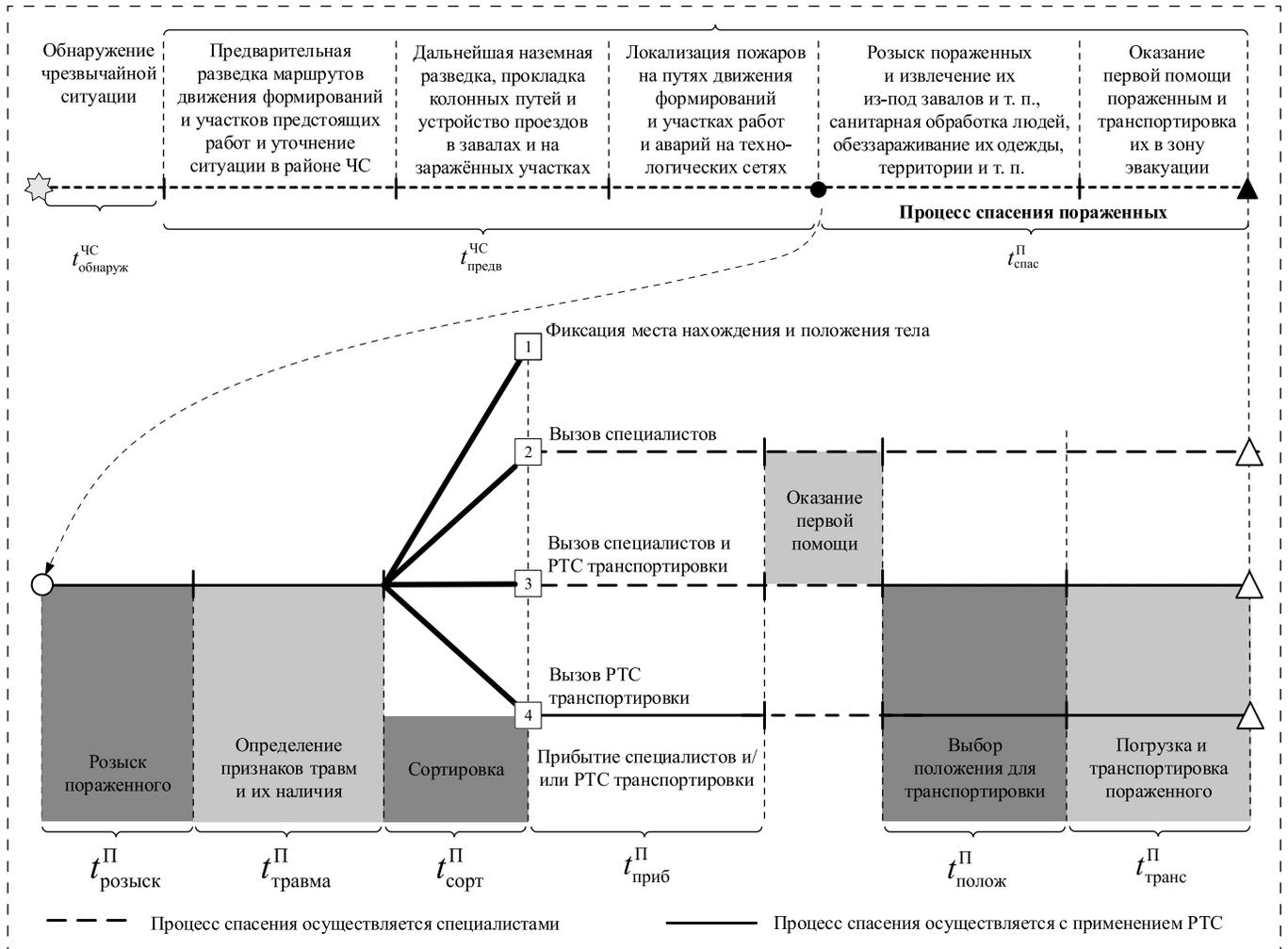
Опыт применения АСР в натуральных условиях. Представляет интерес рассмотрение основных этапов предварительного плана мероприятий при проведении АСР. На рисунке представлены общая схема и состав основных мероприятий при проведении аварийно-спасательных работ. Практически по каждой из представленных на рисунке позиций необходимо предусматривать разработку моделей поддержки принятия решений персоналом, ответственным за организацию работ.

Согласно приведенной схеме, роль различных типов АСР при возникновении ЧС может быть описана следующим образом:

- На начальном этапе на основе разведки маршрутов движения формирований и уточнения ситуации в районе ЧС может быть выполнена предварительная оценка согласно классификации, приведенной в таблице.
- Следующие этапы могут выполняться с использованием транспортных беспилотных средств на гусеничных платформах, которые отличаются высокой проходимостью и наличием инструмента и приборов для проведения анализов почвы, воды и воздуха на предмет выявления радиационного и химического загрязнения и задымления воздуха на местности, после чего будет продолжаться наземная разведка и прокладка колонных путей, устройство проездов (проходов) в завалах и на зараженных участках.
- В зоне ЧС также целесообразно предусматривать применение АСР, обладающих способностью пролезать через завалы и люки, карабкаться по пожарным лестницам, открывать замки и двери, закрывать предохранительные клапаны и заслонки, проводить ремонт и восстановление поврежденных защитных сооружений, а также обеззараживание очагов

Классификация видов аварийно-спасательных работ и других неотложных работ

Аварийно-спасательные работы	Другие неотложные работы, в том числе в очагах поражения
Разведка маршрутов движения формирований и участков предстоящих работ Локализация и тушение пожаров на путях движения формирований и участках работ Розыск пострадавших и извлечение их из завалов, поврежденных и горящих зданий, загазованных, задымленных и затопленных помещений Подача воздуха в заваленные защитные сооружения с поврежденной вентиляцией Вскрытие разрушенных, поврежденных и заваленных защитных сооружений, спасение находящихся там людей Оказание первой помощи пострадавшим в зоне ЧС, на пункте сбора пострадавших и при подготовке их к медицинской эвакуации Вывоз (вывод) населения из опасных мест в безопасные районы Санитарная обработка людей, обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, воды и продовольствия	Прокладка колонных путей и устройство проездов (проходов) в завалах и на зараженных участках Локализация аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях Укрепление или обрушение угрожающих обвалом конструкций зданий на путях движения к участкам проведения работ При ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения, образовавшихся в результате военных действий, дополнительно проводится: <ul style="list-style-type: none"> • обнаружение, обезвреживание и уничтожение невзорвавшихся боеприпасов в обычном снаряжении; • ремонт и восстановление поврежденных защитных сооружений; • обеззараживание очагов поражения; • сбор материальных ценностей; • обеспечение питанием нуждающегося в нем населения; • утилизация зараженного продовольствия для предотвращения возникновения эпидемии



Основные мероприятия при проведении аварийно-спасательных работ

- поражения для локализации аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях.
- После проведения этапов, предворяющих этап спасения, осуществляется розыск пострадавших и извлечение их из-под завалов, из поврежденных и горящих зданий, загазованных, задымленных и затопленных помещений. Для этого необходимы АСР, способные обнаруживать и идентифицировать пострадавших, ставить ограждения и выполнять маркировку местоположения. Одновременно производится санитарная обработка людей, обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, воды и продовольствия.
 - На заключительном этапе проводятся мероприятия по оказанию первой помощи пострадавшим и их медицинская эвакуация.
- При выборе способа, средств и положений, в которых будут транспортироваться пораженные, ведущую роль играют такие признаки, как

наличие сознания, виды травм, их локализация, общее состояние человека и характер поражения. Возможности применения АСР в зонах ЧС, исходя из количества пострадавших, для которых необходимо изыскивать дополнительные ресурсы при проведении эвакуационных мероприятий, систематизированы в работе [15].

Важным элементом транспортировки является выбор оптимальной позы пострадавшего. Данные о модели выбора положения для транспортировки пострадавшего с учетом характера полученных травм и его общего состояния приведены в работе [16]. Выбор оптимальной позы для транспортировки должен определяться с учетом травмы и состояния пострадавшего [17, 18].

Если существует необходимость защиты пострадавшего от поражающих факторов в зоне ЧС, то необходимо дополнительно ориентироваться на решения, предлагаемые специалистами военной медицины в отношении транспортных беспилотных средств с повышенной защитой [19].

Опыт построения и испытаний роботов-спасателей. В последнее время все более пристальное внимание привлекают антропоморфные роботы [20]. В первую очередь, заслуживает упоминания "ассистивная робототехническая система для эвакуации" (в русскоязычной литературе: робот-санитар) BEAR (*англ.*: Battlefield Extraction-Assist Robot) [21, 22].

Полезным дополнением к этому роботу мог бы стать змеевидный робот — диагностический манипулятор, который исследователи из американского университета Карнеги-Меллон разработали для помощи медицинскому персоналу в ходе визуального дистанционного обследования раненого непосредственно на поле боя [23]. Известны технические решения по включению такого манипулятора в состав роботизированных носилок (платформы): "обеспечение жизненно важных функций при травме для транспортировки" (*англ.*: Life Support for Trauma and Transport — LSTAT).

К описанному выше роботу BEAR близок по конструкции и назначению Robosue — робот, разработанный фирмой Kikuchi Manufacturing (Япония). Необходимо отметить большой интерес к созданию антропоморфных моделей, построенных на различных принципах передвижения, включая двуногую ходьбу (зарубежные роботы CHIMP, HUBO, Atlas и отечественные роботы SAR-401 (и его модификация "FEDOR") и др. [24–29].

Резюмируя сказанное, можно констатировать, что сегодня существуют предпосылки для интенсификации процесса внедрения в практику антропоморфного робота-спасателя применительно к эвакуации пострадавших. Эти же подходы перспективны для оказания помощи самим спасателям в случае нештатной ситуации, например, отказа или повреждения защитного снаряжения, поскольку экстремальная среда несет риски для жизни и здоровья персонала АСС. Высокая сложность проведения эвакуационных мероприятий требует особых мер безопасности и рациональной организации коммуникации участников ликвидации последствий ЧС.

Информационные технологии для поддержки принятия решений. Применение совместно с технологиями робототехники развитых средств информационной поддержки целесообразно по ряду причин.

В зависимости от типа очага и масштаба ЧС может потребоваться применение нескольких разных типов роботов-спасателей в разных сочетаниях и разной последовательности, в том числе в команде со специалистами-спасателями. Для оперативности принятия решений такого рода

необходима база знаний, позволяющая установить наилучшие соотношения задач спасения и выбора функционала РТС.

Методика оптимизации структуры РТС предложена в работах [15, 30]. Ввиду сложности точного априорного определения всего спектра и характеристик ЧС необходимо разрабатывать образцы роботов с возможностью алгоритмической и структурной реконфигурации в рамках модульной структуры, предусматривающей подключение различных исполнительных механизмов и измерительных и регистрирующих средств (датчиков, видеокамер и др.).

Комплекс моделей поддержки принятия решений о способе спасения пострадавших может охватывать достаточно широкий круг явлений и причин, вызывающих различные по масштабу неблагоприятные исходы при ЧС. В случае обнаружения конкретного пострадавшего в зоне воздействия опасных факторов необходимо оценить его текущее состояние, спрогнозировать изменение состояния с учетом времени на оценку текущего состояния и эвакуацию из опасной зоны и выработать решение на проведение эвакуации или дальнейший поиск других пострадавших.

Для определения района обследования, рельефа местности, активности воздействия опасных факторов разрабатывается модель оценивания окружающей обстановки. Полученные из модели оценивания обстановки радиусы зон повреждений определяют степень активности среды ("высокая", "средняя", "низкая", "отсутствует"), которая, в свою очередь, влияет на возможность проведения мероприятий по выявлению признаков травм (осмотр, опрос, манипуляции) в модели выбора положения для транспортировки пострадавшего. Способы расчетов для некоторых видов ЧС, демонстрирующие полезность такого методического подхода при организации помощи спасения пострадавших, показаны в работе [31].

Методика планирования траектории движения РТС для транспортировки пораженных, позволяющая минимизировать время транспортировки в зону эвакуации за счет минимизации проходимых им путей с учетом массогабаритных показателей РТС и эвакуируемого пораженного в оптимальной позе для транспортировки, предложена в работе [32].

Заключение

Из представленных материалов следует, что обсуждаемая проблема носит междисциплинарный характер. В данной статье представлены лишь некоторые перспективные направления современных поисковых исследований и разработок АСР,



в частности, приведена обширная литература по вопросам конструирования роботов и оснащения их сенсорами и системами компьютерного зрения, что существенно влияет на их способность к адаптации к экстремальной среде и к взаимодействию с человеком на основе многомодальных интерфейсов, что составляет одно из стратегических направлений экстремальной робототехники.

Поддержка исследований

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-08-00696-а).

Список литературы

1. **Солдатов Е. А., Жигалов А. А.** Формирование семейства медицинских робототехнических комплексов военного назначения для эвакуации раненых и пострадавших с поля боя // Труды первой военно-научной конференции "Роботизация Вооруженных Сил Российской Федерации". — М., 2016. — С. 267—270.
2. **Стариков С. М., Жигалов А. А.** Робототехнические технологии оказания медицинской помощи // Военно-медицинский журнал. — 2015. — № 9 (336). — С. 93—95.
3. **Юдин А. Б., Чепур С. В., Шестаков С. В.** Использование робототехники в интересах медицинской службы Вооруженных сил // Военно-медицинский журнал. — 2013. — № 6 (334). — С. 49—53.
4. **Марков Г. С.** Актуальные направления в развитии аварийно-спасательной техники и технологий // Технологии гражданской безопасности. — 2009. — Т. 6. — № 3—4 (21—22). — С. 188—190.
5. **Основные результаты** и перспективные направления исследований в области навигации и управления мобильными робототехническими комплексами / А. В. Лопота, С. А. Половко, Е. Ю. Смирнова, М. Н. Плавинский // Исследования наукограда. — 2013. — № 2. — С. 49—53.
6. **Корчак В. Ю., Рубцов И. В., Рябов А. В.** Состояние и перспективы развития наземных робототехнических комплексов военного и специального назначения // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2013. — № 3. URL: <http://engjournal.ru/articles/628/628.pdf>. (дата обращения 12.06.2017).
7. **Носков В. П., Рубцов И. В.** Ключевые вопросы создания интеллектуальных мобильных роботов // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2013. — № 3. URL: <http://engjournal.ru/articles/629/629.pdf>. (дата обращения 12.06.2017).
8. **Герасимов В. Н.** К вопросу управления движением мобильного робота в динамической среде // Робототехника и техническая кибернетика. — 2014. — № 1 (2). С. 44—51.
9. **Ющенко А. С., Тачков А. А.** Интегрированная система управления пожарным разведывательным роботом // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2012. — № 6. — С. 106—111.
10. **Воротников С. А., Ермишин К. В.** Интеллектуальная система управления сервисным мобильным роботом // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приборостроение. Спецвыпуск "Робототехнические системы". — 2012. — № 6. — С. 285—289.
11. **Optimization-based locomotion** planning, estimation, and control design for the Atlas humanoid robot / S. Kuindersma, R. Deits, M. Fallon et al. // Autonomous Robots. — 2016. — Vol. 40. — No. 3. P. 429—455.
12. **Основы** организации лечебно-эвакуационного обеспечения при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС: Пособие для врачей. — М.: ВЦМК "Защита", 2001. — 43 с.
13. **Авитигисов П. В., Ткаченко Т. Е.** Проблемные и дискуссионные вопросы по медицинской сортировке и эвакуации пораженного населения (современное представление) // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2012. — № 2. — С. 97—100.
14. **Завалова Н. Д., Ломов Б. Ф., Пономаренко В. А.** Образ в системе психической регуляции деятельности. — М.: Наука, 1986. — 174 с.
15. **Мотиенко А. И., Ронжин А. Л., Павлюк Н. А.** Современные разработки аварийно-спасательных роботов: возможности и принципы их применения // Научный вестник НГТУ. — 2015. — Т. 60. — № 3. — С. 147—165.
16. **Modeling of Injured Position During Transportation Based on Bayesian Belief Networks** / A. I. Motienko, A. L. Ronzhin, O. O. Basov, M. Zelezny // Proceedings of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IITI'16). — 2016. — P. 81—88.
17. **Учебник спасателя.** 2-е изд., перераб. и доп. / С. К. Шойгу, М. И. Фалеев, Г. Н. Кириллов и др. — Краснодар: Советская Кубань, 2002. — 528 с.
18. **Косачев В. Е., Шаповалова В. А.** Первая помощь в чрезвычайных ситуациях // Медицинская сестра. — 2016. — № 5. — С. 3—6.
19. **Русаков В.** Состояние и направления развития средств эвакуации раненых с поля боя // Зарубежное военное обозрение. — 2015. — № 2. — С. 53—60.
20. **Адаптация технологий,** реализуемых при создании антропоморфных роботов и робототехнических комплексов в интересах решения задач МЧС России / С. А. Качанов, В. Б. Мошков, А. Ю. Баранник, А. В. Якутов // Технологии гражданской безопасности. — 2016. — Т. 13. — № 4 (50). — С. 15—18.
21. **Theobald D., Allen T.** Apparatus with hydraulic power module. U. S. Patent No. 9387895. 2016. URL: <https://www.google.com/patents/US9387895> (дата обращения 12.06.2017).
22. **Theobald D.** Mobile reconfigurable robot. U. S. Patent No. 8106616. 2012. URL: <http://www.google.com/patents/US8106616> (дата обращения 12.06.2017).
23. **Walker I. D., Choset H., Chirikjian G. S.** Snake-Like and Continuum Robots // Springer Handbook of Robotics. — 2016. — P. 481—498.
24. **Developing a Robust Disaster Response Robot: CHIMP and the Robotics Challenge** / G. C. Haynes, D. Stager, A. Stentz et al. // Journal of Field Robotics. — 2017. — Vol. 34. — No. 2. — P. 281—304.
25. **Liu J., Zhang X., Hao G.** Survey on research and development of reconfigurable modular robots // Advances in Mechanical Engineering. — 2016. — Vol. 8. — No. 8. URL: https://www.researchgate.net/publication/305489022_Survey_on_Research_and_Development_of_Reconfigurable_Modular_Robots (дата обращения 26.10.2017).
26. **Motion** planning and control of ladder climbing on DRC-Hubo for DARPA Robotics Challenge / Y. Zhang, J. Luo, K. Hauser et al. // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2014). — 2014. — P. 2086.
27. **A General-purpose System for Teleoperation of the DRC-HUBO Humanoid Robot** / M. Zucker, S. Joo, M. X. Grey et al. // Journal of Field Robotics. — 2015. — Vol. 32. — No. 3. P. 336—351.
28. **Сайт НПО "Андроидная техника.** Проекты. URL: <http://про-at.com/projects/> (дата обращения 12.06.2017).
29. **Сайт НПО "Андроидная техника.** Проекты. URL: <http://про-at.com/products/ar-600-luxury/> (дата обращения 12.06.2017).
30. **Мотиенко А. И., Басов О. О., Ронжин А. Л.** Распределение задач между элементами робототехнической системы спасения пострадавших // Математические

методы в технике и технологиях — ММТТ. — 2016. — № 9 (91). — С. 134—137.

31. **Проактивное управление** робототехническими системами спасения пострадавших / А. И. Мотиенко, А. Г. Тарасов, И. В. Дорожко, О. О. Басов // Труды СПИИРАН. — 2016. — Вып. 3 (46). — С. 169—189.

32. **Мотиенко А. И.** Планирование тактической траектории движения автоматизированных робототехнических средств при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. — 2016. — Т. 37. — № 2 (223). С. 139—143.

A. I. Motienko, Research Associate, e-mail: anna.gunchenko@gmail.com,
A. L. Ronzhin, Deputy Director, Saint-Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, **A. V. Poliyakov**, Head of Laboratory, Institute for Biomedical problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow,
V. E. Kosachov, Senior Researcher, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, **B. I. Kryuchkov**, Chief Researcher, **V. M. Usov**, Chief Researcher, Gagarin Research&Test Cosmonaut Training Center, Star City, Moscow Region

Robotic Systems for Rescue Operations from the Standpoint of an Anthropocentric Approach

The paper deals characteristics of promising robotic systems (RS), which can extend the capacity of specialists of the emergency services (ESS) in the event of emergencies. Such a specialized RS, which are known as rescue robots, among other things, must meet the anthropocentric principles of complex ergatic systems "specialist — RS — emergency", due to the high uncertainty and variability of the conditions of use in extreme conditions, which requires maintaining cognitive abilities of the person in making decisions and human skill at implementing them.

Keywords: emergency situation, extreme environments, robotic system, rescue robots

References

- Soldatov E. A., Zhigalov A. A.** Formirovanie semejstva medicinskih robototekhnicheskikh kompleksov voennogo naznacheniya dlja jevakuacii ranenyyh i postradavshih s polja boja. *Trudy pervoj voenno-nauchnoj konferencii "Robotizacija Vooruzhennyh Sil Rossijskoj Federacii"*. Moscow, 2016. P. 267—270.
- Starikov S. M., Zhigalov A. A.** Robototekhnicheskie tehnologii okazaniya medicinskoj pomoshhi. *Voenno-medicinskij zhurnal*. 2015. No. 9 (336). P. 93—95.
- Yudin A. B., Chepur S. V., Shestakov S. V.** Pol'zovanie robototekhniki v interesah medicinskoj sluzhby Vooruzhennyh. *Voenno-medicinskij zhurnal*. 2013. No. 6 (334). P. 49—53.
- Markov G. S.** ktual'nye napravleniya v razvitii avarijno-spasatel'noj tehniki i tehnologij. *Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2009. Vol. 6. No. 3—4(21—22). P. 188—190.
- Osnovnye rezul'taty** i perspektivnye napravleniya issledovanij v oblasti navigacii i upravleniya mobil'nymi robototekhnicheskimi kompleksami. A. V. Lopota, S. A. Polovko, E. Yu. Smirnova, M. N. Plavinskij. *Issledovaniya naukoigrada*. 2013. No. 2. P. 49—53.
- Korchak V. Yu., Rubtsov I. V., Ryabov A. V.** Sostojanie i perspektivy razvitiya nazemnyh robototekhnicheskikh kompleksov voennogo i special'nogo naznacheniya. *Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii*. 2013. No. 3. URL: <http://engjournal.ru/articles/628/628.pdf>. (date of access 12.06.2017).
- Noskov V. P., Rubtsov I. V.** Kljuchevyje voprosy sozdaniya intellektual'nyh mobil'nyh robotov. *Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii*. 2013. No. 3. URL: <http://engjournal.ru/articles/629/629.pdf>. (date of access 12.06.2017).
- Gerasimov V. N.** K voprosu upravleniya dvizheniem mobil'nogo robota v dinamičeskoj srede. *Robototekhnika i tehničeskaja kibernetika*. 2014. No. 1 (2). P. 44—51.
- Yushhenko A. S., Tachkov A. A.** Integrirovannaja sistema upravleniya požarnym razvedyvatel'nym robotom. *Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii*. 2012. No. 6. P. 106—111.
- Vorotnikov S. A., Ermishin K. V.** Intellektual'naja sistema upravleniya servisnym mobil'nym robotom. *Vestnik MGTU im. N. Je. Bauman. Priborostroenie. Specvypusk "Robototekhnicheskie sistemy"*. 2012. No. 6. P. 85—289.
- Optimization-based** locomotion planning, estimation, and control design for the Atlas humanoid robot. S. Kuindersma, R. Deits, V. Fallon et al. *Autonomous Robots*. 2016. Vol. 40. No. 3. P. 429—455.
- Osnovy** organizacii lečebno-jevakuacionnogo obespečenija pri likvidacii mediko-sanitarnyh posledstvij ChS: Posobie dlja vrachej. Moscow: VCMK "Zashhita". 2001. 43 p.
- Avitsov P. V., Tkachenko T. E.** Problemnye i diskussionnye voprosy po medicinskoj sortirovke i jevakuacii porazhonnogo naselenija (sovremennoe predstavlenie). *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashhity*. 2012. No. 2. P. 97—100.
- Zavalova N. D., Lomov B. F., Ponomarenko V. A.** Obraz v sisteme psihicheskoj reguljacii dejatel'nosti. Moscow: Nauka, 1986. 174 p.
- Motienko A. I., Ronzhin A. L., Pavljuk N. A.** Sovremennye razrabotki avarijno-spasatel'nyh robotov: vozmožnosti i principy ih primeneniya. *Nauchnyj vestnik NGTU*. 2015. Vol. 60. No. 3. P. 147—165.
- Modeling** of Injured Position During Transportation Based on Bayesian Belief Networks. A. I. Motienko, A. L. Ron-



- zhin, O. O. Basov, M. Zelezny. *Proceedings of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (IITI'16)*. 2016. P. 81–88.
17. **Uchebnik** spasatelja. 2-e izd., pererab. i dop. S. K. Shojgu, M. I. Faleev, G. N. Kirillov i dr. Krasnodar: Sovetskaja Kuban'. 2002. 528 p.
 18. **Kosachev V. E., Shapovalova V. A.** Pervaja pomoshh' v chrezvychajnyh situacijah. *Medicinskaja sestra*. 2016. No. 5. P. 3–6.
 19. **Rusakov V.** Sostojanie i napravlenija razvitija sredstv jevuakuacii ranenych s polja boja. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*. 2015. No. 2. P. 53–60.
 20. **Adaptacija** tehnologij, realizuemyh pri sozdanii antropomorfnyh robotov i robototekhnicheskikh kompleksov v interesah reshenija zadach MChS Rossii. S. A. Kachanov, V. B. Moshkov, A. Ju. Barannik, A. V. Yakutov. *Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2016. Vol. 13. No. 4 (50). P. 15–18.
 21. **Theobald D., Allen T.** Apparatus with hydraulic power module. U. S. Patent No. 9387895. 2016. URL: <https://www.google.com/patents/US9387895> (date of access 12.06.2017).
 22. **Theobald D.** Mobile reconfigurable robot. U. S. Patent No. 8106616. 2012. URL: <http://www.google.com/patents/US8106616> (date of access 12.06.2017).
 23. **Walker I. D., Choset H., Chirikjian G. S.** Snake-Like and Continuum Robots. *Springer Handbook of Robotics*. 2016. P. 481–498.
 24. **Developing** a Robust Disaster Response Robot: CHIMP and the Robotics Challenge. G. C. Haynes, D. Stager, A. Stentz et al. *Journal of Field Robotics*. 2017. Vol. 34. No. 2. P. 281–304.
 25. **Liu J., Zhang X., Hao G.** Survey on research and development of reconfigurable modular robots. *Advances in Mechanical Engineering*. 2016. Vol. 8. No. 8. URL: https://www.researchgate.net/publication/305489022_Survey_on_Research_and_Development_of_Reconfigurable_Modular_Robots (date of access 26.10.2017).
 26. **Motion** planning and control of ladder climbing on DRC-Hubo for DARPA Robotics Challenge. Y. Zhang, J. Luo, K. Hauser et al. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2014)*. 2014. P. 2086.
 27. **A General-purpose** System for Teleoperation of the DRC-HUBO Humanoid Robot. M. Zucker, S. Joo, M. X. Grey et al. *Journal of Field Robotics*. 2015. Vol. 32. No. 3. P. 336–351.
 28. **Sajt NPO** "Androidnaja tehnika. Proekty. URL: <http://npotat.com/projects/> (date of access 12.06.2017).
 29. **Sajt NPO** "Androidnaja tehnika. Proekty. URL: <http://npotat.com/products/ar-600-luxury/> (date of access 12.06.2017).
 30. **Motienko A. I., Basov O. O., Ronzhin A. L.** Raspredelenie zadach mezhdru jelementami robototekhnicheskoy sistemy spasenija postradavshih. *Matematicheskie metody v tehnike i tehnologijah — MMTT*. 2016. No. 9 (91). P. 134–137.
 31. **Proaktivnoe upravlenie** robototekhnicheskimi sistemami spasenija postradavshih. A. I. Motienko, A. G. Tarasov, I. V. Dorozhko, O. O. Basov. *Trudy SPIIRAN*. 2016. Vol. 3 (46). P. 169–189.
 32. **Motienko A. I.** Planirovanie takticheskoy traektorii dvizhenija avtomatizirovannyh robototekhnicheskikh sredstv pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jeconomika. Informatika*. 2016. V. 37. No. 2 (223). P. 139–143.

Информация

Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2018 г.

Оформить подписку можно через подписные агентства
или непосредственно в редакции журнала

Подписные индексы по каталогам:

Роспечать — 79963; Пресса России — 94032

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4,
Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97. Факс: (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru

УДК 614.8

В. В. Котельников, директор, ООО "Лифтовые системы безопасности", Москва,
В. Ф. Мартынюк, д-р техн. наук, проф., e-mail: anaora@gmail.com, РГУ нефти и газа
(Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, Москва

Опасность аварийных остановок лифта. Эвакуация пассажиров при отсутствии необходимости передвижения кабины

Проведен анализ опасностей, связанных с аварийными остановками лифтов. Выявлены опасные события и причины, приводящие к сбоям в работе лифта. Выделены зоны и виды аварийных остановок, определяющие возможность эвакуации застрявших пассажиров. Проведен анализ риска травмирования при эвакуации пассажира лифта в случае аварийных остановок в зоне, где нет необходимости передвижения кабины для проведения эвакуации.

Ключевые слова: лифт, авария, аварийная остановка, травматизм

1. Опасность аварийных остановок

Анализ аварийности и травматизма показал, что лифты являются достаточно безопасными механизмами с индивидуальным риском травмирования не более 10^{-7} в год на одного пользователя [1]. Аварии на лифтах связаны с причинами ментального характера и обусловлены в первую очередь недостаточным уровнем культуры безопасности как у обслуживающего персонала, так и у пользователей. В этих условиях дальнейшее повышение безопасности лифтов обеспечивается путем применения дополнительных барьеров безопасности. Например, оснащение лифтов устройствами охраны шахты привело к значительному падению травматизма из-за причин, связанных с проникновением в шахту. Однако при этом возникают новые опасности, связанные с ложным срабатыванием устройств безопасности. Речь идет о несанкционированных остановках лифтов.

Таким образом, внедрение новых систем безопасности приводит к появлению других опасностей — неисправностям и аварийным остановкам лифта, которые обычно в качестве опасностей даже не рассматриваются. Однако последствия таких отказов могут быть весьма серьезными.

Особую опасность представляют попытки самостоятельной эвакуации при застревании в лифте, которые часто заканчиваются трагически. Результаты анализа таких случаев представлены в монографии [2]. Аварии, повлекшие за собой смерть пассажиров, регистрируются только если данный случай произошел непосредственно во время эвакуации. Однако существуют множество случаев, когда пассажир в связи с "застреванием"

лифта не может получить своевременной медицинской помощи, что приводит к его травмированию или даже смерти.

При эксплуатации лифта также следует учитывать отказоустойчивость отдельных элементов, которые могут привести к остановке лифта между этажами при нахождении в нем пассажиров. Данная ситуация требует более детального рассмотрения. Порядок эвакуации пассажиров из лифта отражается в Положении о системе планово-предупредительных ремонтов лифтов [3], ГОСТ Р 53780—2010 "Национальный стандарт Российской Федерации. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке" [4] и руководствах по эксплуатации лифтов, разрабатываемых заводами-изготовителями под конкретные модели лифта.

Для анализа статистических данных об аварийных остановках лифтов использована информация ОАО "МОС ОТИС", собранная с помощью автоматизированной системы управления и диспетчеризации "АСУД-248". Данная система позволяет получать и обрабатывать сигналы от станции управления лифтом. Станция управления лифтом при возникновении ошибок или аварий посылает сигнал о возникновении ошибки, а также код ошибки. В таблице приведены сведения о сбоях в работе лифтов за 2007 г., сгруппированные по отдельным механизмам и оборудованию системы безопасности, а также об остановках, не зависящих от качества технического обслуживания. Информация собиралась по следующим типам лифтов:

— производства ПАО "КМЗ" с системой управления УЛЖ грузоподъемностью 400 кг — 1543 лифта;



Количество сбоев в работе лифтов за 2007 г.

Действия, обстоятельства, оборудование, механизмы и системы, отказы элементов которых привели к сбоям в работе лифта	Количество сбоев в лифтах российского производства	Количество сбоев в лифтах иностранного производства
Остановки, не зависящие от качества технического обслуживания	3335	71
Лебедка главного привода	130	Нет
Панель управления	2206	108
Вводное устройство и трансформаторы	1	Нет
Канаты	7	Данные отсутствуют
Ограничитель скорости	558	16
Оборудование балки дверей шахты	1264	23
Двери шахты	5552	55
Оборудование шахты	305	16
Оборудование верхней балки кабины	487	8
Оборудование балки привода дверей кабины	2490	61
Купе и двери кабины	1359	56
Оборудование респондентов в приемке	7	12
Противовес	1	1
Механизм пола	16	3
Застревания и ложные вызовы	6804	71
	24 522	501
ИТОГО:	25 023	

— производства ПАО "КМЗ" с системой управления УЛЖ грузоподъемностью 630 кг — 750 лифтов;
 — производства ОАО "МОС ОТИС" с безредукторной лебедкой и системой управления MS300 Gen2 грузоподъемностью 630 кг — 674 лифта.

Таким образом, выборка включала данные по 2293 лифтам российского производства, по 674 лифтам иностранного производства, которые эксплуатируются на территории России.

Всего в 2007 г. было зарегистрировано 25 023 сбоя в работе лифтов. Выделено 164 причины, вызвавшие эти сбои. В качестве причин зарегистрированы отказы элементов механизмов и оборудования (в том числе и ложные срабатывания), а также остановки, связанные с нарушением правил эксплуатации (в том числе вандализм), а также застревания и ложные вызовы.

С учетом количества действующих в России лифтов можно оценить общее число аварийных остановок по стране. Следует отметить, что не все сбои приводят к остановкам лифта, требующим эвакуации пассажиров. Доля сбоев, приводящих к остановкам, требующим эвакуации пассажиров, колеблется в пределах 0,29...0,30 для разных конструкций лифтов. При этом, по экспертным оценкам, в застрявшем лифте оказываются два человека. С учетом данных обстоятельств проведена оценка застревания в лифте пассажиров за 2004—2007 гг. (рис. 1). Результаты получены по выборке, включающей 1543 лифта с системой управления УЛЖ грузоподъемностью 400 кг.

В соответствии с нормативной документацией аварийная служба должна прибыть к лифту для осуществления эвакуации пассажиров из застрявшей кабины в течение 30 мин [3], хотя как правило это время составляет от 45 до 90 мин. При времени эвакуации 30 мин и среднем количестве застрявших пассажиров 2 330 000 человек в год общее время нахождения людей в кабине лифта составляет 1 160 000 ч или 132 года.

При авариях в электросети время эвакуации может быть очень большим. Так, 25 мая 2005 г. при отключении электропитания Москвы замерли почти 32 тыс. лифтов. В кабинах 2730 лифтов

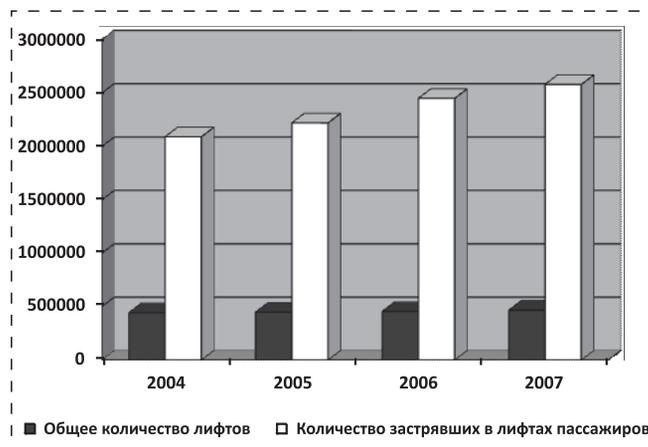


Рис. 1. Гистограмма общего количества лифтов и количества застрявших в лифтах пассажиров за 2004—2007 гг.

оказались в плену около 3000 человек. Некоторые пассажиры в тот день провели в кабинах лифтов до 5 ч [5].

Такие нежелательные последствия аварийных остановок и сбоев в работе лифта являются весьма серьезными, учитывая социальную значимость этих объектов, и требуют тщательного анализа и разработки соответствующих мер по снижению тяжести этих последствий. При этом совершенно ясно, что мерилom тяжести последствий, наряду с возможным травматизмом, является время эвакуации пассажиров, застрявших в лифте.

2. Виды аварийных остановок

При анализе возможных опасностей, связанных с аварийной остановкой лифта, целесообразно разделить положения возможной несанкционированной остановки кабины лифта на шесть зон.

Зона 1 — кабина лифта находится на буферах.

Зона 2 — кабина остановилась в зоне точной остановки, однако двери кабины и шахты не открылись.

Зона 3 — кабина остановилась между этажами, при этом расстояние между полом этажа и полом кабины не более 0,9 м.

Зона 4 — кабина остановилась между этажами, при этом расстояние между полом этажа и полом кабины более 0,9 м.

Зона 5 — кабина остановилась между этажами, при этом расстояние между полом следующего этажа и полом кабины не более 1 м.

Зона 6 — кабина находится выше последнего посадочного этажа, при этом противовес находится на буферах.

Наиболее вероятным случаем является остановка кабины лифта в зоне точной остановки. Однако в большинстве лифтов отсутствует возможность самостоятельной эвакуации пассажиров из запертой кабины при ее нахождении в зоне точной остановки, потому что замки дверей автоматически не открываются в зоне точной остановки. Инструкция пользователя запрещает пассажирам проводить самостоятельную эвакуацию из кабины лифта.

Наиболее опасными для проведения эвакуации являются случаи, когда кабина останавливается в зонах 3, 4 и 6. Вероятность травмирования пассажира при его эвакуации в этом случае наиболее высока. По инструкции эвакуация должна проводиться электромехаником, при этом лифт предварительно должен быть полностью обесточен (выключение вводного устройства). Кабина лифта с пассажирами должна быть вручную доведена до зоны точной остановки, и только тогда должна быть проведена эвакуация пассажиров из кабины.

Этим правилом часто пренебрегают, проводя эвакуацию в этих зонах, не отключая электроснабжение лифта и не доводя кабину до зоны точной остановки, что часто приводит к травмированию, иногда со смертельным исходом.

Относительно возможных методов безопасной эвакуации пассажиров аварийные остановки кабины лифта можно разбить на три вида.

1. Остановка в зонах, где нет необходимости передвижения кабины для проведения эвакуации пассажиров, т. е. достаточно аварийной службе открыть дверь шахты лифта и дверь кабины лифта и произвести эвакуацию. К этому же виду аварийных остановок относятся случаи нахождения кабины на буферах или в зоне выше посадочного этажа (зона 1 и зона 6), когда освобождение пассажиров возможно без перемещения кабины. Расстояние от пола кабины и пола ближайшей посадочной остановки в этих случаях (для лифтов со скоростью не более 1,6 м/с) составляет не более 0,5 м, что в принципе приемлемо для освобождения пассажиров. При этом для соблюдения требований безопасности лифт должен быть принудительно обесточен путем отключения вводного устройства. Данные требования прописаны практически во всех руководствах по эксплуатации лифтов.

2. Остановка в зонах, где для проведения безопасной эвакуации необходимо довести кабину до уровня точной остановки, за исключением случаев, когда перемещение кабины при помощи главного привода невозможно. При этом способы доведения кабины до данного уровня различны и зависят от конструкции лифта.

3. Остановка кабины в зонах, где проведение безопасной эвакуации с доводкой кабины до уровня точной остановки невозможно. В основном это происходит, когда кабина села на ловители и невозможно снять кабину с ловителей при помощи главного привода, вследствие приварки клиньев ловителей к направляющим или недостаточной мощности лебедки. Как следствие происходит увеличение времени эвакуации пассажиров при данной аварии.

Эвакуация пассажиров при посадке кабины на ловители может быть наиболее продолжительной, так как в этом случае перед освобождением пассажиров из кабины лифта ее предварительно необходимо снять с ловителей. Анализ возможностей избежать посадки кабины на ловители и возможностей уменьшения времени эвакуации при остановке лифта в зоне, где необходима доводка кабины до уровня точной остановки, требует отдельного рассмотрения. Здесь же рассмотрена возможность уменьшения времени эвакуации без необходимости передвижения кабины.

3. Анализ опасностей при эвакуации пассажира лифта в случае аварийных остановок в зоне, где нет необходимости передвижения кабины для проведения эвакуации

Как отмечалось ранее, опасность аварийной остановки лифта определяется двумя возможными исходами: опасностью травмирования при высвобождении и длительностью эвакуации пассажира. И хотя эти последствия не сопоставимы по своим исходам, логика рискованного подхода к обеспечению безопасности позволяет проследить влияние этих опасностей друг на друга. В общем виде дерево отказов для головного события "Травмирование при аварийной остановке" (TOP) представлено на рис. 2.

Для рассматриваемого дерева отказов эквивалентное уравнение булевой алгебры будет выглядеть следующим образом:

$$TOP = E_1 \cdot E_2 \cdot (E_3 + E_4 \cdot E_5) = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 + E_1 \cdot E_2 \cdot E_4 \cdot E_5.$$

Данное уравнение позволяет выделить два минимальных проходных сечения для случая травмирования при аварийной остановке лифта. Одно из них — минимальное проходное сечение третьего порядка: одновременная попытка выйти из лифта (E_1), необесточивание лифта (E_2) и воздействие на контакторы (E_3). Другое — минимальное проходное сечение четвертого порядка: одновременная попытка выйти из лифта (E_1), необесточивание лифта (E_2), вызов лифта с другого этажа (E_4) и замыкание цепи блокировки (E_5).

Соответственно вероятность головного события на одну аварийную остановку лифта при пренебрежении членами уравнения более высокого порядка определяется следующим выражением:

$$P(TOP) = P(E_1 \cdot E_2 \cdot E_3) + P(E_1 \cdot E_2 \cdot E_4 \cdot E_5) = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot P(E_3) + P(E_1) \cdot P(E_4) \cdot P(E_5).$$

Анализ данного дерева отказов позволяет выявить степень влияния различных событий на вероятность травмирования. Ясно, что при открытых дверях пассажир почти наверняка попытается выйти из лифта, и вероятность

этого события E_1 определяется отношением временного интервала нахождения пассажира в дверном проеме к общему времени эвакуации и может быть оценена величиной 0,1. Реально повлиять на этот показатель не представляется возможным.

Обесточивание лифта является радикальным решением обеспечения безопасности при эвакуации пассажиров. Поэтому нормативные документы строго требуют отключения электричества перед началом работ по освобождению пассажиров. Однако эта процедура требует значительного времени и ее соблюдение приводит к значительному увеличению тяжести последствий аварийной остановки, а именно — увеличению времени эвакуации. Именно стремлением сократить время эвакуации объясняется нарушение этого пункта правил. Причем это не единичные случаи, а происходит повсеместно. Экспертная оценка вероятности события E_2 "Лифт полностью не обесточен" дает значение 0,5.

Прямое воздействие на контакторы часто становится причиной травмирования при аварийной остановке лифта. Однако это происходит только в случае доводки лифта до зоны возможной

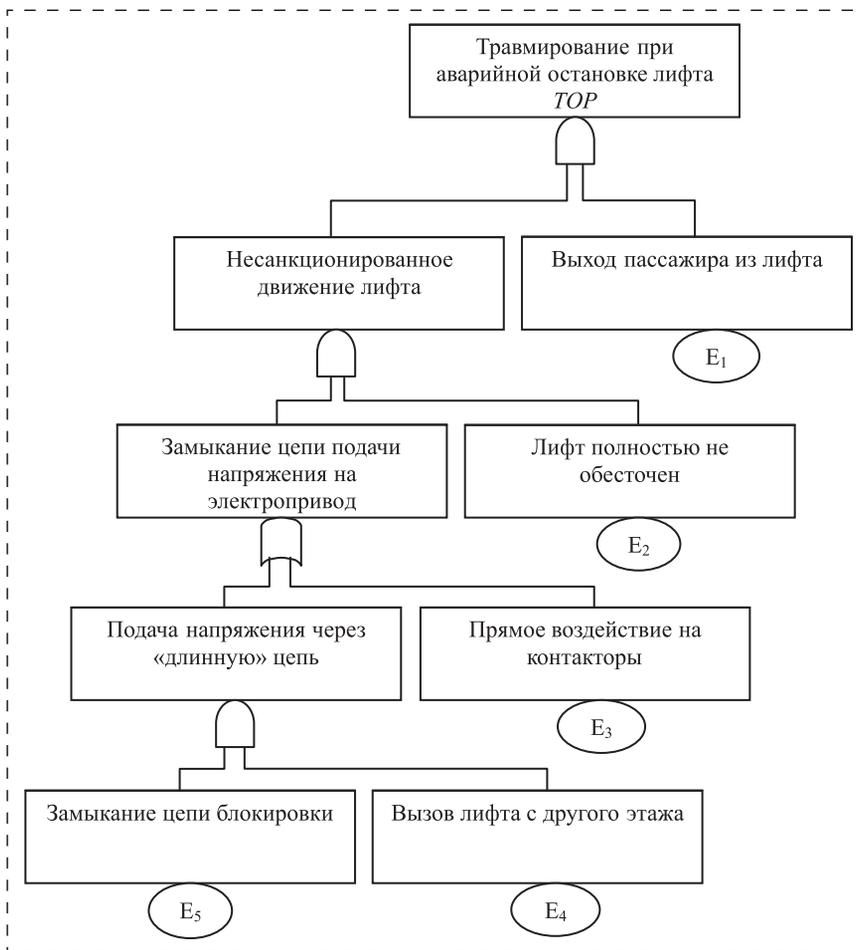


Рис. 2. Дерево отказов для головного события "Травмирование при аварийной остановке"

эвакуации пассажиров. В случае остановки в зоне 1 доводки лифта не требуется, и возможность события E_3 можно не учитывать.

Подача напряжения на электродвигатель через "длинную" цепь осуществляется в случае одновременного вызова лифта с другого этажа и отказа или умышленного вывода из строя блокировки. Вызов лифта с другого этажа — событие весьма возможное. Его вероятность равна отношению времени выхода из лифта (порядка 10 с) к среднему интервалу между вызовами (порядка 50 с), что составляет 0,2, т. е. существенно повлиять на этот показатель нельзя.

С учетом сделанных оценок вероятность травмирования в случае аварийной остановки лифта оценивается как

$$P(TOP) = 0,1 \cdot 0,5P(E_3) + 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,2P(E_5) = 0,05P(E_3) + 0,1 \cdot 0,01P(E_5).$$

Из уравнения видно, что основную опасность при аварийной остановке лифта представляет прямое воздействие на контакторы. Однако в случае остановки в зоне 1 вероятность $P(E_3)$ близка к нулю, и вероятность травмирования во многом определяется отказом блокировки, которая лежит в пределах 0,0001...0,00001 отказа на запрос. Только воздействуя на надежность блокировки, можно влиять на вероятность травмирования.

Требование обесточивания лифта по существу уменьшает вероятность травмирования, значительно увеличивая при этом другое негативное последствие аварийной остановки — время эвакуации.

Отказ от обесточивания значительно уменьшает время эвакуации, так как аварийной службе нет необходимости совершать подъем в машинное помещение (как правило, в большинстве лифтов

машинное помещение находится над шахтой лифта) и спускаться до места остановки кабины лифта. При этом риск травмирования пассажиров при эвакуации по причине неотключенного вводного устройства (лифт полностью не обесточен) незначительно выше риска травмирования с отключенным вводным устройством.

Таким образом, анализ риска показывает, что можно отказаться от требования отключения вводного устройства для лифтов, оборудованных охраной шахты, микропроцессорной станцией управления. Это позволит без уменьшения вероятности травмирования существенно уменьшить другой показатель тяжести последствий при аварийной остановке лифта — время эвакуации пассажиров (от 5...15 мин в зависимости от этажности здания) и проводить эвакуацию в отведенное на это нормативной документацией время (30 мин с момента поступления вызова).

Список литературы

1. Котельников В. В., Мартынюк В. Ф., Лысенко О. С. Анализ травматизма и аварийности на лифтах // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 8. С. 19—22.
2. Анализ аварий и несчастных случаев на подъемных сооружениях: Учебное пособие / Под ред. В. В. Котельникова, В. Ф. Мартынюка. — М.: ООО "Анализ опасностей", 2008. — 356 с.
3. Положение о системе планово-предупредительных ремонтов лифтов. Утверждено Приказом Министерства Российской Федерации по земельной политике, строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 17.08.98 г. № 53.
4. ГОСТ Р 53780—2010 (ЕН 81-1:1998, ЕН 81-2:1998). Национальный стандарт Российской Федерации. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке.
5. www.lift-press.ru. Следующая остановка — "Приватизация" ... Куда мчится московский лифт? Источник: © "Совершенно секретно". URL: http://www.lift-press.ru/view_post.php?id=3609 (дата обращения 25.08.2017).

V. V. Kotelnikov, Director, LTD "Lift Security System", Moscow,

V. Ph. Martynjuk, Professor, e-mail: anaopa@gmail.com, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow

The Hazard of Lift Emergency Stops. The Evacuation of Passengers without the Necessity of the Cab Movement

The hazard analysis of lift emergency stops was carried out. The hazard events and causes were identified, which lead to a failure in the lift operation. The failure stops areas and modes are distinguished, which define the passenger evacuation possibility. The injury risk analysis was performed for the case of passenger evacuation from the lift, which stopped in area, where there are possibility of evacuation without the cab movement.

Keywords: lift, accident, emergency stop, injury

References

1. Kotelnikov V. V., Martynjuk V. Ph., Lysenko O. S. Analiz travmatizma i avarijnosti na lifтах. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2012. No. 8. P. 19—22.
2. Analiz avarij i neschastnyh sluchaeв na pod'emnyh sooruzhenijah: Uchebnoe posobie / Pod redakciej V. V. Kotelnikova, V. Ph. Martynjuka. Moscow: ООО "Analiz opasnostej", 2008. 356 p.
3. Polozhenie o sisteme planovo-predupreditel'nyh remonтов lifтов. Uтверzhdeno Prikazom Ministerstva Rossijskoj

- Federacii po zemel'noj politike, stroitel'stvu i zhilishhno-kommunal'nomu hozjajstvu ot 17.08.98 g. No 53.
4. ГОСТ R 53780—2010 (ЕН 81-1:1998, ЕН 81-2:1998). Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Lifty. Obshhie trebovanija bezopasnosti k ustrojstvu i ustanovke".
5. www.lift-press.ru. Sledujushhaja ostanovka — "Privatizacija" ... Kuda mchitsja moskovskij lift? Istochnik: © "Sovershenno sekretno". URL: http://www.lift-press.ru/view_post.php?id=3609 (date of access 26.08.2017).

УДК 629.039.58

Е. А. Андреев, преп., e-mail: evgeny.979@mail.ru, **А. С. Орлов**, канд. техн. наук, преп., **А. А. Левчук**, канд. техн. наук, ст. преп., **М. А. Марченко**, канд. техн. наук, доц., Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург

Пожарная безопасность в электроустановках

Рассмотрены некоторые проблемы возникновения пожаров при эксплуатации электроустановок. Проведен краткий анализ статистических данных возникновения пожаров и существующих документов в области обеспечения пожаробезопасности. Проведен анализ причин возникновения пожаров и выбор аппаратов защиты, применяемых в электроустановках. Предложено использование аппарата защиты для предотвращения искрения как в линиях электропередач, так и в электроприемниках, которое может обеспечить снижение возникновения предпосылок к возможным очагам возгорания.

Ключевые слова: электроустановка, эксплуатация электроустановок, пожар, пожарная безопасность, электротравматизм, электробезопасность

Введение

Технический прогресс, а вместе с ним и развитие экономики государства требуют повсеместного внедрения достижений науки. Электрическая энергия используется во всех областях деятельности человека и, пожалуй, нет другого вида энергии, способного конкурировать с электрической энергией по удобству ее использования, доступности, возможности преобразования в другие виды энергии и передачи на большие расстояния без значительных потерь. Но не стоит забывать, что использование электрической энергии связано с пожарной опасностью при эксплуатации электроустановок.

Разработка эффективных мероприятий по электро- и пожарной безопасности существенно зависит от того, насколько точно вскрыты причины происшествий. Несмотря на то, что обеспечение электро- и пожарной безопасности электроустановок регламентируется нормативными документами, соблюдение которых является обязательным на всех этапах проектирования, монтажа и эксплуатации, в последние годы количество пожаров, возникших при эксплуатации электроустановок, увеличивается.

Пожарная безопасность при эксплуатации электроустановок

Анализ совокупной информации свидетельствует о том, что Россия занимает лидирующее место по сравнению с развитыми странами Запада по такому показателю пожарной опасности, как число погибших на 10 тыс. человек населения. По приведенным в открытых источниках данным число погибших в пожарах в 2016 г. на 10 тыс. человек в Российской Федерации

составило 7 человек, США — 0,75 и Германия — 0,35 человека. Статистические данные о пожарах в Российской Федерации свидетельствуют, что в 2016 г. произошло около 41 151 пожаров (см. таблицу), связанных с использованием электротехнических изделий и эксплуатацией электроустановок, что составляет около 29 % всех пожаров за год, а это превышает показатели 2015 г. В этих пожарах погибло чуть менее 2000 человек, было уничтожено более 20 тыс. строений, что привело к значительным финансовым потерям.

Статистические данные показывают, что на долю электротравм среди населения приходится от 30 до 60 % общего числа регистрируемых травм и тенденция к их снижению пока не наблюдается. Необходимо отдельно отметить, что третья часть бытового электротравматизма приходится на детский. Демографическая частота электротравматизма, т. е. число электропоражений с летальным исходом на 1 млн человек, в целом по России составляет $30 \cdot 10^{-6}$... $40 \cdot 10^{-6}$. Это значение более чем на порядок превышает аналогичный показатель в развитых странах.

Такая сложившаяся ситуация в области пожарной безопасности в электроустановках обусловливается комплексом факторов социального, экономического, организационного и технического характера. Основными из них можно считать следующие:

- значительный амортизационный износ электрических установок и сетей;
- недостаточность финансовых средств, выделяемых на техническое обслуживание и освидетельствование электроустановок;
- отсутствие или несоответствие современным требованиям нормативно-технической базы в области электро- и пожарной безопасности;



Статистика пожаров в Российской Федерации за январь—декабрь 2016 г.

Показатель	Количество пожаров, единиц	Прямой материальный ущерб от пожаров, тыс. руб.
Поджоги	15 652	2 795 277
Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов	41 374	5 448 501
Неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства	518	525 718
Неосторожное обращение с огнем в том числе шалость детей с огнем	41 951 2 107	1 166 285 53 058
Нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ	950	674 046
Взрывы	85	9 635
Самовозгорание веществ и материалов	519	48 693
Неисправность и нарушение правил эксплуатации печного отопления	23 128	1 164 522
Неустановленные причины пожаров	1 557	920 099
Прочие причины пожаров	13 959	1 571 053

- отсутствие современных высокоэффективных средств электрической защиты.

Некоторое негативное влияние на условия пожарной безопасности оказывают и коммунальные службы. Сбои в работе отопительной системы жилых домов и административных зданий приводят к неплановому увеличению электрических мощностей потребителей, перегрузке электрических сетей, которые в свою очередь вызывают аварии и пожары [1].

Электроустановками будем называть совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии [2].

Для возникновения и развития пожара необходимо наличие трех одновременно действующих факторов: горючей среды (горючих материалов), окислителя и источника зажигания. Горючая среда присутствует практически во всех помещениях, зданиях и сооружениях. Это горючие строительные конструкции, сырье, готовая продукция, вещества, применяемые в технологических процессах (горючие газы, пары легковоспламеняющихся жидкостей, горючая пыль), изоляционные материалы (резина, полиэтилен, полихлорвинил, трансформаторное масло, полистирол, хлопчатобумажные и шелковые ткани, капрон, битум и т. п.).

Для предупреждения пожаров от возгорания электротехнических изделий необходимо исключить один из перечисленных выше факторов.

Однако в большинстве случаев устранить сгораемую изоляцию, сгораемое сырье, сгораемую готовую продукцию не представляется возможным. То же самое можно сказать и о кислороде воздуха. Поэтому, чтобы не допустить возникновения пожара от действия электрического тока, следует не допускать появления источника зажигания или, если это по тем или иным причинам невозможно, его контакта со сгораемыми материалами [3].

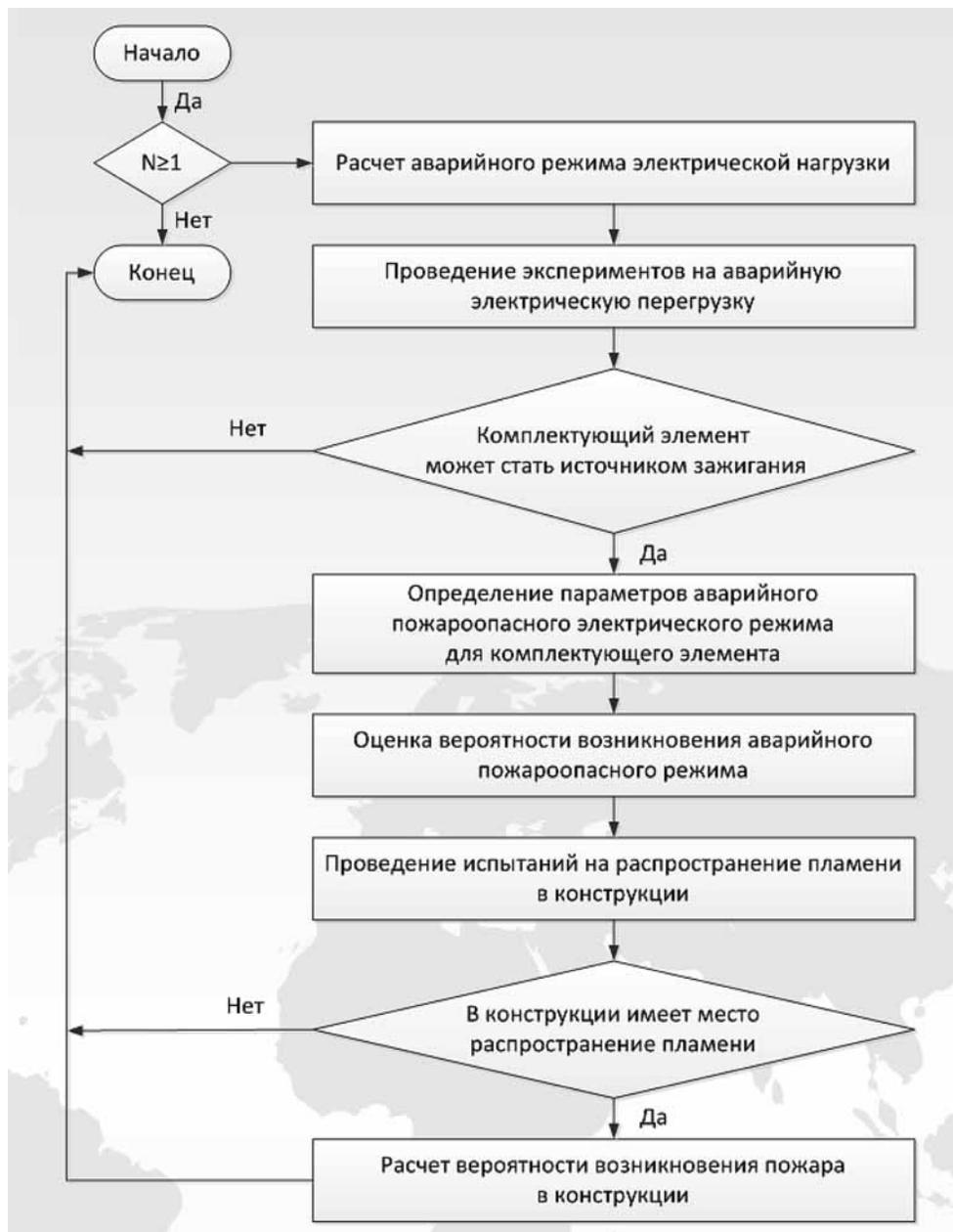
Объективным показателем оценки пожарной опасности электротехнических изделий является вероятность возникновения пожара, учитывающая как возникшие пожары, так и число изделий данного вида, находящихся в эксплуатации. Фактическая вероятность возникновения пожаров от возгорания электротехнических изделий определяется по формуле

$$Q = n/N,$$

где n — число пожаров в год от возгорания электротехнических изделий определенного вида; N — число электротехнических изделий определенного вида, находящихся в эксплуатации.

Для оценки пожарной опасности электротехнического изделия необходимо разрабатывать индивидуальную программу и методику испытаний, учитывающую типы применяемых комплектующих элементов, материалов, конструкцию изделия. Алгоритм оценки пожарной опасности электротехнических изделий приведен на рисунке [4]. Испытания этих изделий на пожарную опасность проводят специализированные лаборатории.

Пожарная безопасность электрических сетей определяется рядом факторов: соответствием



Алгоритм определения пожарной опасности электротехнических изделий: N — число комплектующих элементов в электротехническом изделии

марки проводника и способа прокладки характеру и свойствам окружающей среды, в том числе и ее пожаровзрывоопасности; соответствием сечения проводников токовой нагрузке; выбором номинальных параметров аппаратов защиты от токов перегрузки и коротких замыканий; соблюдением требований монтажа, эксплуатации и т. д.

Важным фактором обеспечения пожарной безопасности электрических сетей является допустимый нормами уровень нагрева проводников.

Температура проводника, длительное время не находящегося под нагрузкой током, равна температуре окружающей среды. Если такой проводник нагрузить током неизменной величины I , его температура начнет увеличиваться и постепенно достигнет установившейся величины T_y , соответствующей току I .

Представим отрезок проводника, в котором с момента $\tau = 0$ появился ток I . Примем температуру среды, равной нулю, и рассмотрим превышение температуры проводника $T(\tau)$ над

температурой среды, т. е. перегрев провода. Тогда за время dt в проводнике, имеющем активное сопротивление r , выделится тепловая энергия

$$Q_{\text{выд}} = I^2 r dt.$$

Часть этой энергии $Q_{\text{нагр}}$ будет затрачена на нагревание проводника, другая часть $Q_{\text{рас}}$ будет рассеяна в окружающую среду путем лучеиспускания с поверхности провода, конвекции и теплопроводности:

$$Q_{\text{нагр}} = cm dT,$$

где c — теплоемкость провода, Дж/кг; m — масса провода, кг;

$$Q_{\text{рас}} = \alpha T_y dt,$$

где α — коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С). В результате получаем:

$$Q_{\text{выд}} = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{рас}}.$$

Таким образом, опасность возникновения пожара от электрического тока обусловлена тепловой природой его проявления и горючестью электроизоляционных и других материалов [3]. По данным статистики основными причинами пожаров от электрического тока являются: короткие замыкания; действие электрической дуги; перегрузки в электрических сетях; большие переходные сопротивления в электрических контактах; искрения; несоблюдение безопасного расстояния от электроустановок до горючих материалов.

Основными путями распространения пожара в электроустановках являются электрические сети, связывающие между собой практически все помещения здания, участки и оборудование. Зачастую именно по электрическим коммуникациям происходит развитие и распространение пожара.

Многообразие технологических процессов производств, а также различные режимы работы технологического оборудования, установленного внутри и вне зданий, создают различные условия пожароопасности в производственных помещениях и наружных установках. В связи с этим для практического решения вопроса по выбору электрооборудования "Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности" и "Правилами устройства электроустановок" (ПУЭ) вводятся понятия: пожароопасной зоны (ПЗ); взрывоопасной зоны (ВЗ).

Классификация пожароопасных и взрывоопасных зон применяется для выбора электрооборудования по степени их защиты, обеспечивающей их пожаровзрывобезопасную эксплуатацию в указанной зоне.

Определение границ и класса пожароопасной и взрывоопасной зон проводится технологами совместно с электриками проектной или эксплуатационной организации.

Согласно ПУЭ пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещения, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях. Пожароопасные зоны определяются и обозначаются нормативно.

Для защиты электрических сетей и потребителей электрической энергии от токов перегрузок и токов короткого замыкания ПУЭ предписывают применять автоматические выключатели, либо предохранители с предусмотренными проектом плавкими вставками.

Применение устройства защитного отключения (УЗО) предназначено для обеспечения электро- и пожарной безопасности в бытовых и промышленных электроустановках. Из всех известных средств защиты от электрического тока УЗО является единственным устройством, обеспечивающим защиту человека от поражения током, даже в случае прямого прикосновения к токоведущим частям. Устройство защитного отключения предотвращает возгорания и пожары, возникающие вследствие длительного протекания токов утечки и развивающихся из них токов короткого замыкания.

Данный аппарат производит отключение потребителей электрической энергии при возникновении в них токов утечки, величина которых значительно меньше токов короткого замыкания. Поэтому УЗО предупреждают нагрев проводников, обеспечивая также пожарную безопасность. В нормативных документах имеется указание на то, что электроснабжение, электрооборудование и электрическое освещение зданий должны соответствовать требованиями ГОСТ Р 50807—95 "Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током" и ГОСТ Р 50571.23—2000 "Электроустановки зданий". Эти нормативные документы определяют правила применения в сетях и электроустановках зданий УЗО — наиболее эффективного электрозащитного и противопожарного средства.

Рассмотренные выше электротехнические аппараты защиты не реагируют на искрение в электрических сетях. Термин "электрическое искрение" определен в ПУЭ [2] как электрическое искрение — искровые, дуговые и тлеющие электрические разряды (п. 7.3.5 ПУЭ).

Основные причины возникновения искрения:

- механическое повреждение изоляции токоведущего кабеля;
- излом кабеля вследствие неправильной прокладки с недопустимо малым углом изгиба;
- повреждения кабеля в местах постоянного механического воздействия;
- повреждение или старение изоляции, вызванное климатическими воздействиями,



ультрафиолетовым излучением, температурой, влагой, газами;

- повреждения, вызванные грызунами;
- потеря контактов из-за окисления проводов, ослабления прижима.

Российским производителям удалось наладить выпуск устройства защиты от искрения (УЗИс). Данные устройства предназначены для снижения риска пожара в распределительных сетях вследствие тока искрения, который создает риск воспламенения в определенных условиях, если искрение продолжается, и для автоматизированного предупреждения возникновения очага возгорания от искрения в электрических сетях или электроустановках, подключенных через него к питающей сети.

Искрение возникает в местах нарушения нормального электрического контакта между элементами электрических сетей и электроустановок и проявляется в виде искровых разрядов между этими элементами, сопровождаясь повышенным тепловыделением и разлетанием искр. Искрение не распознается автоматическими выключателями и УЗО, так как не вызывает роста тока и его утечки на землю.

В западных странах первые устройства защиты от дуговых пробоев начали выпускаться в 1997 г. При этом на первом этапе они предназначались именно для отключения цепи при параллельных дуговых пробоях, и только с 2005 г. появились образцы, реагирующие и на повторное искрение.

В настоящее время по данным NEMA (National Electrical Manufacturers Association) УЗИс выпускаются рядом американских и европейских фирм:

Cutler Hammer (Eaton), GE (General Electric), Murray, Siemens, Square D (Schneider Electric).

Заключение

В зависимости от выбранной стратегии и характера применяемых мер прогноз уровня электропожаробезопасности может развиваться по негативному или позитивному сценарию.

Позитивный вариант развития обстановки с электротравматизмом и пожарами возможен при реализации целого комплекса мероприятий, направленных на соблюдение основных положений федерального закона о пожарной безопасности, основ законодательства об охране труда и федеральной целевой программы "Пожарная безопасность и социальная защита", внедрения новых аппаратов защиты, применяемых в электроустановках. При позитивном варианте можно ожидать в течение 3—5 лет повышения уровня пожарной безопасности и сокращения материальных потерь.

Список литературы

1. Демин В. И., Седой Ю. Н., Гром Д. С. К вопросу оценки состояния электробезопасности на предприятиях // Электронный сетевой политематический журнал Научные труды КубГТУ. — 2015. — № 3. URL: <http://ntk.kubstu.ru/tocs/10> (дата обращения 23.01.2017).
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е изд. — СПб.: Изд. ДЕАН, 2002. — 176 с.
3. Черкасов В. Н., Костарев Н. П. Пожарная безопасность электроустановок: Учебник. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. — 377 с.
4. Иванов В. Г., Курочкин Е. Н. Основы электробезопасности. — М.: МО СССР, 1983. — 27 с.

E. A. Andreev, Lecturer, e-mail: evgeny.979@mail.ru, **A. S. Orlov**, Lecturer, **A. A. Levchuk**, Senior Lecturer, **M. A. Marchenko**, Associate Professor, Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky, Saint-Petersburg

Fire Safety in Electrical Device

The development of effective measures for electrical and fire safety depends significantly on how accurately the causes of the incidents are revealed. Despite the fact that the provision of electrical and fire safety of electrical device is regulated by regulatory documents, compliance with which is mandatory at all stages of design, installation and operation, in recent years the number of fires that have arisen in the operation of electrical device is increasing.

The article discusses some problems of the occurrence of fires in the operation of electrical device. A brief analysis of statistical data on the occurrence of fires and existing documents in the field of fire safety was conducted. The analysis of the causes of fires and the choice of protection devices in the electrical device are analyzed. It is proposed to use a device to prevent arcing in power lines, which can provide a reduction in the occurrence of prerequisites for possible fires.

Keywords: electrical, electrical device, electrical operation, fire, fire safety, electric traumatism, electrical safety

References

1. Demin V. I., Sedoy Ju. N., Grom D. S. K voprosu otsenki sostoyania elektrobezopasnosti na predpriyatiyah [To the issue of assessing the state of electrical safety in enterprises]. *Network-journal Scientific works of KubSTU*. 2015. No 3. URL: <http://ntk.kubstu.ru/tocs/10> (date of access 23.01.2017).

2. **Pravila** ustroistva electroustanovok [Rules for the installation of electrical installations. 7th edition]. Saint-Petersburg: DEAN, 2002. 176 p.
3. **Cherkasov V. N., Kostarev N. P.** Pozharnaya bezopasnost' electroustanovok: Uchebnik [Fire safety of electrical device]. Moscow: Ministry of Emergency Situations, 2002. 377 p.
4. **Ivanov V. G., Kurochkin E. N.** Osnovi elektrobezopasnosti. [Basics of electrical safety]. Moscow: MoD USSR, 1983. 27 p.

УДК 378, УДК 614.8

О. М. Зиновьева, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры,
А. В. Золкина, начальник отдела, ст. преп., **Н. В. Ломоносова**, зам. начальника отдела,
А. М. Меркулова, канд. техн. наук, доц. кафедры. e-mail: anna-merkulova@yandex.ru,
Н. А. Смирнова, канд. техн. наук, доц. кафедры, Национальный
исследовательский технологический университет "МИСиС" (НИТУ "МИСиС"),
Москва

Вопросы интеграции онлайн-курсов в систему высшего образования (на примере дисциплины "Безопасность жизнедеятельности")

Материал, изложенный в данной статье, посвящен вопросам интеграции онлайн-курсов в образовательные программы высшего образования. Определена концепция формирования онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности НИТУ "МИСиС" на платформе "Открытое образование": структура курса, условия и правила работы на платформе, методы контроля и учета индивидуальных результатов (рейтинга). Рассмотрена структура индивидуальных образовательных траекторий студентов — принцип формирования рейтинга, временные ограничения, условия получения сертификата о прохождении курса. Проанализированы результаты работы студентов-слушателей онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" одного из институтов НИТУ "МИСиС". Выявлены и обобщены мнения преподавателей и студентов относительно преимуществ использования онлайн-курсов в очном обучении и перспектив их развития. Предложены направления дальнейшего методического совершенствования онлайн-курса по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности".

Ключевые слова: онлайн-образование, дистанционное обучение, безопасность жизнедеятельности, электронные формы обучения, электронные образовательные ресурсы, проблемы образования, MOOC-Massive open online courses

Использование разнообразных видов электронных образовательных ресурсов в современных вузах уже достаточно давно признано профессионально-педагогическим сообществом как один из эффективных методов преподнесения учебного материала. В то же время очевидно, что бессистемное и нерегулируемое использование онлайн-курсов в качестве элементов самообразования или дополнительного образования обучающихся, не способно заменить традиционное очное обучение студентов. В контексте "Порядка применения... дистанционных образовательных технологий..." [1] становится возможным применять электронные технологии при всех предусмотренных законодательством РФ формах получения образования (или их сочетании): при проведении различных видов учебных, лабораторных и практических занятий, практик (за исключением производственной практики), текущего контроля, промежуточной аттестации обучающихся и т. д. В связи с этим вопрос актуальности интеграции онлайн-курсов в систему высшего образования приобретает особое значение.

Несмотря на то, что первые упоминания об онлайн-курсах в современном понимании данного термина (МООС — "Massive open online courses") появились в 2007—2008 гг., их популярность возростала крайне динамично. Сегодня онлайн-курсы попадают в топовые рейтинги наиболее перспективных тенденций развития образования до 2028 г. Порталы зарубежных онлайн-курсов исчисляются сотнями ресурсов, из которых наибольшую популярность завоевали EdX, Coursera, Academic Earth, Udacity, Khan Academy и т. д. Среди русскоязычной аудитории известны и широко применяются порталы "Универсариум", "Лекториум", "Интуит", а также "Открытое образование", на опыте использования которого базируется исследование, проведенное авторами данной статьи.

Цель исследования — анализ опыта интеграции онлайн-курса в учебный процесс НИТУ "МИСиС" (на примере онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности"). "Безопасность жизнедеятельности" — обязательная дисциплина федеральных государственных образовательных



стандартов всех направлений первого уровня высшего образования (бакалавриата) и специалитета. В связи с тем, что обеспечение безопасности входит в число профессиональных задач специалистов различных областей и уровней подготовки, также представляется актуальным использование онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" и для дополнительного образования [2].

Авторами рассматриваемого в данной работе онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" являются: проф., д-р техн. наук Б. С. Мастрюков, зав. кафедрой техносферной безопасности, д-р техн. наук Т. И. Овчинникова, доц., канд. техн. наук О. М. Зиновьева, доц., канд. техн. наук А. М. Меркулова и генеральный директор компании "Tactise" Д. Ю. Козлов.

Онлайн-курс "Безопасность жизнедеятельности" представлен на Национальной образовательной платформе "Открытое образование" [3] 10 модулями:

- Модуль 1: Введение в безопасность. Основные понятия, термины и определения.
- Модуль 2: Человек и техносфера.
- Модули 3 и 4: Идентификация и воздействие на человека опасных и вредных факторов среды обитания.
- Модули 5 и 6: Защита человека от опасных и вредных факторов природного, антропогенного и техногенного происхождения.
- Модуль 7: Обеспечение комфортных условий для жизни и деятельности человека.
- Модуль 8: Психофизиологические и эргономические основы безопасности.
- Модуль 9: Чрезвычайные ситуации и методы защиты от них.
- Модуль 10: Управление безопасностью жизнедеятельности.

Согласно сложившимся принципам формирования структуры массовых открытых онлайн-курсов каждый из перечисленных модулей состоит из лекционного, практического и контрольного блоков. Лекционный блок представляет собой набор из нескольких видеороликов (средней продолжительностью 15 мин), разбивающих тему каждой очередной лекции на небольшие смысловые фрагменты. Видеоролики — это записанные и смонтированные студийные видео, адаптированные к восприятию обучающихся при помощи добавления графического, текстового и фотоматериала.

Практический блок онлайн-курса представлен методическими рекомендациями по решению практических задач в области обеспечения безопасности. Они включают основные теоретические положения, методики расчета, разбор решения задач, индивидуальные исходные данные для самостоятельного решения и ответы, предназначенные для самопроверки.

Контрольный блок состоит из двух частей: тестовые вопросы (3...5 шт.) к каждому видеоролику

и контрольный тест (18 вопросов), охватывающий материалы модуля в целом.

Работа слушателя организована следующим образом: после регистрации на портале "Открытое образование" и записи на курс "Безопасность жизнедеятельности" в личном кабинете обучающегося последовательно отображаются материалы по каждому модулю. В целях соблюдения предусмотренной онлайн-курсом образовательной траектории, увидеть сразу все материалы курса слушатель не может, они "открываются" еженедельно. Однако доступ к материалам и заданиям следующей недели слушатели получают независимо от успешности и своевременности выполнения предшествующих заданий. Материалы онлайн-курса остаются доступными на весь период работы.

В течение недели обучающемуся необходимо посмотреть все доступные видеоролики, прорешать задачи по практике, пройти тестовые вопросы к видеороликам (предусмотрены две попытки выполнения теста с последующей демонстрацией правильных ответов) и выполнить контрольный тест по модулю (предусмотрены 16 вопросов по видеороликам и две задачи по практике, одна попытка).

Система оценки заданий контрольного блока — балльная (максимальный балл — 100, соответствующий 100 % выполнения). Установлены сроки выполнения заданий контрольного блока (дедлайны) — две недели. В случае несоблюдения сроков, задание не может быть отправлено на проверку и за него не начисляются баллы.

После выполнения 10 модулей слушателю необходимо пройти финальное тестирование, включающее оценку знаний по всему пройденному материалу. Тест состоит из 25 вопросов по всему курсу (теория и задачи). Для получения сертификата о прохождении онлайн-курса на платформе "Открытое образование" обязательна процедура онлайн-прокторинга, предполагающая идентификацию личности слушателя (при помощи средств трансляции экрана, захвата звука, биометрических технологий и т. п.) и мониторинг выполнения им итогового теста с использованием веб-камеры. Кроме того, слушателю необходимо набрать не менее 75 % итогового результата. В данном случае следует отметить, что сертификат является подтверждением успешного освоения обучающимся онлайн-курса (ст. 60 п. 15 № 273-ФЗ "Об образовании в РФ" [4]) и может быть предъявлен студентом в иной образовательной организации в качестве документа, являющегося основанием для перезачета полученных результатов. Кроме того, в случае реализации вузами сетевых образовательных программ подобная сертификация студентов является удобным механизмом виртуальной академической мобильности.

Наличие сертификата, подтверждающего успешное освоение обучающимся онлайн-курса,

также может учитываться в качестве индивидуальных достижений. Например, в НИТУ "МИСиС" с 2017 г. при приеме в магистратуру наличие сертификата об окончании онлайн-курса НИТУ "МИСиС" на платформе "Открытое образование" дает поступающему дополнительные баллы, которые включаются в сумму конкурсных баллов с учетом направления подготовки [5].

Итоговый результат (Итого, %) освоения онлайн-курса слушателем определяется по формуле

$$\begin{aligned} \text{Итого} = & 0,1 \cdot \text{HW}_{\text{Avg}} + \\ & + 0,4 \cdot \text{Midterm}_{\text{Avg}} + 0,5 \cdot \text{Final}_{\text{Avg}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где HW_{Avg} — усредненный результат освоения тестовых вопросов к видеороликам, %;

$\text{Midterm}_{\text{Avg}}$ — усредненный результат освоения контрольных тестов к модулям, %;

$\text{Final}_{\text{Avg}}$ — усредненный результат финального теста (усреднение по двум возможным попыткам), %.

Наблюдать собственную динамику освоения онлайн-курса слушатель может в виде гистограмм достижений по всем заданиям курса. На рис. 1 представлен пример достижений одного из слушателей онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности".

Онлайн-курс впервые стартовал на Национальной образовательной платформе "Открытое образование" весной 2016 г., и на него подписались 727 слушателей. Для возможности интегрирования онлайн-курса в учебный процесс было принято решение о совмещении сроков запуска курса на платформе с началом семестров. Таким образом, курс доступен слушателям два раза в году: с сентября по январь и с февраля по июнь.

Осенью 2016 г. началась интеграция онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" в учебный процесс НИТУ "МИСиС" и филиалов по всем

направлениям подготовки бакалавриата и специалитета. Общее число слушателей осенью 2016 г. составило 2817, из них 802 — студенты НИТУ "МИСиС" (в том числе 64 — по филиалам), а весной 2017 г. общее число составило 1988, из них 599 — студенты НИТУ "МИСиС" (в том числе 152 — по филиалам).

Работа была организована следующим образом. На первой встрече со студентами на лекции по расписанию преподаватель рассказывает об интегрированном обучении по онлайн-курсу "Безопасность жизнедеятельности" в текущем семестре. Обговаривается режим очной и дистанционной работы, формы контроля и порядок зачета результатов обучения. Старт онлайн-курса предусмотрен на две недели позже даты начала семестра, поэтому добросовестные студенты успевают зарегистрироваться на портале, подписаться на онлайн-курс и начать работу без опозданий.

Старосты групп собирают и предоставляют ведущему преподавателю необходимую информацию (Ф.И.О., логин, e-mail) для дальнейшего мониторинга студентов-слушателей в течение семестра. Техподдержка информирует преподавателей о достижениях студентов на портале с интервалом в две недели.

В соответствии с учебными планами НИТУ "МИСиС" для разных направлений подготовки бакалавриата и специалитета по онлайн-курсу "Безопасность жизнедеятельности" предусмотрен комплекс различных форм занятий: лекционные, практические и лабораторные, которые внесены в расписание занятий студентов.

В условиях интеграции в образовательный процесс рассматриваемого онлайн-курса, методика проведения перечисленных форм занятий несколько видоизменяется и трансформируется в одну из известных педагогических моделей

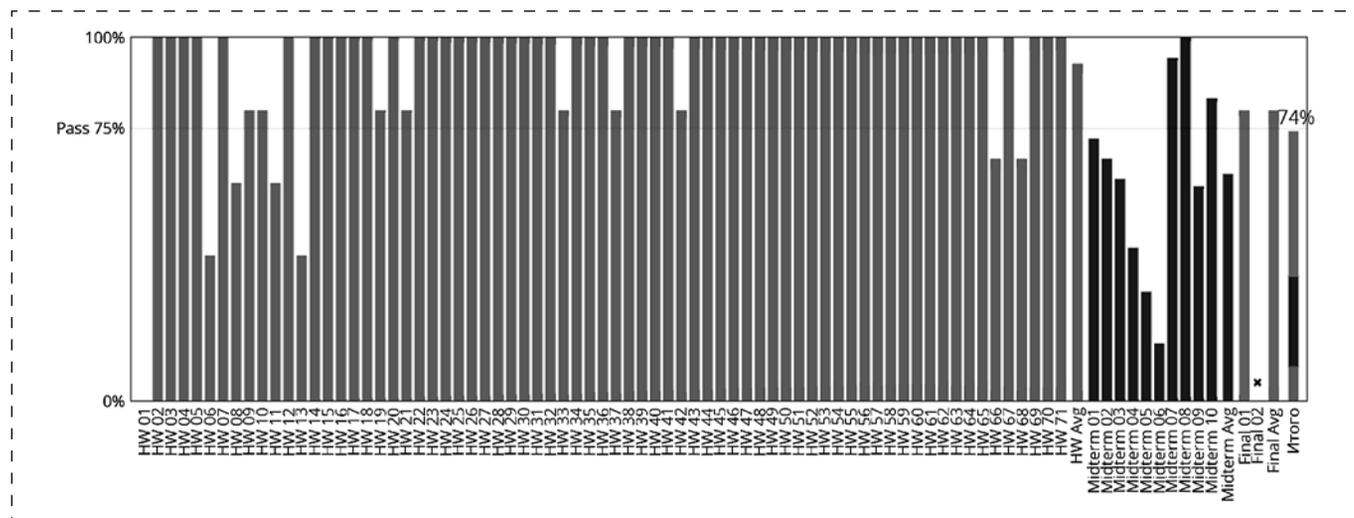


Рис. 1. Пример достижений слушателя онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" на платформе "Открытое образование"

смешанного обучения студентов "Flipped class" [6]. При использовании данной модели очные лекционные занятия проводятся в режиме обсуждения вопросов и сложностей заблаговременно пройденной обучающимися на портале видеолекции. В зависимости от направления подготовки студентов преподаватель дополняет лекционный материал профессиональной спецификой. На практических занятиях разбираются наиболее сложные аспекты решения задач, представленных на платформе "Открытое образование".

Лабораторные работы проводятся в классическом очном режиме по расписанию занятий в специализированной лаборатории "Безопасность жизнедеятельности".

В конце семестра ежедневно в течение двух недель в специально выделенных компьютерных классах студенты организованно проходят финальное тестирование. Допуск к нему осуществляется с идентификацией личности (по паспорту или студенческому билету), что означает возможность получения сертификата при наборе необходимого количества баллов (без процедуры онлайн-прокторинга).

Итоговый результат (см. формулу (1)) освоения онлайн-курса студентов-слушателей на платформе "Открытое образование" переводится в балльную шкалу, принятую в НИТУ "МИСиС" (см. таблицу).

При неудовлетворительной работе в течение семестра студент считается задолжником, и преподаватель продолжает с ним работу очно в индивидуальном режиме.

На рис. 2 представлены результаты работы студентов-слушателей (на примере студентов института "Экономики и управления промышленными предприятиями", направления подготовки бакалавриата 38.03.01 "Экономика", 38.03.02 "Менеджмент" и 38.03.05 "Бизнес-информатика", 2 курс, 221 студент-слушатель) весной 2017 г.

Как видно из приведенных данных, большое число студентов-слушателей (66 %) получили высокие результаты ("отлично" и "хорошо"). Это мотивированные, хорошо организованные студенты, которые работали на платформе системно, последовательно выполняя все необходимые задания в установленные сроки. Другая же часть слушателей — это студенты, которые работали

Таблица соотношений

Оценка	Баллы
Отлично (5)	85...100
Хорошо (4)	70...84
Удовлетворительно (3)	50...69
Неудовлетворительно (2)	Менее 50

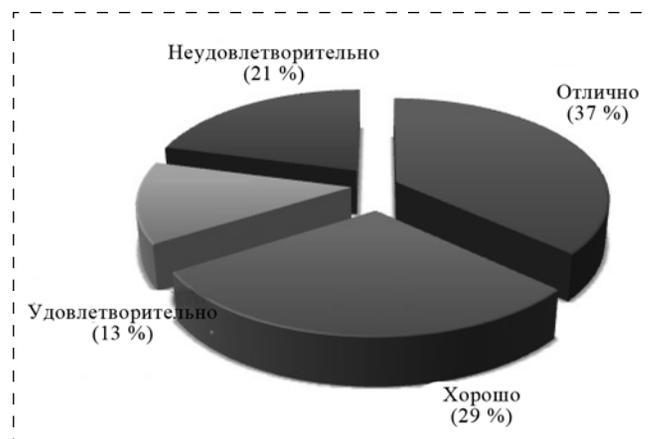


Рис. 2. Итоговые результаты по онлайн-курсу "Безопасность жизнедеятельности" на платформе "Открытое образование" студентов института "Экономики и управления промышленными предприятиями" НИТУ "МИСиС"

эпизодически, грубо нарушали сроки выполнения заданий, проходили контрольные блоки без подготовки, или студенты, которые записались на курс, однако дальнейших шагов по освоению образовательной траектории не совершали.

Неудовлетворительный результат (21 %) получили студенты не только с низким уровнем владения материалом (28 % от общего числа слушателей с неудовлетворительным результатом), но и студенты с нарушениями при прохождении финального тестирования или неявкой на него (72 %).

Усредненные результаты различных видов контроля освоения онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" на платформе "Открытое образование" (тестовые вопросы к видеороликам, контрольные тесты к модулям, финальный тест и итоговый результат) представлены на рис. 3.

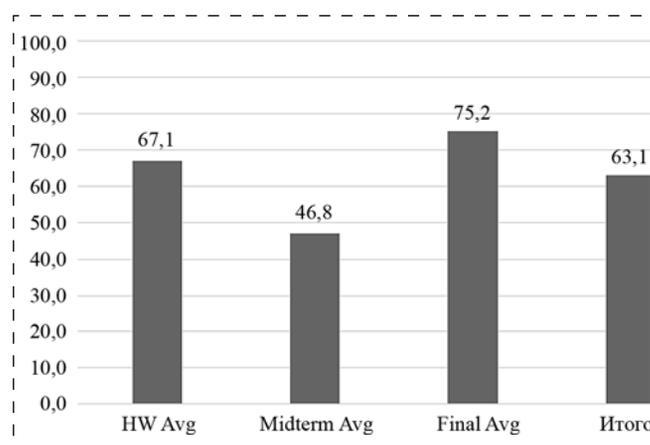


Рис. 3. Усредненные результаты освоения тестовых вопросов к видеороликам (HW_{Avg} , %), контрольных тестов к модулям ($Midterm_{Avg}$, %), финального теста ($Final_{Avg}$, %) и итогового результата (Итого, %) по онлайн-курсу "Безопасность жизнедеятельности" на платформе "Открытое образование" студентов института "Экономики и управления промышленными предприятиями" НИТУ "МИСиС"

Обработка усредненных результатов освоения онлайн-курса студентами-слушателями показала, что наиболее высокие баллы студенты получили на финальном тестировании (75,2 %), а хуже всего справились с контрольными тестами к модулям (46,8 %). Это связано с тем, что к моменту сдачи финального теста на основании данных о своих достижениях студенты могли прогнозировать свои окончательные результаты (ИТОГ), что мотивировало их к качественной подготовке. Низкие баллы за контрольные тесты к модулям свидетельствуют о неравномерной работе студентов в течение семестра. Это же подтверждает динамика работы среднестатистического студента-слушателя, которая приведена на рис. 4, где отражено классическое поведение среднестатистического студента в течение семестра.

Другими словами, отражена объективная динамика учебно-познавательной деятельности обучающегося на протяжении освоения онлайн-курса. На первом этапе он активно включается в работу и старается выполнять необходимые задания в срок. Ему интересна новая форма обучения, что дополнительно "подогревает" интерес. Далее следует фаза "расслабления": студент начинает откладывать обучение, считая, что времени достаточно. В результате пропускаются сроки — дедлайны, некачественно выполняется контрольный блок. На последнем этапе студент активизируется, так как осознает, что приближается окончание семестра. Снижение активности на платформе "Открытое образование" в конце онлайн-курса, вероятнее всего, связано с наложением аналогичной динамики освоения других изучаемых дисциплин в семестре.

На уровне административного обеспечения процесса интеграции онлайн-курсов

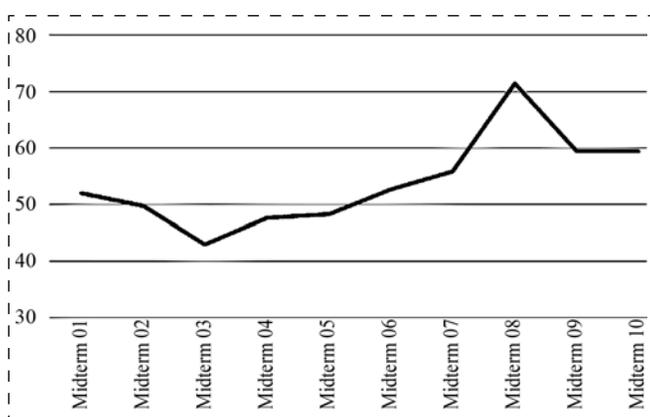


Рис. 4. Усредненная активность среднестатистического студента-слушателя по онлайн-курсу "Безопасность жизнедеятельности" на платформе "Открытое образование" (усредненные проводили по баллам, полученным студентами института "Экономики и управления промышленными предприятиями" НИТУ "МИСиС" за каждый из 10 контрольных тестов к модулям Midterm₀₁ — Midterm₁₀, %)

в образовательную среду вуза зачастую возникают проблемы, связанные с финансовыми сложностями по созданию, адаптации и поддержке электронного учебно-методического комплекса. При значительном количестве слушателей онлайн-курса также могут проявляться трудности нехватки технического персонала, поддерживающего электронный курс. Кроме того, исследователи данной проблемы склонны утверждать, что в контексте развития МООС все чаще встает вопрос борьбы с плагиатом [7].

Тем не менее основные дискуссии профессионально-педагогического сообщества, направленные на регламентирование интеграции онлайн-курсов в высшее образование, лежат в проблемном поле нормирования трудоемкости. Речь идет не только об учете использования электронных ресурсов при расчете нагрузки преподавателей, но и при определении совокупных норм учебной нагрузки студента. Немаловажное значение имеет и мотивационная составляющая внедрения онлайн-курсов в систему очного высшего образования. Выявление особенностей МООС: как стимулирующих всех участников образовательного процесса к использованию данных технологий, так и препятствующих этому, было осуществлено с помощью метода анкетирования.

В результате опроса студентов-слушателей онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" были выявлены следующие основные положительные, по мнению студентов, аспекты такой формы обучения, позволяющие:

- просматривать видеолекции в любое удобное время и в любом месте;
 - заниматься в привычном для каждого темпе (ставить на паузу, отматывать назад, смотреть видеоролики по частям, контролировать длительность и интенсивность занятий и др.);
 - просматривать видеолекции неограниченное число раз;
 - не пропускать лекции, даже если нет возможности присутствовать очно (например, по состоянию здоровья);
 - проходить контрольные мероприятия в комфортной обстановке и в удобное время;
 - быть уверенным в объективности оценки знаний (минимизация субъективного отношения со стороны преподавателя);
 - общаться на форуме по вопросам и сложностям при прохождении курса с широким кругом заинтересованных слушателей и преподавателями.
- К основным отрицательным особенностям использования онлайн-курса в учебном процессе вуза, которые отметили студенты-слушатели, можно отнести:

- необходимость в высоком уровне самодисциплины и самоорганизации;
- наличие технических средств обучения (компьютер, планшет, смартфон и др.);



— потребность в постоянном доступе к Интернету и зависимость продуктивности работы от качества его сигнала и пропускной способности сети;

— отсутствие возможности сопоставить свои результаты с достижениями других студентов;

— возможные технические опечатки в тестах контрольного блока;

— возникающие в ряде случаев технические неполадки в работе платформы (не отправляются задания на проверку, не показываются правильные ответы, неактивны некоторые кнопки и др.).

В свою очередь преподаватели, оценивая результаты применения платформы "Открытое образование" при освоении студентами онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности", также отметили ряд положительных и отрицательных факторов. К достоинствам были отнесены следующие:

— уверенность, что все студенты получили учебный материал в полном объеме или во всяком случае имели доступ к получению материала;

— появление дополнительного времени на проработку сложных аспектов курса и специфики направления подготовки студентов;

— отсутствие субъективной компоненты при оценивании работы студента;

— автоматизированный процесс проверки результатов обучения, значительно облегчающий рутинную работу преподавателя;

— наличие контрольных сроков (дедлайнов), которые студенты обязаны своевременно соблюдать, чтобы получать хорошие баллы на платформе;

— мониторинг за работой и достижениями студентов-слушателей в течение семестра (см. рис. 1) для своевременного принятия мер (разъяснение сложных тематических блоков, воспитательная работа и др.);

— просмотр видеолекций неограниченное число раз, в том числе перед контрольными мероприятиями (контрольными модулями к видеолекциям и финальным тестированием).

К недостаткам преподаватели онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" отнесли следующее:

— преподавателям сложно отследить, самостоятельно ли слушатели выполняют все задания на платформе, поскольку в режиме идентификации студенты проходят только финальное тестирование;

— не ясна последовательность выполняемых слушателем действий (слушает ли сначала полностью лекцию и решает задачи, а лишь потом переходит к контролю или же сразу пытается пройти тесты, разыскивая ответы в материалах курса);

— ввиду того, что достаточно большое количество информации идет через невербальное общение, многие преподаватели обеспокоены отсутствием ощущения обратной связи;

— поддерживать нужный темп обучения, обеспечивающий высокую результативность, удается не всем слушателям, а только студентам высоко ответственным;

— процесс обучения с использованием онлайн-курсов платформы "Открытое образование" подразумевает наличие технических средств обучения и некоторых компьютерных навыков у слушателей, отсутствие которых может отрицательно повлиять на результаты обучения.

В большинстве учебных планов по направлению подготовки бакалавриата по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" предусмотрены лабораторные работы. Тематика лабораторных работ определяется в первую очередь направлением подготовки, однако очень важное значение имеет и материально-техническое обеспечение вуза (оборудование и в особенности приборы для проведения таких занятий, имеющие высокую стоимость).

Онлайн-лабораторная работа, безусловно, не может заменить очный практический формат выполнения, однако их наличие на платформе "Открытое образование" позволит:

— сделать курс максимально удобным для интеграции (наличие всех видов занятий — лекций, практики и лабораторных работ);

— выполнять лабораторные работы на современном оборудовании, применяя новейшие приборы;

— познакомить слушателей с современной приборной базой (в настоящее время этот вопрос в имеющихся материалах курса не рассмотрен);

— визуализировать и закрепить теоретический материал на конкретных моделируемых ситуациях;

— разнообразить работу слушателя на платформе и повысить общий уровень мотивации слушателей к освоению курса.

Перспективы дальнейшей модернизации и методического совершенствования онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" предусматривают создание лабораторных работ и их публикацию на платформе "Открытое образование". Предполагается следующий формат: методические указания к лабораторной работе (файл в формате pdf), тестовые вопросы на допуск к выполнению работы и видеоролик (демонстрация преподавателем выполнения лабораторной работы с комментариями). При этом в контрольный блок планируется добавить тестовые вопросы к результатам выполнения лабораторных работ (как в тесты к модулям, так и в финальный тест).

На платформе "Открытое образование" будут размещены лабораторные работы по следующим темам:

- "Исследование местной вытяжной вентиляции";
- "Исследование параметров производственной вибрации и защита от нее";
- "Звукоизоляция и звукопоглощение";
- "Защита от теплового излучения";
- "Анализ опасности поражения электрическим током в трехфазных электрических сетях напряжением до 1 кВ и исследование характеристик устройства защитного отключения";
- "Исследование защитного заземления и зануления в электроустановках напряжением до 1 кВ";
- "Исследование естественного и искусственного освещения в производственных помещениях";
- "Исследование метеорологических условий в производственных помещениях";
- "Защита от сверхвысокочастотного излучения".

Таким образом, базируясь на опыте интеграции онлайн-курса "Безопасность жизнедеятельности" в НИТУ "МИСиС", можно отметить, что в целом такой формат обучения представляется интересным как для преподавателя, так и студента. При наличии некоторых отрицательных аспектов имеются очевидные положительные моменты: высокая заинтересованность у студентов, отсутствие субъективной компоненты, индивидуализация образовательной траектории и др.

Становится возможным подтверждать распространенные тезисы о необходимости оптимального сочетания традиционных и электронных образовательных технологий в процессе очного обучения студентов [8]. В то же время вопросы,

касающиеся применения в образовательном процессе исключительно дистанционного формата онлайн-взаимодействия преподавателей со студентами, остаются открытыми.

Список литературы

1. **Об утверждении** Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ: Приказ Министерства образования и науки РФ от 09.01.2014 № 2 // Российская газета № 86 от 16.04.2014.
2. **Дополнительное обучение** учащихся, специалистов и руководителей образовательных учреждений в области обеспечения безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях / Б. С. Мاستрюков, О. М. Зиновьева, А. М. Меркулова, Н. А. Смирнова // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 2. — С. 47–51.
3. **Курс "Безопасность жизнедеятельности"** [Электронный ресурс]. URL: <https://openeu.ru/course/#query=безопасность%20жизнедеятельности> (дата обращения 22.06.2017).
4. **Об образовании** в РФ: Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.05.17) // Российская газета № 303, 31.12.2012; № 94, 03.05.2017.
5. **Порядок** учета индивидуальных достижений. URL: <http://www.misis.ru/applicants/admission/magistracy/achievements/> (дата обращения 22.06.2017).
6. **Осипова О. П.** Процесс создания и внедрения электронных образовательных ресурсов // Народное образование. — 2015. — № 4. — С. 127–133.
7. **Золкина А. В., Шахардин К. Д.** Критический взгляд на использование систем автоматизированной проверки текста на заимствования // Электронные системы обнаружения заимствований в оказании услуг для различных сегментов рынка: сборник трудов Международной научно-практической конференции. — Липецк, 2016. — С. 24–27.
8. **Ломоносова Н. В.** Оптимизация критериев смешанного обучения студентов вуза на основе рационального сочетания традиционных и электронных методов взаимодействия // Открытое и дистанционное образование. — Томск: Томский государственный университет. — 2016. — № 4 (64). — С. 24–30.

O. M. Zinovieva, Associate Professor of Chair, **A. V. Zolkina**, Head of Department, Senior Lecturer, **N. V. Lomonosova**, Deputy Head of Department, **A. M. Merkulova**, Associate Professor of Chair, e-mail: anna-merkulova@yandex.ru, **N. A. Smirnova**, Associate Professor, National University of Science and Technology MISiS (NUST MISiS), Moscow

Issues of Online Courses Integration into Higher Education System (on the Example of Discipline "Life Safety")

Material given in this paper is focused on issues of online courses integration into educational programs of higher education. Concept of formation of "Life Safety" online course in NUST MISiS on "Open Education" platform is defined: course structure, conditions and rules of work on the platform, methods of control and calculation of individual results (rating).



Structure of individual learning trajectories of students is considered — principle of rating calculation, time restrictions, conditions of granting course certification.

Results of activities of students learning "Life Safety" online course were analyzed for one of the institutes of NUST MISiS. Opinions of teachers and students were discovered and generalized in relation to advantages of online courses usage in resident training and perspectives their development. Directions of further methodical enhancement of "Life Safety" online course were proposed.

Keywords: *online education, online learning, life safety, electronic learning forms, electronic learning resources, issues of education, MOOC-Massive open online courses*

References

1. **Ob utverzhdenii** Poryadka primeneniya organizacijami, osushchestvlyayushchimi obrazovatel'nyu deyatelnost', ehlektronного obucheniya, distancionnyh obrazovatel'nyh tekhnologij pri realizacii obrazovatel'nyh programm: Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 09.01.2014. No. 2. *Rossiyskaya gazeta*. No. 86 ot 16.04.2014.
2. **Dopolnitel'noe obuchenie** uchashchihhsya, specialistov i rukovoditelej obrazovatel'nyh uchrezhdenij v oblasti obespecheniya bezopasnosti zhiznedejatel'nosti v chrezvychajnyh situacijah. B. S. Mastryukov, O. M. Zinov'eva, A. M. Merkulova, N. A. Smirnova. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. No. 2. P. 47—51.
3. **Kurs** "Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti". URL: <https://openedu.ru/course/#query=bezopasnost'%20zhiznedejatel'nosti> (date of access 22.06.2017).
4. **Ob obrazovanii** v RF: Federal'nyj zakon ot 29.12.2012 No. 273-FZ (red. ot 01.05.17). *Rossiyskaya gazeta*. No. 303, 31.12.2012; No. 94, 03.05.2017.
5. **Poryadok** ucheta individual'nyh dostizhenij. URL: <http://www.misis.ru/applicants/admission/magistracy/achievements/> (date of access 22.06.2017).
6. **Osipova O. P.** Process sozdaniya i vnedreniya ehlektronnyh obrazovatel'nyh resursov. *Narodnoe obrazovanie*. 2015. No. 4. P. 127—133.
7. **Zolkina A. V., Shahardin K. D.** Kriticheskij vzglyad na ispol'zovanie sistem avtomatizirovannoj proverki teksta na zaimstvovaniya. *Ehlektronnye sistemy obnaruzheniya zaimstvovaniy v okazanii uslug dlya razlichnyh segmentov rynka: sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Lipeck, 2016. P. 24—27.
8. **Lomonosova N. V.** Optimizaciya kriteriev smeshannogo obucheniya studentov vuza na osnove racional'nogo sochetaniya tradicionnyh i ehlektronnyh metodov vzaimodejstviya. *Otkrytoe i distancionnoe obrazovanie*. Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet. 2016. No. 4 (64). P. 24—30.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

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

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

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Н. В. Яшина*

Сдано в набор 01.11.17. Подписано в печать 13.12.17. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ118. 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