



## Сайт научных журналов приглашает авторов к сотрудничеству

Naukaru.ru — это:

- единая точка доступа ко всем сервисам издательства
- автоматизированная система взаимодействия с издательством
- подготовка произведений онлайн
- независимые редакции журналов
- компетентные редакторы и корректоры
- печатная и электронная версии статьи

тел.: +7(921) 346-17-76  
(Санкт-Петербург)  
e-mail: naukaru@infra-m.ru



naukaru.ru



Заходите на [www.naukaru.ru](http://www.naukaru.ru), чтобы узнать больше!

Размещение в ЭБС ранее изданных произведений



С помощью сайта Naukaru.ru можно не только издать новые произведения, но и разместить ранее вышедшие путем включения их в научную электронную библиотеку [Znanium.com](http://Znanium.com). Благодаря этому вы добиваетесь следующих результатов:

- продлеваете жизнь произведению: к нему продолжают обращаться студенты и исследователи — подписчики научной электронной библиотеки
- получаете доход: вы не платите за размещение, а, наоборот, получаете гонорар за каждое произведение, переданное в научную электронную библиотеку
  - издаете бесплатно свою монографию

тел.: (495) 363-42-60  
(доб. 293, 510, 560)  
e-mail: ebs\_support@infra-m.ru

## Плюсы входа в мир международных научных публикаций

- публикация статей, монографий и учебной литературы
- присвоение DOI всем публикациям
- присвоение единого международного научного идентификатора автора
- полнофункциональный личный кабинет
- онлайн-система подготовки публикаций
- подготовка публикаций в соответствии с требованиями [Web of Science](#) и [Scopus](#)

Naukaru.ru — портал научно-социальной сети одной из крупнейших издательских групп России — ИНФРА-М, универсальная площадка для работы с научной периодикой: публикации статей, рецензирование и их обсуждение

## Публикация в наших журналах совершенно бесплатна!

Мы ведем работу по включению всех наших журналов в международные реферативные базы данных ([Scopus](#), [Web of Science](#) и др.). Уже сейчас всем материалам присваивается идентификатор цифрового объекта DOI для обеспечения к ним постоянного доступа ученых со всего мира, увеличения наукометрических показателей и включения работ в международные реферативные базы данных. Всем авторам присваивается единый международный научный идентификатор автора. Naukaru.ru предлагает множество способов опубликования и продажи результатов своих исследований через одно из крупнейших научных издательств России: издавайте новые произведения, переиздавайте старые, публикуйте статьи в наших научных журналах



DOI 10.12737/issn.1998-071X

ISSN 1998-071X

# БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ 1/2014

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

- Безопасность критических инфраструктур
- Анализ риска в безопасности труда
- Риск-ориентированный подход в атомной энергетике
- Риски на газотранспортных объектах
- Анализ жизненного цикла бытовой упаковки
- Подготовка инженеров в области техносферной безопасности
- Рейтинги научных журналов

Подписные индексы: «Роспечать» — 18316, «Пресса России» — 11237

# Что такое DOI?

**DOI** — идентификатор цифрового объекта (также используется словосочетание **цифровой идентификатор объекта** (ЦИО), *digital object identifier*) — стандарт обозначения представленной в Интернете информации об электронном документе. Сведения, содержащиеся в DOI электронного документа, включают указатель его местонахождения (например, **URL**), его имя (название), прочие идентификаторы объекта (например, **ISBN** для электронного образа книги) и ассоциированный с объектом набор описывающих его данных (метаданных) в структурированном и расширяемом виде

**DOI** принят в англоязычной научной среде для обмена данными между учеными. По сути, DOI — это путь (ссылка) к постоянному местонахождению документа в Интернете для получения необходимой информации о нем

Ссылки на статьи или книги через указание их DOI являются во многих случаях предпочтительнее других, в частности, потому, что они оказываются очень компактными. Не случайно, сайт одного из крупнейших мировых научных ресурсов [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) рекомендует использование DOI для ссылок на свое содержимое

# Зачем DOI российским ученым?

В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2012 г. «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» доля публикаций российских исследователей в общем количестве работ в мировых научных журналах, индексируемых в международных базах данных **Web of Science** и **Scopus**, должна быть повышена с 1,68% в 2012 г. до 2,44% в 2015 г.

На основании положений этого указа Минобрнауки разработало и утвердило 19 июня 2012 г. примерный перечень критериев общероссийской системы оценки деятельности высших учебных заведений <http://uup.samgtu.ru/sites/uup.samgtu.ru/files/20120716185408.pdf>

14 из 45 критериев направлены на оценку научно-исследовательской деятельности вуза; 8 из 14 оценивают деятельность вуза по количеству публикаций и цитирований в **Web of Science** и **Scopus**

Однако если у произведения (статья, монография или учебное пособие) российского автора есть DOI и если на его работу имеется ссылка ученого (например, зарубежного коллеги) в публикации в журнале, включенном в **Web of Science** и **Scopus**, то такое произведение автоматически попадает в **Web of Science** и **Scopus** и получает в нем свой собственный индекс цитируемости

Обычный путь, благодаря которому работа может быть включена в **Web of Science** и **Scopus**, состоит в ее публикациях в журналах, включенных в эти базы. В массе своей это зарубежные научные журналы. Российские журналы представлены в **Web of Science** и **Scopus** очень ограниченно и в основном по естественнонаучным областям знаний



naukaru.ru

Разместить работу в реферируемом зарубежном журнале российскому ученому очень сложно, а по экономическим, гуманитарным и социальным наукам практически невозможно

+7(495) 363-42-70 (380)  
+7(495) 380-05-40  
safonov@infra-m.ru

Кроме того, при присвоении произведению DOI создается аннотация и ключевые слова из нее на английском языке отправляются в общедоступную базу данных [www.doi.org](http://www.doi.org), затем индексируются поисковыми машинами, в результате работа становится доступна для поиска по ключевым словам для ученых всего мира. Что также многократно повышает вероятность цитирования произведения

# ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ «БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ»

Журнал издается с июля 2006 г. и посвящен научным и учебно-методическим вопросам в области различных аспектов безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды.

Кредо наших авторов — сочетать профессионализм и высокий научный уровень с доступной формой изложения.

Решением Президиума ВАК России журнал с 2008 года включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и электронную научную библиотеку, американскую базу продолжающихся и периодических изданий Ulrich's.

Журналу присвоен индекс международного стандарта DOI, каждой опубликованной научной статье и аналитическому обзору также присваивается индивидуальный индекс DOI.

Журнал имеет комплексный характер, так как только совместное рассмотрение всех факторов, влияющих на безопасность, может обеспечить синергетический эффект.

Высококвалифицированный состав редколлегии и его института рецензирования обеспечивает рассмотрение публикаций по следующим научным специальностям:

- ☐ 03.02.08 — Экология (технические, химические науки);
- ☐ 05.26.00 — Безопасность деятельности человека:
  - ◆ 05.26.01 — Охрана труда (по отраслям),
  - ◆ 05.26.02 — Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям),
  - ◆ 05.26.03 — Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям),
  - ◆ 05.26.05 — Ядерная и радиационная безопасность,
  - ◆ 05.26.06 — Химическая, биологическая и бактериологическая безопасность;
- ☐ 19.00.03 — Психология труда, инженерная психология, эргономика;
- ☐ 25.00.36 — Геоэкология (по отраслям),
- ☐ 05.23.19 — Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

# БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ SAFETY IN TECHNOSPHERE



№ 1 (46)/2014  
январь – февраль  
DOI 10.12737/issn.1998-071X

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ  
SCIENTIFIC, METHODOLOGICAL AND INFORMATION MAGAZINE

Свидетельство Роскомнадзора

ПИ № ФС77-44004  
Издаётся с 2006 года

**Учредитель:**  
Коллектив редакции журнала

**Издаётся:**  
при поддержке МГТУ им. Н.Э. Баумана, УМО  
вузов по университетскому политехническому  
образованию и НМС по безопасности  
жизнедеятельности Минобрнауки России

**Главный редактор**  
Владимир Девисилов

**Издатель:**  
ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»

**Отдел предпечатной подготовки**  
Белла Руссо

**Выпускающий редактор**  
Анастасия Чистякова  
Тел.: (495) 363-42-60 (доб. 501)  
e-mail: 501@infra-m.ru

**Отдел подписки**  
Маргарита Назарова  
Тел.: (495) 380-05-40 (доб. 249)  
e-mail: podpiska@infra-m.ru

Присланные рукописи не возвращаются.

Точка зрения редакции может не совпадать  
с мнением авторов публикуемых материалов.

Редакция оставляет за собой право самостоятельно  
подбирать к авторским материалам иллюстрации, менять  
заголовки, сокращать тексты и вносить в рукописи необхо-  
димую стилистическую правку без согласования с авторами.  
Поступившие в редакцию материалы будут свидетельство-  
вать о согласии авторов принять требования редакции.

Перепечатка материалов допускается  
с письменного разрешения редакции.

При цитировании ссылка на журнал «Безопасность  
в техносфере» обязательна.

**Письма и материалы для публикации  
высылать по адресу:**  
127282, Россия, Москва, ул. Полярная,  
д. 31в, стр. 1, журнал «БВТ»  
Тел.: (495) 380-05-40 (доб. 501), 363-42-70 (доб. 501)  
Факс: (495) 363-92-12  
e-mail: magbvt@list.ru, mag12@infra-m.ru,  
bvt@magbvt.ru  
Сайты журнала:  
http://www.magbvt.ru, http://www.naukaru.ru

© ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»,  
2013

Формат 60×84/8. Бумага офсетная № 1.  
Тираж 1000 экз.

**Подписные индексы:**  
**в каталоге агентства «Роспечать» –**  
**18316, объединенном каталоге**  
**«Пресса России» – 11237**

## В номере In this issue

Рискология  
RISKLOGY

Н.А.Махутов, Д.О. Резников, В.П. Петров  
*N.A. Makhutov, D.O. Reznikov, V.P. Petrov*  
**Особенности обеспечения безопасности критических инфраструктур . . . 3**  
*Specific Futures of Critical Infrastructures Safety Ensuring*

МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА  
RISK MANAGEMENT

А.Г. Федорец  
*A.G. Fedorets*  
**Системный анализ сущности и структуры «риска» в сфере  
обеспечения безопасности труда . . . . . 15**  
*Problems of Risk-Oriented Approaches for Use in Nuclear Power Industry*

Ю.А. Комаров  
*Yu. A. Komarov*  
**Проблемы риск-ориентированных подходов для использования  
в атомной энергетике . . . . . 24**  
*Problems of Risk-Oriented Approaches for Use in Nuclear Power Industry*

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ECOLOGICAL SAFETY

А.А. Гушин, Т.В. Извекова, В.А. Уюткин, Д.В. Машкин  
*A.A. Guschin, T.V. Izvekova, V.A. Uyutkin, D.V. Mashkin*  
**Оценка экологического риска при загрязнении почвенного покрова  
предприятиями нефтепродуктообеспечения (на примере г. Иваново) . . . 32**  
*Ecological Risk Assessment at Soil Contamination by Oil Supply Enterprises  
(as Exemplified by Ivanovo City)*

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
INDUSTRIAL SAFETY

А.И. Быков  
*A.I. Bykov*  
**Расчёт социального пожарного риска применительно  
к газотранспортным объектам . . . . . 39**  
*Social Fire Risk Calculation in Respect to Gas Transportation Facilities*

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА  
OCCUPATIONAL SAFETY

А.Т. Волохина, Е.В. Глебова, И.Б. Клейман, И.Е. Федотов  
*A.T. Volokhina, E.V. Glebova, I.B. Kleyman, I.E. Fedotov*  
**Анализ производственной деятельности персонала . . . . . 45**  
*Analysis of Personnel Industrial Activity*

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Александров Анатолий Александрович** (Председатель совета), ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана, заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор

**Алешин Николай Павлович**, зав. кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана, академик РАН, д-р техн. наук, профессор

**Аткиссон Алан (Alan Atkisson)** — Швеция (Sweden), Президент Atkisson Group, советник Комиссии ООН по устойчивому развитию, член Комиссии по науке и технологическому развитию при Президенте Еврокомиссии Жозе Мануэле Баррозу (EU Commission President's Council of Advisors on Science and Technology)

**Бабешко Владимир Андреевич**, зав. кафедрой Кубанского государственного университета, директор НЦ прогнозирования и предупреждения геологических и техногенных катастроф, академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор

**Бухтияров Игорь Валентинович** директор НИИ медицины труда РАМН, д-р мед. наук, профессор

**Гарелик Хемда (Hemda Garelik)** — Великобритания (United Kingdom), Professor of Environmental Science and Public Health Education, School of Health and Social Sciences (HSSC) Middlesex University, Programme Leader for Doctorate in Professional Studies Environment and Risk (HSSC), PhD.

**Касимов Николай Сергеевич**, декан географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, вице-президент Русского географического общества, зав. кафедрой, академик РАН, д-р геогр. наук, профессор

**Махутов Николай Сергеевич**, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, руководитель рабочей группы при Президиуме РАН по проблемам безопасности, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор

**Мейер Нильс И. (Niels I. Meier)** — Дания (Denmark), профессор Датского технического университета (дат. Danmarks Tekniske Universitet, DTU, англ. Technical University of Denmark)

**Соломенцев Юрий Михайлович**, президент МГТУ «Станкин», заведующий кафедрой, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор

**Тарасова Наталия Павловна**, директор института проблем устойчивого развития, заведующая кафедрой РХТУ им. Д.И. Менделеева, чл.-корр. РАН, д-р хим. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Васильев Андрей Витальевич**, директор института химии и инженерной экологии Тольяттинского государственного университета, д-р техн. наук, профессор

**Вараксин Алексей Юрьевич**, заведующий отделением Объединенного института высоких температур РАН, чл.-корр. РАН, д-р физ.мат. наук, профессор

**Власов Валерий Александрович**, секретарь Совета Безопасности Республики Татарстан, канд. техн. наук, профессор, генерал-лейтенант

**Девисилов Владимир Аркадьевич**, доцент кафедры МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук

**Дыганова Роза Яхвевна**, зав. кафедрой Казанского государственного энергетического университета, д-р биол. наук, профессор

**Дьяченко Владимир Викторович**, заместитель директора по научной и учебной работе Новороссийского политехнического института (филиала) КубГТУ, профессор, канд. сел.-хоз. наук, д-р геогр. наук

**Егоров Александр Федорович**, зав. кафедрой РХТУ им. Д.И. Менделеева, д-р техн. наук, профессор

**Елохин Андрей Николаевич**, начальник отдела страхования ОАО «ЛУКОЙЛ», д-р техн. наук

**Козлов Николай Павлович**, главный научный сотрудник НУК «Э» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук, профессор

**Кручинина Наталия Евгеньевна**, декан инженерного экологического факультета, зав. кафедрой РХТУ им. Д.И. Менделеева, канд. хим. наук, д-р техн. наук, профессор

**Майстренко Валерий Николаевич**, зав. кафедрой Башкирского государственного университета, чл.-корр. АН Республики Башкортостан, профессор, д-р хим. наук

**Матягина Анна Михайловна**, доцент Московского государственного университета гражданской авиации, канд. техн. наук

**Никулин Валерий Александрович**, исполнительный вице-президент Российской инженерной академии, ректор Камского института гуманитарных и инженерных технологий, д-р техн. наук, профессор

**Павлихин Геннадий Петрович**, д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Петров Борис Германович**, руководитель Приволжского Управления Ростехнадзора, канд. техн. наук, профессор

**Пушенко Сергей Леонардович**, директор ИИЭС Ростовского государственного строительного университета, канд. техн. наук, профессор

**Рахманов Борис Николаевич**, профессор Московского государственного университета путей сообщения, д-р техн. наук

**Реветрио Роберто (Roberto Revetrio)** д-р наук (PhD), профессор Университета Генуи, Италия

**Рубцова Нина Борисовна**, заведующая научным координационно-информационным отделом ГУ НИИ медицины труда РАМН, д-р биол. наук

**Севастьянов Борис Владимирович**, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Ижевского государственного технического университета, канд. пед. наук, д-р техн. наук, профессор

**Трофименко Юрий Васильевич**, зав. кафедрой Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета), д-р техн. наук, профессор

**Федорец Александр Григорьевич**, директор Автономной некоммерческой организации «Институт безопасности труда», канд. техн. наук, доцент

И.И. Попов, С.В. Рудаков, И.А. Толкунов

*I.I. Popov, S.V. Rudakov, I.A. Tolkunov*

**Технология нормализации ионного состава воздушной среды обитаемых помещений** ..... 53  
*Technology for Normalization of Manned Premises' Air Environment Ion Composition*

А.И. Андреев, К.В. Пупатенко

*A.I. Andreev, K.V. Pupatenko*

**Определение среднегодовой объемной активности радона на рабочих местах** ..... 58  
*Determination of Radon's Average Annual Volume Activity on Workplaces*

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ  
LIFE CYCLE

Е.В. Смирнова, Е.А. Пермина, П.Ю. Чумаченко

*E.V. Smirnova, E.A. Permina, P.Yu. Chumachenko*

**Интерактивная система поддержки принятия решения по выбору бытовой упаковки на основе анализа жизненного цикла в экологическом маркетинге** ..... 63  
*Interactive System related to Support of Decision-Making at Household Packing Choice on Basis of Life Cycle Analysis in Ecological Marketing*

ОБРАЗОВАНИЕ  
EDUCATION

Ю.В. Трофименко, С. Сазонова, Т.В.Федюкина

*Yu.V. Trofimenko, S.S. Sazonova, T.V. Fedyukina*

**Подготовка инженеров к решению проблем безопасности в техносфере** ..... 70  
*Engineers Training for Solution of Problems related to Security in Technosphere*

ИНФОРМИРУЕМ ЧИТАТЕЛЯ  
INFORMATION

В.А. Девисилов

*V.A. Devisilov*

**Рейтинги российских научных журналов, специализирующихся на проблемах безопасности, защиты окружающей среды и экологии.** ..... 77  
*Ratings of Russian Academic Periodicals Specializing on Problems of Safety, Environment Protection and Ecology*

А.В. Васильев

*A.V. Vasiliev*

**Десятилетний юбилей конгрессов ELPIT: опыт, результаты, перспективы.** ..... 83  
*Ten-Year Anniversary of ELPIT Congresses: Experience, Results, Prospects*

**Журнал «Безопасность в техносфере» включен в перечень ведущих научных журналов, в которых по рекомендациям ВАК РФ должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, а также в американскую базу периодических и продолжающихся изданий Ulrich's.**

# Особенности обеспечения безопасности критических инфраструктур

**Н.А. Махутов**, главный научный сотрудник, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук

**Д.О. Резников**, ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук

**В.П. Петров**, ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук, г. Москва

e-mail: mibsts@mail.ru

## Ключевые слова:

критические инфраструктуры,  
риск,  
безопасность,  
запроектное воздействие,  
устойчивость.

В статье рассматривается ряд особенностей критических инфраструктур, которые определяют дополнительные требования к обеспечению их безопасности. Обоснована необходимость дополнить традиционные подходы к обеспечению защищенности критических инфраструктур по отношению к проектным воздействиям комплексом мер, направленных на обеспечение их устойчивости к запроектным воздействиям. Рассматриваются способы проведения количественной оценки устойчивости критических инфраструктур.

## 1. Введение

Критические инфраструктуры (энергетические, транспортные, телекоммуникационные, кредитно-финансовые системы, системы газо- и водоснабжения) представляют собой сложные, пространственно распределенные, многокомпонентные системы, устойчивая работа которых критически важна для функционирования экономики и жизнедеятельности людей. Критические инфраструктуры (далее КИ) имеют многоуровневую структуру, которая включает: уровень технических компонентов (машины, оборудование и аппаратура); социальный уровень (персонал, обслуживающий технические компоненты КИ); организационный уровень (взаимодействие служб компании, эксплуатирующей КИ) и уровень государственного управления (нормативные и контролирурующие органы, осуществляющие надзор и государственное регулирование в сфере деятельности КИ). Сложность критических инфраструктур обусловливается: 1) сложностью их структуры (сложными взаимозависимостями и нелинейными связями между компонентами и уровнями системы, а также между различными КИ); 2) сложным характером явлений и процессов, имеющих место в ходе эксплуатации КИ (рис. 1) [1].

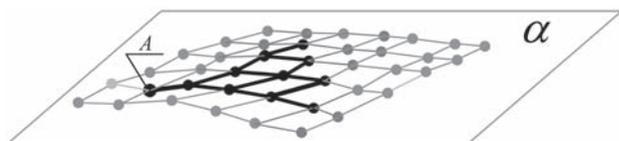
Элементы КИ представляют собой технические объекты, на которых осуществляются хранение, переработка/преобразование или транспортировка/

передача опасных веществ, энергии и/или информационных потоков. Эти объекты могут служить источниками тяжелых аварий и катастроф, являющихся предметом традиционного анализа рисков, на основе которого строятся карты рисков для территорий размещения объектов критических инфраструктур и принимаются решения о строительстве или модернизации КИ.

Наличие тесных взаимосвязей между компонентами КИ является их принципиально важной осо-



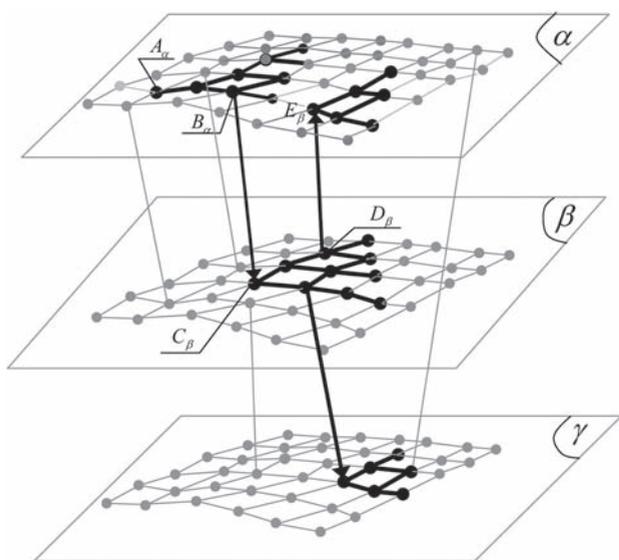
Рис. 1. Структура взаимосвязей между элементами критических инфраструктур [20]



**Рис. 2.** Внутриинфраструктурный каскад отказов в критической инфраструктуре  $\alpha$ . Каскад инициируется отказом элемента  $A$  и развивается далее по инфраструктуре, вызывая отказы выделенных черным цветом элементов

бенностью, которая оказывает определяющее влияние на характер их функционирования в штатных и нештатных ситуациях. С одной стороны, связанность элементов КИ повышает их эффективность, позволяя рационально использовать и перераспределять имеющиеся ресурсы и мощности, а с другой — делает их склонными к крупномасштабным катастрофам, огромный размер ущерба от которых не позволяет пренебрегать ими, несмотря на низкую вероятность реализации рисков.

Ключевым понятием в теории риска является понятие стохастической (вероятностной) зависимости. Это понятие рассматривается при оценке эффективности системы защитных барьеров. Два события  $A$  и  $B$  считаются вероятностно несвязанными, если вероятность события  $A$  не зависит от того, произошло ли событие  $B$ . Математически это может быть представлено с помощью выражения  $\Pr(A|B) = \Pr(A)$ . Наличие стохастической зависимости между событиями  $A$  и  $B$ , напротив, означает, что вероятность



**Рис. 3.** Сценарий межинфраструктурного каскада в системе КИ. Каскад инициируется отказом компонента  $A_\alpha$  и распространяется по инфраструктуре  $\alpha$  до компонента  $B_\alpha$ , отказ которого вследствие наличия межинфраструктурных связей приводит к отказу элемента  $C_\beta$  и инициации каскада в инфраструктуре  $\beta$ , с последующим распространением каскада на инфраструктуру  $\gamma$

реализации события  $A$  изменяется, если появляется информация о том, что произошло событие  $B$ :  $\Pr(A|B) \neq \Pr(A)$ .

Особую роль в теории риска имеет положительная зависимость, при которой реализация события  $B$  повышает вероятность события  $A$ . Для инфраструктурных систем наличие положительной корреляционной связи особенно характерно, поскольку после отказа одного из элементов инфраструктуры и перенесения нагрузки, которую нес этот элемент, на смежные с ним элементы вероятность последующих отказов дополнительно нагруженных элементов возрастает.

Применительно к анализу рисков взаимосвязанных инфраструктурных систем приходится иметь дело с двухсторонними зависимостями между компонентами КИ, поэтому принято говорить о взаимозависимости элементов КИ. Причем эти взаимозависимости существуют как для элементов, принадлежащих к одной инфраструктуре, так и для элементов, относящихся к различным инфраструктурам. В последнем случае говорят о взаимозависимостях между различными КИ. Соответственно различают каскадные сценарии, реализующиеся внутри отдельных инфраструктур (рис. 2), и межинфраструктурные каскады (рис. 3), которые (благодаря наличию межинфраструктурных связей) могут распространяться по всей совокупности инфраструктурных систем и приводить к коллапсу в целом регионе.

Наличие сильных связей между элементами КИ делает их склонными к каскадным сценариям аварий, которые охватывают множество объектов инфраструктуры, причем ход реализации аварии определяется структурой связей между элементами. Помимо масштабов потенциальных аварий, наличие внутри- и межинфраструктурных зависимостей оказывает определяющее влияние на динамику распространения аварий, приводя к реализации комбинированных механизмов достижения предельных состояний, резкой интенсификации процессов деградации и потоку отказов элементов КИ.

Из-за сложной структуры КИ и сложного характера взаимодействий между значительным числом элементов возможности проведения сценарного анализа с помощью традиционного инструментария (деревьев событий, деревьев отказов, байесовых сетей) оказываются ограниченными. Для описания развития возмущений в критических инфраструктурах применяются сетевые модели, активно использующие математический аппарат теории графов. Сети представляют собой чрезвычайно гибкую абстракцию, которая может широко применяться при изучении инфраструктурных систем. При этом может

быть построена иерархия математических моделей различной сложности, позволяющих описать различные аспекты рисков инфраструктурных систем по отношению к возможным иницирующим воздействиям. С помощью указанных моделей удастся описать многие свойства и особенности сетевых систем: хаос, самоорганизация, степенные распределения, критичность.

Принято выделять три типа взаимозависимостей между компонентами инфраструктурных систем, которые могут иметь место между компонентами как одной инфраструктуры, так и различных инфраструктур.

*Физические взаимосвязи*, которые имеют место, когда вещество, энергия или информация физически передается от одного компонента к другому компоненту (той же или другой) инфраструктуры. При этом выходной продукт, создаваемый или перерабатываемый одной инфраструктурой, используется как входной продукт компонентом другой инфраструктуры. Например, железнодорожная инфраструктура и электрогенерирующая сеть взаимосвязаны между собой физически, поскольку уголь, перевозимый по железной дороге, является исходным сырьем для генерации электроэнергии. При этом существует и обратная физическая зависимость, поскольку генерируемая электроэнергия потребляется локомотивным парком. Очевидно, что аварии в компонентах одной КИ могут вызвать каскады отказов, распространяющиеся на компоненты другой КИ.

*Кибервзаимозависимости*. КИ является информационно зависимой, если состояние ее элементов зависит от информации, передаваемой по телекоммуникационной сети. В связи с быстрым развитием информационных технологий система управления энергосистемой или система распределения вагонов железнодорожной инфраструктуры зависят от качества работы телекоммуникационной сети.

*Территориальные взаимосвязимости* – инфраструктуры, компоненты которых размещаются территориально в непосредственной близости друг от друга, могут испытывать непосредственное воздействие при ЧС на компонентах другой инфраструктуры.

Особенность современных КИ в том, что они становятся трансграничными, а в ряде случаев – глобальными. Пространственная протяженность КИ, наряду с наличием тесных взаимосвязей между ними, делает их функционирование зависящим от огромного количества факторов, связанных с состоянием природно-техногенно-социальной среды в различных регионах мира. Значительный объем опасных веществ, энергии и информации, которые

хранятся, транспортируются и перерабатываются критическими инфраструктурами, а также их огромная роль в экономике и жизни людей обуславливают возможность крупномасштабных аварий на КИ и тяжесть последствий, возникающих при таких авариях для населения и объектов экономики. Сложность критических инфраструктур значительно затрудняет создание эффективных систем защиты, поскольку становится практически невозможно провести детальный сценарный анализ системы, выявить все значимые опасные сценарии и определить набор мер и барьеров защиты, направленных на парирование всех возможных угроз.

Вместе с тем анализ сложившейся практики в сфере функционирования КИ свидетельствует, что их проектирование, строительство и эксплуатация осуществляются в соответствии с традиционной парадигмой обеспечения безопасности технических систем (ТС). Эта парадигма предполагает:

- анализ возможных сценариев развития отказов в системе;
- идентификацию наиболее значимых сценариев;
- создание защитных барьеров, направленных на предупреждение этих сценариев.

Структурная сложность КИ, их исключительно важная роль в жизнедеятельности людей и функционировании экономики, а также тяжесть последствий, которые неизбежно возникают в случае аварий на КИ, должны определить особый порядок и специальные требования в сфере обеспечения их безопасности. Современные тенденции в сфере обеспечения безопасности критических инфраструктур предполагают формирование новой парадигмы, которая должна дополнить традиционные усилия по обеспечению безопасности КИ системой мер, направленных на повышение их устойчивости к возможным экстремальным воздействиям [10, 12, 13].

## 2. Проведение сценарного анализа для технических систем

### 2.1. Традиционный подход

Выполнение традиционного сценарного анализа для технических систем предполагает последовательный анализ:

- угроз, которым подвергается система;
- уязвимости системы по отношению к выявленным угрозам;
- ущерба от аварий, реализующихся, если система оказалась уязвимой к действующим на нее угрозам (рис. 4) [1, 2, 18].

Траекторию в пространстве состояний, описывающую эволюцию системы от исходного состояния  $HC$  до требуемого конечного состояния  $KC_0$ , принято называть сценарием успеха



$$\overline{\mathbf{V}}^{\Pi} = \begin{bmatrix} P[KC_0^{\Pi} | PB_1] & P[KC_1^{\Pi} | PB_1] & P[KC_2^{\Pi} | PB_1] & \dots & P[KC_m^{\Pi} | PB_1] \\ P[KC_0^{\Pi} | PB_2] & P[KC_1^{\Pi} | PB_2] & P[KC_2^{\Pi} | PB_2] & \dots & P[KC_m^{\Pi} | PB_2] \\ P[KC_0^{\Pi} | PB_3] & P[KC_1^{\Pi} | PB_3] & P[KC_2^{\Pi} | PB_3] & \dots & P[KC_m^{\Pi} | PB_3] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P[KC_0^{\Pi} | PB_m] & P[KC_1^{\Pi} | PB_m] & P[KC_2^{\Pi} | PB_m] & \dots & P[KC_m^{\Pi} | PB_m] \end{bmatrix}$$

Реализация определенного сценария проектной аварии  $S_i^{\Pi}$  приводит к достижению системой соответствующего проектного конечного состояния  $KC_i^{\Pi}$ , сопряженного с ущербом  $U(KC_i^{\Pi})$  [1, 3, 4, 19]. При этом ущерб от аварии на ТС как результат изменения состояния системы может иметь разное выражение — нарушение ее целостности или ухудшение других свойств; фактические или возможные экономические и социальные потери (отклонение здоровья человека от среднестатистического значения, т.е. его болезнь или смерть; нарушение процесса нормальной хозяйственной деятельности; утрата того или иного вида собственности; ухудшение природной среды и т.д.), возникающие в результате каких-то событий, явлений, действий; полная или частичная потеря здоровья либо смерть человека; утрата имущества или других материальных, культурных, исторических или природных ценностей.

Произведя последовательно оценку угроз, уязвимости и ущербов для ТС, можно оценить индексы дифференциальных рисков реализации различных проектных сценариев  $S_i^{\Pi}$ :

$R(S_i^{\Pi}) = P(PB_j) \cdot P(KC_i | PB_j) \cdot U(KC_i^{\Pi})$  для рассматриваемой системы с помощью трехфакторной модели «угроза—уязвимость—последствия».

Далее может быть оценен индекс проектного риска для рассматриваемой системы:

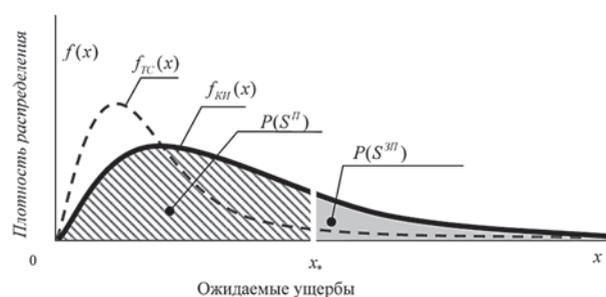
$$R_{\Sigma}^{\Pi} = \overline{H}^{\Pi} \cdot \overline{\mathbf{V}}^{\Pi} \cdot \overline{U}^{\Pi}$$

где  $\overline{H}^{\Pi} = \{P(PB_1); P(PB_2); \dots; P(PB_m)\}$  — вектор проектных угроз, компонентами которого являются вероятности реализации проектных воздействий  $PB_1, PB_2, \dots; PB_m$ ;

$\overline{\mathbf{V}}^{\Pi} = [P(KC_i | PB_j)]$  — матрица уязвимости, компоненты которой представляют собой вероятности реализации возможных поврежденных состояний  $KC_i^{\Pi}$  при условии оказания на систему различных проектных воздействий  $PB_j$ ;

$\overline{U}^{\Pi} = \{U(KC_0^{\Pi}), U(KC_1^{\Pi}), U(KC_2^{\Pi}), \dots, U(KC_n^{\Pi})\}^T$  — вектор проектных ущербов, компонентами которого являются величины ущербов, соответствующих проектным конечным состояниям  $KC_0, KC_1^{\Pi}, KC_2^{\Pi}, \dots, KC_n^{\Pi}$ .

Или в развернутой форме:



**Рис. 5.** Характер распределений ущербов для обычных технических систем и критических инфраструктур

$f_{ТС}(x)$  — функция плотности распределения ущерба для обычных технических систем;  $f_{КИ}(x)$  — функция плотности распределения ущерба для КИ;  $P(S^{\Pi})$  — вероятность реализации проектных сценариев для КИ;  $P(S^{3\Pi})$  — вероятность реализации запроектных сценариев для КИ;  $x_*$  — пороговое значение экстремальных ущербов

$$R_{\Sigma}^{\Pi} = \underbrace{\{P(PB_1); P(PB_2); \dots; P(PB_m)\}}_{\text{Угрозы } \overline{H}} \times$$

$$\times \begin{bmatrix} P[KC_0 | PB_1] & P[KC_1^{\Pi} | PB_1] & \dots & P[KC_n^{\Pi} | PB_1] \\ P[KC_0 | PB_2] & P[KC_1^{\Pi} | PB_2] & \dots & P[KC_n^{\Pi} | PB_2] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P[KC_0 | PB_m] & P[KC_1^{\Pi} | PB_m] & \dots & P[KC_n^{\Pi} | PB_m] \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U(KC_0) \\ U(KC_1^{\Pi}) \\ \dots \\ U(KC_n^{\Pi}) \end{bmatrix}$$

Уязвимость  $\overline{V}$  Ущерб  $\overline{U}$

При проведении сценарного анализа и оценки риска эксплуатации ТС необходимо иметь в виду, что в процессе эксплуатации на систему могут быть оказаны воздействия и запущены сценарии отказов, которые либо сознательно были исключены из перечня проектных, поскольку считались практически нереализуемыми, либо не были включены в рассмотрение из-за ограниченности знаний о системе и протекающих в ней и во внешней среде процессах. Подобные воздействия и инициируемые ими сценарии аварий получили название запроектных. Если не учитывать запроектные воздействия (ЗПВ) и запроектные сценарии аварий ( $S_i^{3PB}$ ), можно, с одной стороны, получить существенно заниженные оценки рисков, а с другой — разработанные для рассматриваемой ТС защитные барьеры окажутся недостаточно эффективными. Подобные ситуации особенно характерны для сложных систем, в частности для КИ.

Для сложных систем характерно наличие так называемых тяжелых хвостов распределений ущербов [4]. Это означает, что экстремальные ущербы, соответствующие запроектным авариям, в сложных системах реализуются не настолько редко, чтобы ими можно было пренебрегать (рис. 5).

## 2.2. Недостатки традиционного подхода

Представленный выше сценарный анализ выполняется в предположении, что для рассматриваемой системы может быть сформирован закрытый (ис-

черпывающий) перечень проектных воздействий, и изучены все возможные сценарии развития событий после каждого из этих воздействий; оценены ущербы, соответствующие всем проектным конечным состояниям. Далее выявляются наиболее катастрофичные сценарии, разрабатываются комплексы защитных мероприятий и строятся защитные барьеры, призванные предотвратить реализацию этих сценариев, тем самым обеспечив безопасность рассматриваемой ТС.

При этом делается допущение, что для рассматриваемой системы могут быть созданы закрытые перечни возможных воздействий на систему и сценариев эскалации аварии. В соответствии с этим допущением считается возможным создание комплексов защитных барьеров, обеспечивающих с требуемой достаточно высокой вероятностью блокировку сценариев проектных аварий. Этот закрытый перечень проектных воздействий включает события, происходящие при нормальной эксплуатации ТС, а также неординарные события (выход из строя различных компонентов ТС, ошибки операторов, экстремальные природные воздействия, а также несанкционированные воздействия), которые могут произойти, по крайней мере, один раз в течение цикла эксплуатации ТС.

При этом подходе ряд редких экстремальных событий, имеющих низкую вероятность реализации, но значительные последствия, выводятся за рамки рассмотрения как практически нереализуемые. Другие экстремальные события ввиду сложности системы вообще остаются неидентифицированными. Указанные события/воздействия относятся к категории запроектных. Таким образом, вопрос обеспечения безопасности ТС при запроектных воздействиях в рамках традиционного подхода не рассматривается. Однако подобные воздействия могут привести к крупномасштабным катастрофам, вызвать значительное число жертв и огромные материальные потери. Типичным примером запроектного воздействия на инженерную систему является авария на АЭС «Фукусима» — ее инициировало цунами, высота которого превышала заложенный в проекте уровень. Другим примером запроектной аварии является Чернобыльская катастрофа, причиной которой стала заранее не учтенная комбинация различных воздействий: технических отказов, ошибок операторов и нарушений на уровне управления станцией.

### **3. Учет особенностей критических инфраструктур при разработке стратегии обеспечения их защищенности**

Современные критические инфраструктуры являются сложными техно-социальными системами, функционирование которых определяется взаимодействием технических, социальных, организационных и управленческих факторов. Традиционный

подход к моделированию техно-социальных систем, широко используемый при обеспечении их безопасности, предусматривает декомпозицию системы на техническую, социальную и организационную подсистемы, которые затем рассматриваются отдельно в рамках соответствующих дисциплин. При этом не учитываются ни взаимные влияния подсистем, ни их взаимодействие на системном уровне.

Следует отметить, что усилия по защите критических инфраструктур традиционно фокусируются на технических аспектах. Благодаря этому достигнут значительный прогресс в сфере обеспечения надежности технических компонентов КИ. Однако возможности данного подхода близки к исчерпанию. Это связано с тем, что КИ более не могут рассматриваться как преимущественно технические системы, а становятся все в большей мере техно-социальными системами. Статистика чрезвычайных ситуаций на критических инфраструктурах свидетельствует о том, что в 70-90 случаях из 100 инициирующим фактором аварии являются ошибки человека, которые совершаются на этапах проектирования, строительства или эксплуатации системы. А это означает, что подобные аварии не могут быть предотвращены только путем реализации технических мер.

Благодаря бурному развитию в последние десятилетия, КИ становятся все более сложными. Это значит, что при оценке безопасности КИ появляется огромное число факторов, подлежащих учету, а некоторые режимы эксплуатации КИ становятся не полностью определенными. Это происходит вследствие сложных нелинейных взаимодействий между компонентами КИ, сильной связанности между различными подсистемами, а также того факта, что КИ и окружающая среда начинают изменяться быстрее, чем они могут быть описаны и исследованы. Поэтому возникает ситуация недостатка информации о КИ и, следовательно, ограниченности возможностей прогнозирования их поведения и управления ими. При этом на определенных режимах становится невозможно детально описать законы функционирования КИ и разработать правила управления.

Различие между полностью определенными и не полностью определенными системами становится чрезвычайно важным при разработке комплекса мер по обеспечению безопасности. Особенность не полностью определенных систем в том, что оказывается невозможным полное описание их поведения и прогнозирование их состояния при различных условиях и на различных режимах эксплуатации. Вследствие этого для таких сложных систем, как критические инфраструктуры, практически невозможно создать закрытый перечень проектных воздействий, которым система может подвергнуться в течение ее эксплуатации. В связи с этим

традиционная стратегия обеспечения безопасности КИ, основанная на разработке комплекса защитных барьеров, призванных парировать проектные воздействия, не может быть в должной степени успешной.

Поэтому необходимо разработать методы обеспечения безопасности, позволяющие иметь дело с недоопределенными системами. При этом должны использоваться подходы, развиваемые в рамках новой дисциплины, получившей название *теория обеспечения устойчивости технических систем к экстремальным воздействиям* (англ. Resilience Engineering)<sup>1</sup> [7, 14, 15]. Эта дисциплина концентрирует внимание на создании систем, которые способны:

- 1) продолжать (по крайней мере частично) выполнять предписанные им функции после того, как они получают повреждения, подвергнувшись за проектным воздействиям;
- 2) достаточно быстро восстанавливать свой исходный функциональный уровень после за проектных воздействий.

#### 4. Принципы обеспечения устойчивости КИ

Устойчивость к экстремальным воздействиям является ключевым понятием в случаях за проектных воздействий и за проектных сценариев аварий в сложных технических системах, к которым относятся КИ [7]. Современные инфраструктурные системы (системы водо-, электро- и газоснабжения, транспортные, телекоммуникационные сети) становятся все более сложными, взаимозависимыми, динамически изменяемыми, все более проявляющими нелинейные свойства. В связи с этим становится невозможно заранее — при проектировании — спрогнозировать многие неблагоприятные события или их сочетания, а также инициируемые ими сценарии отказов и, следовательно, заранее предусмотреть полный комплекс защитных мероприятий, позволяющий построить системы защиты от исчерпывающего перечня за проектных воздействий/сценариев. При этом на первый план выходит задача повышения устойчивости инфраструктурных систем к за проектным воздействиям. Традиционные меры по снижению риска и обеспечению безопасности ТС, предусматривающие создание систем защиты от проектных воздействий и аварий, должны дополняться мерами по обеспечению устойчивости к за проектным воздействиям и авариям. В такой постановке традиционные вопросы, на которые приходится отвечать при обеспечении безопасности технических систем — «какие проектные сценарии отказа могут произойти в системе?» и «какие защитные меры нужно предпринять, чтобы предотвратить эти сценарии?», должны дополняться

вопросом: «Что нужно предпринять, чтобы обеспечить устойчивость системы по отношению к заранее неизвестным экстремальным воздействиям?».

Под устойчивостью ТС к экстремальным воздействиям понимается способность системы, подвергшейся за проектному воздействию, поддерживать определенный уровень эксплуатационных характеристик и возвращаться на нормальный уровень функционирования (т.е. восстанавливаться) в течение определенного интервала времени. Система, устойчивая к экстремальным воздействиям, должна отвечать следующим требованиям:

- живучесть, т. е. способность функционировать и в определенной мере выполнять предписанные функции при наличии локальных повреждений, возникающих вследствие экстремальных воздействий;
- избыточность, т. е. наличие резервных связей, альтернативных путей передачи нагрузки и дублирующих элементов, которые могут быть задействованы в чрезвычайной ситуации;
- ресурсообеспеченность, т.е. наличие в системе ресурсов, которые могут быть задействованы в случае экстремального воздействия;
- способность к быстрому восстановлению, определяемая интервалом времени, в течение которого повреждения могут быть ликвидированы, т. е. система будет восстановлена и выйдет на номинальный уровень.

Исторически в механике понятие устойчивости тесно связано со способностью системы, находящейся под действием нагрузки, деформироваться в упругой области, накапливать энергию при действии нагрузки, высвобождать накопленную энергию и возвращаться в первоначальное положение после снятия нагрузки. Со временем применительно к инфраструктурным системам понятие устойчивости к экстремальным воздействиям стало пониматься более широко. Инфраструктура считается устойчивой, если ей свойственны низкая вероятность отказа, незначительный ущерб, реализующийся в случае отказа (число пострадавших, экономический и экологический ущерб) и малое время восстановления системы (возвращение системы в нормальное состояние с выходом в штатный режим эксплуатации и на штатную мощность/производительность).

Концептуально понятие устойчивости инфраструктуры проиллюстрировано на рис. 6, на котором представлен профиль устойчивости системы [14, 21]. В момент времени  $t_*$  на систему оказывается экстремальное воздействие. В результате этого в течение малого временного интервала  $\Delta_d$  происходит ее де-

<sup>1</sup> В настоящее время в русскоязычной литературе еще нет эквивалента английского термина Resilience Engineering.

градация, эксплуатационная характеристика снижается на величину  $\Delta Q$  от номинального значения  $Q_n$  до значения  $Q_{\min}$ . Далее (начиная с момента времени  $t_* + \Delta_d$ ) идет этап восстановления системы длительностью  $\Delta_v$ . Этот этап завершается выходом на номинальный уровень эксплуатации  $Q_n$  (производительность восстанавливается до 100%) в момент времени  $t_v$ . Если  $\Delta_d \ll \Delta_v$ , то длительностью интервала деградации можно пренебречь. По сравнению с последующим интервалом восстановления, деградация будет считаться мгновенной (рис. 7). Величина  $\Delta Q$  характеризует прямые последствия экстремального воздействия, связанные с потерями, которые обусловлены повреждениями, разрушениями и отказами в системе непосредственно после воздействия (точнее, отношение  $\Delta Q/Q_n$  характеризует степень повреждения основных фондов, степень повреждения объекта, отношение прямых экономических потерь на рассматриваемом объекте к стоимости неповрежденного объекта).

Площадь криволинейной трапеции  $ABB'C$  (рис. 6) или криволинейного треугольника  $ABC$  (рис. 7) отражает косвенный ущерб, связанный с потерей производительности и частичным невыполнением системой заданных функций в течение периода времени

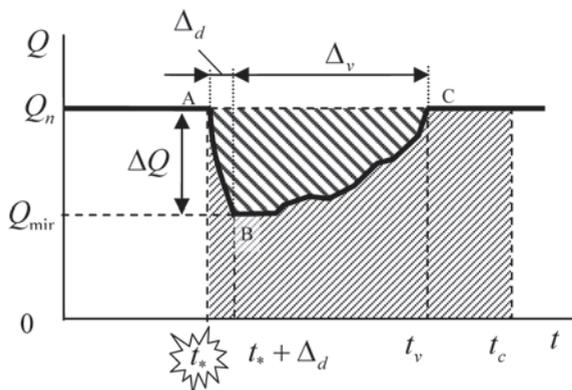


Рис. 6. Профиль устойчивости

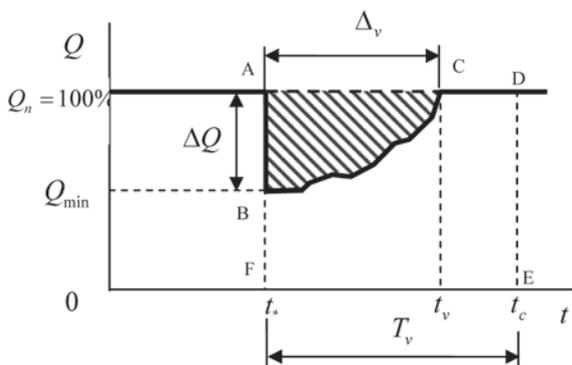


Рис. 7. Профиль устойчивости при допущении о мгновенном характере деградации эксплуатационной характеристики системы

от момента экстремального воздействия до момента полного восстановления системы. В качестве меры устойчивости системы может быть выбрано отношение площади под эксплуатационной характеристикой после момента экстремального воздействия  $t_*$  и до контрольного момента времени  $t_c$ , в который система должна вернуться на номинальный уровень (фигура  $BCDEF$ ), к площади прямоугольника  $ADEF$  [9]:

$$Res = \frac{F_c}{F_n} = \frac{\int_{t_*}^{t_c} Q(t) dt}{(t_c - t_*) \cdot Q_n} \times 100\%. \quad (1)$$

При этом можно вводить следующее ограничение: если период восстановления превышает предельно допустимую величину  $[\Delta_v]$ , то устойчивость системы полагается равной 0:

$$Res = \begin{cases} \frac{\int_{t_*}^{t_c} Q(t) dt}{(t_c - t_*) \cdot Q_n} \times 100\%, & \text{если } t_v - t_* < [\Delta_v] \\ 0, & \text{если } t_v - t_* > [\Delta_v] \end{cases} \quad (2)$$

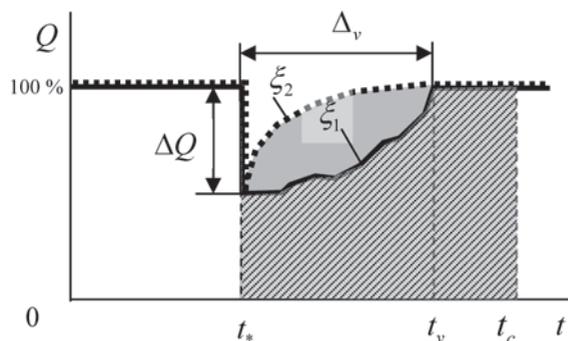


Рис. 8. Зависимость экстремальной устойчивости от характера функции восстановления

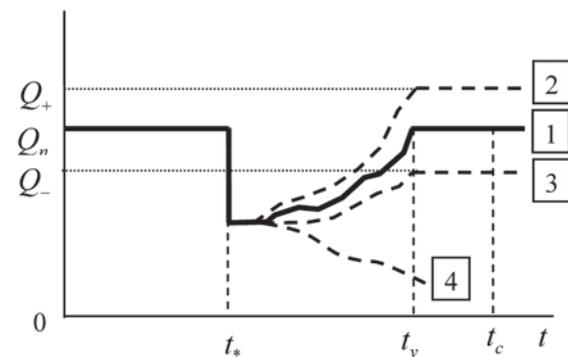


Рис. 9. Различные сценарии восстановления

Очевидно, что на величину экстремальной устойчивости системы влияют время восстановления  $\Delta_v = t_v - t_*$  и падение эксплуатационной характеристики  $\Delta Q = Q_n - Q_{\min}$ . Кроме того, величина устойчивости будет определяться геометрией кривой восстановления (рис. 8). Действительно, система, имеющая кривую восстановления  $\xi_2$ , более устойчива, чем система с кривой восстановления  $\xi_1$ .

После крупномасштабной катастрофы окружающая среда может претерпеть существенные изменения, поэтому может возникнуть необходимость, чтобы рассматриваемая инфраструктурная система не возвращалась к исходному состоянию, а адаптировалась к изменившимся условиям и вышла на уровень, отличающийся от исходного (рис. 9). Поэтому помимо описанного выше сценария, который предполагает восстановление системы до номинального уровня (сценарий 1, рис. 9), возможны и другие сценарии:

- в результате проведенной модернизации система будет выведена на более высокий уровень эксплуатационной характеристики  $Q_+$  (сценарий 2);
- вследствие невозможности (или нецелесообразности) полного восстановления системы она выводится на более низкий уровень эксплуатации (сценарий 3);
- вследствие катастрофических разрушений реализуется деградационный сценарий с падением эксплуатационных характеристик до нулевых значений (сценарий 4).

Ресурсы, направляемые на реализацию защитных мероприятий, обеспечивают повышение устойчивости системы к экстремальным воздействиям. При этом меняется профиль устойчивости (рис. 10): уменьшаются такие величины, как длительность периода восстановления  $\Delta_v$  и падение эксплуатационной характеристики  $\Delta Q$ .

Профиль устойчивости и, в частности траектория восстановления после экстремального воздействия, является случайным процессом, в начальном приближении его можно аппроксимировать линейной зависимостью (рис. 11). В этом случае выражение для устойчивости (1) может быть записано в виде, приведенном в [9]:

$$Res = \frac{(t_c - t_*) \cdot Q_n - \frac{\Delta Q \cdot \Delta_v}{2}}{(t_c - t_*) \cdot Q_n} = 1 - \frac{\Delta Q \cdot \Delta_v}{2 \cdot (t_c - t_*) \cdot Q_n}. \quad (3)$$

Если вид функции восстановления считается заданным (линейным), то устойчивость системы будет характеризоваться параметрами  $\Delta Q$  и  $\Delta_v$ . При этом различные комбинации этих параметров, соответствующие разным случаям (1 — значительное падение эксплуатационной характеристики при малом перио-

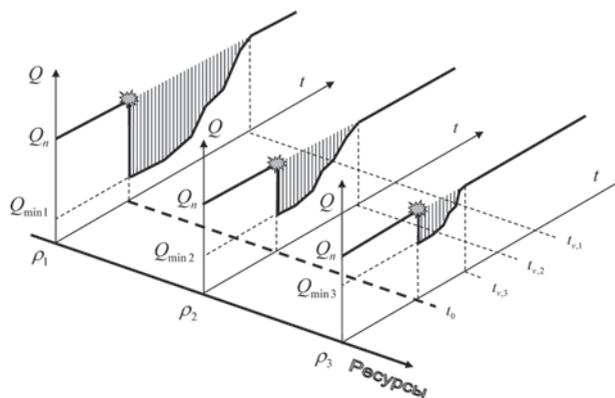


Рис. 10. Изменение профиля устойчивости системы в случае увеличения количества ресурсов, направляемых на защиту системы и ликвидацию последствий аварии [7]

де восстановления и 2 — незначительное падение эксплуатационной характеристики при большом периоде восстановления), могут иметь одинаковые индексы устойчивости. Таким образом, из выражения (2) можно получить гиперболические кривые равной устойчивости. Учитывая (2), можно записать [21]:

$$\Delta Q \cdot \Delta_v = 2 \cdot T_c \cdot Q_n \cdot (1 - Res) \\ (\Delta Q - 0) \cdot (\Delta_v - 0) = M, \text{ где } M = 2 \cdot T_c \cdot Q_n \cdot (1 - Res).$$

Тогда при фиксированном значении устойчивости  $Res$ , а также заданных значениях номинальной эксплуатационной характеристики  $Q_n$  и контрольного периода  $T_c = t_c - t_*$  различным вариантам системы будут соответствовать точки плоскости  $(\Delta Q; \Delta_v)$ , лежащие на одной гиперболе с центром в начале координат, асимптотами которой являются оси  $(0; \Delta Q)$  и  $(0; \Delta_v)$ . Таким образом, для любого значения устойчивости  $Res$  множество возможных пар значений  $\{\Delta Q; \Delta_v\}$  будет лежать на гиперболе, расположенной в первом квадранте плоскости  $(\Delta Q; \Delta_v)$ . Варьируя величину  $Res$ , можно получить множество равнобочных гипербол. Причем большим значениям  $Res$  будут соответствовать меньшие значения  $M$  и, следовательно, гипербола,

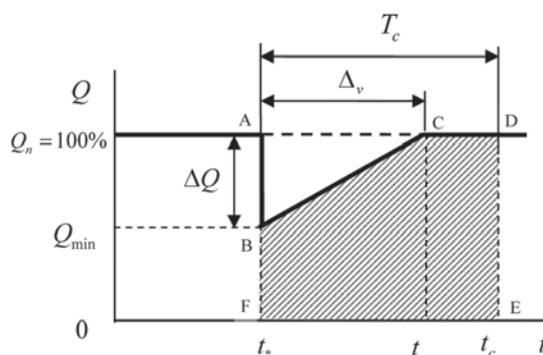


Рис. 11. Аппроксимация кривой восстановления с помощью линейной функции

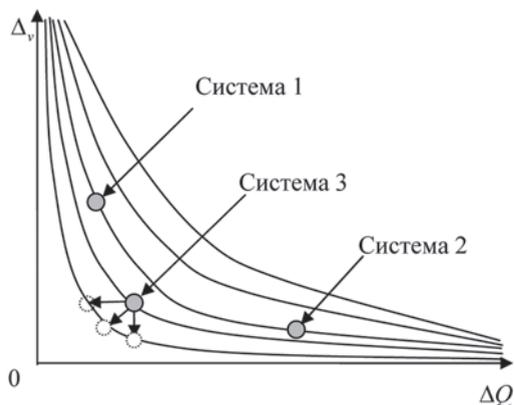


Рис. 12. Контуры равной устойчивости

которая будет располагаться ближе к координатным осям. То обстоятельство, что всем точкам гиперболы будет соответствовать одно и то же значение устойчивости, позволяет в явной форме сопоставить влияние параметров  $\Delta Q$  и  $\Delta_v$  на устойчивость системы.

Система 1 имеет тот же индекс устойчивости, что и система 2, но при этом первоначальное падение эксплуатационной характеристики (прямые ущербы) у системы 1 больше, а период восстановления меньше, чем у системы 2. Система 3 имеет несколько большее падение эксплуатационной характеристики, чем система 1, и больший период восстановления, чем система 2, но более устойчива, чем системы 1 и 2. На рис. 12 представлены различные способы повышения устойчивости системы 3: снижение  $\Delta Q$ , снижение  $\Delta_v$  и комбинированный способ.

Может быть сформирован вероятностный индекс устойчивости системы. Пусть  $[\Delta Q]$  и  $[\Delta_v]$  соответственно предельно допустимое значение падения эксплуатационной характеристики после экстремального воздействия на систему и предельно допустимый интервал восстановления до номинального уровня эксплуатационной характеристики. Тогда под экстремальной устойчивостью будем понимать вероятность того, что система не выйдет за предельные границы по  $\Delta Q$  и  $\Delta_v$ , то есть будет соответствовать заданным эксплуатационным стандартам  $S$ . Тогда, если на систему оказывается экстремальное воздействие интенсивности  $\omega$ , устойчивость системы к воздействию данной интенсивности может быть определена как:

$$Res_{\omega} = P(S | \omega) = P\{(\Delta Q < [\Delta Q]) \cap (\Delta_v < [\Delta_v])\}$$

$$Res_p(\omega) = P(S | \omega) = P\{(\Delta Q < [\Delta Q]) \cap (\Delta_v < [\Delta_v])\} \cdot (4)$$

Если учитывать возможность варьирования интенсивности воздействия по различным уровням,



Рис. 13. Области допустимых и недопустимых состояний по критерию устойчивости к экстремальным воздействиям

то по теореме о полной вероятности «интегральная» устойчивость может быть записана в виде

$$Res_p = \sum_{\omega} P(S | \omega) P(\omega).$$

Если рассматривается не дискретное, а непрерывное распределение:

$$Res_p = \int_{\omega} p_{S|\omega}(\omega) p_{\omega}(\omega) d\omega,$$

где  $p_{S|\omega}(\omega)$  — условная плотность распределения вероятности реализации события  $S$ ;  $p_{\omega}(\omega)$  — функция распределения.

Используя понятие функции предельных состояний, можно определить понятие устойчивости исходя из подходов системной теории надежности. Пусть для данной системы, подвергающейся запроектовому воздействию, рассматриваются два предельных состояния:

- прямой ущерб  $\Delta Q$  превышает предельно допустимую величину ущерба  $[\Delta Q]$ ;
- время восстановления превышает предельно допустимую величину  $[\Delta_v]$ .

Используя подходы теории надежности и, в частности понятие функции предельных состояний, можно рассматривать выражение (2) как условие нахождения системы в допустимой области, ограниченной двумя функциями предельных состояний:

$$g_1 = \frac{\Delta Q}{[\Delta Q]} - 1 \text{ и } g_2 = \frac{\Delta_v}{[\Delta_v]} - 1. \quad (5)$$

Тогда двухмерная функция предельных состояний, требующая одновременного выполнения условий  $g_1 > 0$  и  $g_2 > 0$ , будет иметь вид:

$$g(\Delta Q, \Delta_v) = \left( \frac{\Delta Q}{[\Delta Q]} \right)^{a_1} + \left( \frac{\Delta_v}{[\Delta_v]} \right)^{a_2} - 1, \quad (6)$$

где  $a_1$  и  $a_2$  — показатели степени, определяемые в каждом конкретном случае.

На ее основе можно построить (рис. 13) области допустимых и недопустимых состояний объектов инфраструктуры в координатах « $\Delta Q$  —  $\Delta_v$ ».

## 5. Заключение

Существующие в настоящее время методики обеспечения безопасности технических систем разработаны для систем, имеющих четкие границы и хорошо определенные перечни угроз. Для этих систем могут быть созданы базы данных по статистике аварий, которые позволяют количественно оценивать и верифицировать модели. Эти методики, базирующиеся на построении сценарных «деревьев» (модели типа «дерево» событий, «дерево» отказов), были разработаны без учета запроектных воздействий и не позволяют в должной мере учесть сложность критических инфраструктур, функционирование которых определяется взаимодействием технических, организационных и социальных факторов.

В указанных методиках аварии, развивающиеся в технических системах, рассматриваются как линейные последовательности событий. Эти модели имеют ограниченные возможности, когда приходится описывать развитие аварий в таких сложных техно-социальных системах, как критические инфраструктуры, которые предполагают нелинейные взаимодействия между компонентами, петли обратных связей, множественные источники аварий и т.д. Традиционный подход к моделированию аварий не позволяет описывать сценарии отказов в сложных системах, которые, как правило, происходят не вследствие отдельного инициирующего события (технического отказа элемента системы или ошибки оператора), а являются следствием нескольких взаимосвязанных факторов, действующих на различных уровнях системы. К этим факторам относятся технические отказы, человеческие ошибки, внешние экстремальные воздействия, латентные условия, связанные с таким аспектами, как действующая практика управления системой или этнокультурные особенности персонала, внешние инициирующие события.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Резников Д.О. и др. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность и защищенность критически важных объектов. Часть 1. Научные основы безопасности и

Исследование критических инфраструктур как социо-технических систем требует оценки сложных взаимодействий между техническими, социальными и организационными уровнями системы. Поэтому КИ нужно рассматривать как единое целое. При этом необходимо делать акцент на одновременном совместном рассмотрении технических, организационных и социальных факторов, определяющих состояние системы и динамику ее развития. Чтобы обеспечить безопасность таких систем, необходимо выйти за рамки традиционного подхода к оценке проектных рисков и перейти к новой парадигме, основанной на обеспечении безопасности КИ по критерию устойчивости к запроектным воздействиям. В связи с необходимостью включить в рассмотрение запроектные аварии на КИ, рамки исследований должны быть существенно расширены. Меры по обеспечению безопасности должны быть направлены не только на создание защитных барьеров, призванных предупредить реализацию постулируемых проектных аварий, но и на повышение устойчивости и живучести КИ в случае запроектных воздействий, т. е. сосредоточиться на предотвращении крупномасштабных катастроф и длительных перерывов в функционировании КИ.

Возможность запроектных воздействий, имеющих низкую вероятность реализации и тяжелые последствия, должна учитываться при проведении оценок защищенности критических инфраструктур. Это потребует реализации дополнительных мер, направленных на повышение устойчивости КИ при запроектных воздействиях.

Необходимо выйти за рамки традиционных моделей оценки рисков, основанных на построении «деревьев» отказов и «деревьев» событий, которые ограничиваются рассмотрением проектных воздействий и проектных сценариев развития аварий, и начать изучать реакции КИ на возможные запроектные воздействия [10, 11]. Новая парадигма обеспечения безопасности КИ и других сложных систем должна концентрировать внимание не только на создании защитных барьеров и реализации охранных мероприятий, направленных на парирование проектных аварий, но и на повышении устойчивости КИ по отношению к запроектным авариям. Причем разрабатываемый новый подход к обеспечению безопасности КИ должен рассматриваться не как замена, а скорее как дополнение традиционного подхода.

защищенности критически важных объектов. — М.: МГФ «Знание», 2012.

2. Махутов Н.А., Петров В.П., Резников Д.О., Кукова В.И. Обеспечение защищенности критически важных объектов на основе снижения их уязвимости//

- Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 2.
3. Махутов Н.А., Резников Д.О. Сопоставительная оценка нормативного и основанного на управлении риском подходов к оценке защищенности сложных технических систем//Проблемы машиностроения и надежности машин. 2011. № 6. С. 92–98.
  4. Махутов Н.А., Резников Д.О., Петров В.П. Оценка риска аварий на КВО с учетом возможности реализации экстремальных ущербов//Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2008. № 5. С. 57–73.
  5. Махутов Н.А., Резников Д.О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска//Проблемы анализа риска. 2008. Том 5, № 3. — С. 76–89.
  6. Махутов Н.А., Резников Д.О., Петров В.П., Куксова В.И. Обеспечение защищенности и минимизация общих эксплуатационных затрат и ущербов в течение жизненного цикла критически важных объектов путем выбора оптимальной стратегии проведения технических инспекций и ремонта//Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2010. № 3. С. 34–67.
  7. Bruneau M., Reinhorn A. Overview of the Resilience concept // Proceedings of the 8-th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, USA. 2006.
  8. Bruneau M., Reinhorn A. Seismic resilience of communities — conceptualization and operationalization // Proceedings of International workshop on Performance based seismic-design. Bled — Slovenia, 2004.
  9. Cimellaro G., Reinhorn A., Bruneau M. Quantification of Seismic Resilience // Proceedings of the 8-th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, USA. 2006 (индексы устойчивости, теория надежности, предельные состояния).
  10. Critical Thinking: Moving from Infrastructure Protection to Infrastructure Resilience // Critical Infrastructure protection Program. Discussion Paper Series. George Masson University. 2007. 109 p.
  11. Gheorghe A., Vamanu D. On the Vulnerability of Critical Infrastructures: ‘Seeing it Coming’// Int. J. Critical Infrastructures. 2004. Vol. 1, Nos. 2/3. P. 216–246.
  12. Haimes Y. On the Definition of Vulnerabilities in Measuring Risks to Infrastructures // Risk Analysis. 2006. Vol. 26, No 2.
  13. Hollnagel E. From protection to resilience: Changing views on how to achieve safety/ 8-th International Symposium of the Australian Aviation Psychology Association. Australia, 2008.
  14. Hollnagel E., Woods D., Leveson N. Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Ashgate, Great Britain, 2006. 397 p.
  15. Hollnagel E., Sidney D., Woods D., Cook R. Resilience Engineering: New directions for measuring and maintaining safety in complex systems / Lund University School of Aviation. 2008. P. 63.
  16. Makhutov N., Reznikov D., Petrov V. Engineering Infrastructures: Problems of Safety and Security // Proceedings of the international Workshop “European perspectives on security research”/ Acatech, Gemany. 2011. P. 93-106.
  17. McDaniels T., Chang S. E., Cole D., Mikawoz J., Longstaff H. Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. Global Environmental Change, 18, 310–318. 2008
  18. Makhutov N., Petrov V., Reznikov D. Multivariant Risk Analysis of Critical Facilities and Infrastructures in Russia / 2nd International Disaster and Risk Conference, Davos, 2008. P. 118–119.
  19. Makhutov N., Reznikov D., Petrov V. Development of the Open Database on Risk Assessment in Technical Systems / International Conference on Open Risk Analysis. University of Cambridge, UK. 2009.
  20. Pederson P., Dudenhoeffer D., Hartley S., Permann M. Critical Infrastructure Interdependency Modelling: A Survey of U.S. and International Research / Idaho National Laboratory Critical Infrastructure Protection Division Idaho Falls, Idaho 83415. 2006.
  21. Zobel C. Comparative Visualization of Predicted Disaster Resilience // Proceedings of the 7-th International ISCRAM Conference. USA, 2010.

## Specific Futures of Critical Infrastructures Safety Ensuring

**N.A. Makhutov**, Chief Research Associate, RAS Member Correspondent, Doctor of Engineering, Institute of Machines Science named after A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow

**D.O. Reznikov**, Leading Research Associate, Ph.D. of Engineering, Institute of Machines Science named after A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow

**V.P. Petrov**, Leading Research Associate, Ph.D. of Engineering, Institute of Machines Science named after A.A. Blagonravov of Russian Academy of Sciences, Moscow

*A number of critical infrastructures’ distinctive features which define additional requirements to these infrastructures’ safety ensuring are considered in this paper. Need of addition of traditional approaches to ensuring the safety of critical infrastructures in relation to design impacts by a complex of measures, aimed at providing their stability to beyond design basis influences is proved. Means related to carrying out of critical infrastructures’ stability quantitative assessment are considered.*

**Key words:** critical infrastructures, risk, safety, resilience, beyond design basis impact, stability.

# Системный анализ сущности и структуры «риска» в сфере обеспечения безопасности труда

**А.Г. Федорец**, директор, канд. техн. наук, доцент

АНО «Институт безопасности труда», г. Москва

e-mail: alfed007@mail.ru

## Ключевые слова:

риск,  
профессиональный риск,  
класс профессионального риска,  
производственный риск,  
общегосударственный риск,  
менеджмент риска,  
риск-менеджмент,  
безопасность труда,  
социально-экономический риск,  
владелец риска,  
субъект риска,  
объект риска.

*В статье впервые проведен системный анализ понятия «риск для жизни и здоровья работника, обусловленный производственной деятельностью». Этот риск представлен в виде структуры, состоящей из изолированных составных частных рисков, у каждой из которых есть свой персональный владелец риска. Особое внимание уделено понятию «владелец риска» и его роли в анализе риска. Показана бессмысленность анализа, оценки и управления как-либо «риском вообще» без указания на конкретного владельца «конкретного риска». Предложен новый подход к анализу многостороннего риска, на основе которого сформулировано шесть постулатов анализа риска. На основе постулатов сделан вывод о единстве в одном лице субъекта и объекта риска, которым выступает владелец этого риска.*

## 1. Предисловие

Необходимость подготовки этой статьи обусловлена возрастающим вниманием к менеджменту рисков в сфере обеспечения безопасности производства, включая трудовую деятельность. основополагающие принципы риск-менеджмента в бизнесе начали развиваться достаточно давно [1], но в качестве эффективного инструмента формирования и принятия управленческих решений в ведущих странах эти методы получили широкое применение в последние 20–30 лет [2, 3, 4]. Уровень внедрения принципов риск-менеджмента в управление экономическими процессами, включая обеспечение безопасности производства, непосредственно зависит от уровня реальной конкуренции в экономике и уровня цивилизованности правовой системы государства. По объективным причинам в России этот процесс практически еще не начался за исключением традиционно «рисковых» сегментов экономики: страхование, кредитование, инвестиционная деятельность.

Что касается сферы обеспечения безопасности производства, то, по нашему мнению, законодательская составляющая этого процесса в России существенно опережает не только научно-методическую, но и фундаментально-научную. В результате, в процессе внедрения риск-менеджмента в управление,

например «охраной труда», преобладает непрофессиональный, волонтаристский подход, ориентированный не на «управление рисками», а на «оказание фискальных услуг по управлению рисками». Примерами этого подхода является скоропалительное введение сомнительных понятий «профессиональный риск» и «управление профессиональными рисками» в Трудовой кодекс РФ [5]. Таким образом, в сфере обеспечения безопасности труда в Российской Федерации «телега» оказалась далеко впереди «лошади». Задача настоящей статьи — дать системный анализ понятия «риск» применительно к сфере обеспечения безопасности труда и производства и на основе этого анализа показать принципиальную ошибочность примитивных подходов к управлению рисками, закладываемых в трудовое законодательство под давлением отсталых «трудоохраных» структур, не способных оказать действительно профессиональные и полезные для экономики страны услуги в сфере обеспечения безопасности труда.

## 2. Альтернативные подходы к анализу риска в сфере обеспечения безопасности труда и производства

В сфере трудовых отношений *трудовая деятельность* как процесс (*трудовой процесс*) является слу-

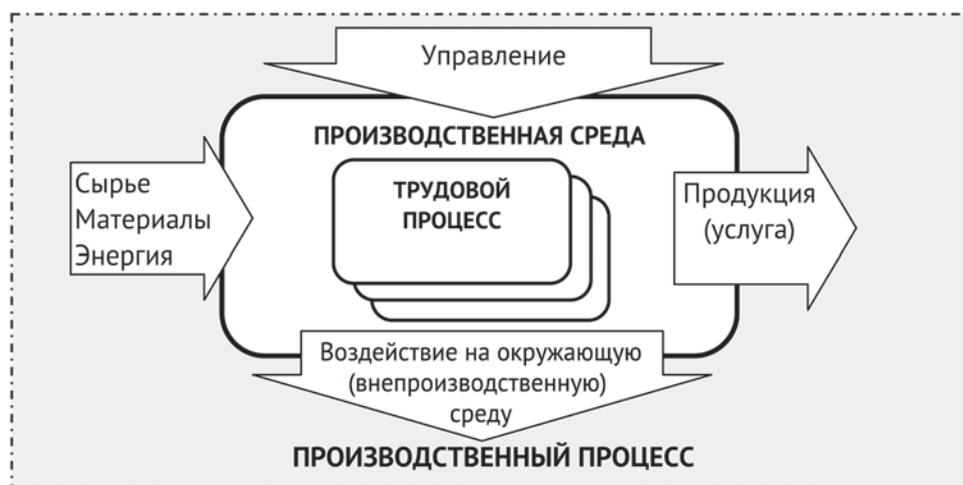


Рис. 1. Обобщенная схема производственного процесса

жебной составной частью, неотъемлемым элементом общего производственного процесса.

В общем случае производственный процесс включает следующие основные элементы (рис. 1):

- материальные факторы производства (здания и сооружения, производственное оборудование и инфраструктуру, сырье и расходные материалы, энергию во всех ее видах);
- производственную среду (наличие потенциально опасных объектов);
- управление (технология производства и все виды менеджмента, включая менеджмент качества, экологии и безопасности производства);
- собственно *трудовой процесс* (в общем случае — индивидуальные трудовые процессы).

Каждый трудовой процесс, будучи составной частью производственного процесса, предполагает прежде всего *человека* — его здоровье, профессиональные компетенции и свойства личности, средства и технологии труда, рабочая/профессиональная среда, целенаправленные физические и умственные усилия человека (собственно *труд*). Во всех современных системах обеспечения безопасности жизнедеятельности речь идет прежде всего о безопасности человека вообще, независимо от его социального статуса, места в производственном процессе и от участия или неучастия в производственном процессе. При любом подходе к обеспечению безопасности процессов именно человек, а не имущество или среда, находится в центре проблемы обеспечения безопасности.

Однако понимание принципа главенствующей роли человеческой жизни и здоровья у различных исследователей отличается. Имеются два принципиально разных подхода.

### 2.1. Социально-ориентированный подход

В рамках социально-ориентированного подхода речь идет прежде всего о конкретном человеке, занятом на конкретном рабочем месте, или об определенной социальной группе (наемные работники). Такой подход характерен для «охраны труда» — социально-политической деятельности, направленной на защиту интересов наемных работников в трудовых отношениях. В системе «охраны труда» жизнь и здоровье наемного работника являются высшей ценностью, что нашло отражение и в основных направлениях государственной политики в сфере охраны труда (ст. 210 Трудового кодекса РФ). В данной системе взглядов какие-либо иные цели, кроме достижения максимально возможного блага для наемного работника, не рассматриваются. При этом интересы других социальных групп (служащие, дети, учащиеся, пенсионеры и инвалиды), потребителей продукции и услуг (тех же работников, но вне работы, на отдыхе), интересы национальной безопасности и национальной конкурентоспособности фактически игнорируются. Социально-политическая направленность этой системы подтверждается и тем, что «рабочее место» здесь не экономическая или организационно-техническая единица, а социально-правовая (ст. 209 Трудового кодекса РФ).

В общем случае задачу оптимизации социально-экономических процессов для такого подхода можно выразить в следующем виде

$$\{B \rightarrow B_{\max}; C_{\text{ут}} \leq C_{\text{др}}\}, \quad (3.1)$$

где  $B$  — отношение уровня заработной платы работника к затратам труда (включая дополнительные затраты труда, обусловленные особыми, отличающимися от нормальных условиями труда);  $C_{\text{ут}}$  — за-

траты работодателя на улучшение условий труда;  $C_{др}$  — все доступные финансовые ресурсы предприятия, непосредственно не связанные с затратами на производство продукции (услуг)<sup>1</sup>.

Но при ближайшем рассмотрении цель «бесконечного улучшения условий труда» является декларативной, поскольку:

- понятие «улучшение условий труда» — качественное, беспредметное и субъективное;
- наиболее важным элементом в этой системе взглядов, на самом деле, является сохранение системы так называемых «компенсаций».

Таким образом, главным фактическим содержанием традиционной «охраны труда» в ее особом национальном воплощении является активная деятельность по отстаиванию прав работников на получение различных «гарантий и компенсаций», обусловленных так называемыми «вредными условиями труда», но не связанных с результатом труда.

Ситуация может измениться только при полной замене действующей социально-популистской концепции трудовых отношений и трудового законодательства на концепцию социально-экономического развития. После принятия Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» ожидание какого-либо прогресса в этой сфере откладывается на неопределенное время.

Назовем рассмотренную систему обеспечения безопасности общественного производства, в центре которой находится наемный работник (именуемый в данной системе «рабочим местом»), «социально-ориентированной», а связанную с ней систему управления рисками в этой сфере для согласования понятийного аппарата — «профессионально-ориентированной». В этой системе вся деятельность по обеспечению безопасности направлена на защиту работника (освобождения рабочего места) от «вредных и опасных производственных факторов», которые изначально считаются неопределенными, а количество только *потенциально вредных* нормируемых факторов превышает 3000.

В традиционной социально-ориентированной системе «охраны труда» принято считать, что трудовой процесс включает только «труд человека», показателями которого являются показатели «тяжести» и «напряженности» труда. Этот тезис принимается в охране и гигиене труда «по сложившимся понятиям», без какого-либо системного анализа и обоснования, даже без определения самого понятия «труд» в трудовом законодательстве. С позиций

профессионально-ориентированного подхода такой взгляд выглядит логичным, поскольку в данной системе взглядов любой труд рассматривается исключительно как источник «вредностей» и «опасностей» безотносительно к его общественно полезной составляющей труда и пользе «труда» для личности самого Человека.

Казалось бы, если мы называем «труд» «процессом», то должны применять к анализу этого процесса и *процессный подход*. Однако в рамках «профессионально-ориентированного подхода» процессный подход не применим, поскольку последний тесно связан с *системным подходом*, а «профессиональный подход» совершенно субъективный и потому внесистемный. Исходя из имманентной субъективности этого подхода, он не может быть результативным, поскольку результаты его применения объективно измерить невозможно. Следовательно, экономическая (социально-экономическая) эффективность этого подхода отрицательная, поскольку средства, расходуемые на деятельность по реализации этого подхода, не приносят ощутимого (измеримого) полезного социального эффекта.

Именно к такой системе взглядов и понятий в наибольшей степени применим термин «профессиональный риск», который здесь рассматривается как *вероятность* утраты работником здоровья или жизни в процессе трудовой деятельности. Можно даже согласиться, что такой подход к толкованию *риска* не противоречит общепринятому пониманию *риска как возможного ущерба*, поскольку ущерб для здоровья конкретного работника является исключительно субъективным, объективной оценке (измерению) не подлежит, поэтому не подлежит и управлению извне. Речь может идти только о вероятности нанесения некоторого субъективного вреда и о деятельности по исключению какого-либо вреда вообще как высшей цели социально-политической (но не социально-экономической!) деятельности по охране труда.

Рассмотренный здесь социально-ориентированный подход реализован в национальном стандарте ГОСТ 12.0.230-2007 [6], который разработан на основе Руководства МОТ — ILO OSH-2001 [7]. При этом переводчики и разработчики национального стандарта не избежали соблазна внести в исходный документ (оригинал) сомнительные искажения, обусловленные «особенностями национальной охраны труда», подменив даже оригинальный объект стандартизации «систему менеджмента безопасности труда» «системой управления охраной труда». Под-

<sup>1</sup> «Прибыль» в системе «охраны труда» ошибочно рассматривается как нежелательное, неблагоприятное, «вредное» следствие процесса труда, антагонист «улучшения условий труда».

ход, реализованный в Руководстве МОТ ILO OSH-2001, может быть признан приемлемым и полезным только в условиях реального (двустороннего) социального партнерства. В условиях современной России он грозит полной остановкой национальной экономики. Именно поэтому данный подход, по нашему мнению, не только ложный и ошибочный с профессиональной точки зрения в соответствии с (3.1), но и крайне «вредный и опасный» для социально-экономического развития страны.

Судя по внесению дополнения в Трудовой кодекс РФ в части, касающейся определения системы управления охраной труда», именно «социально-политический», «профессионально-ориентированный» подход с отрицательной социально-экономической эффективностью пока избран в качестве политической основы для национальной государственной системы охраны работника от его собственных профессиональных рисков. По нашему мнению, избранный путь фактически закрывает возможности для социально-экономического развития страны и общества, выступая непреодолимым препятствием и для инноваций, и для инвестиций, и для создания 25 млн новых высокоэффективных рабочих мест.

#### 2.2. Производственно-ориентированный подход

Принципиальное отличие второго подхода от рассмотренного ранее состоит в смещении фокуса при решении проблемы. В рамках альтернативного подхода центральной задачей в решении проблемы обеспечения безопасности на производстве является не защита работника «от воздействия вредных и опасных производственных факторов производства», а уменьшение уровня и полное исключение «вредных и опасных факторов производства» в самом производственном процессе, т.е. обеспечение

безопасности (безвредности) самого производства. Другими словами, в центре рассматриваемой системы обеспечения безопасности общественного производства находится не объект (*наемный работник*, подверженный воздействию большого набора потенциально вредных и опасных факторов), а субъект (*производственный процесс*, источник ограниченного набора объективно определяемых вредных и опасных факторов).

Именно поэтому в рамках «производственно-ориентированного» подхода предлагается в качестве *трудового процесса* понимать не процесс воздействия на работника факторов тяжести и напряженности труда, а процесс взаимодействия человека и средств труда в условиях общепроизводственной или, в частном случае особой *профессиональной* рабочей, среды. Сам «трудовой процесс» или «процесс труда» включает работника (с его здоровьем и компетенциями), используемые им средства, предметы и технологию труда, окружающую место труда индивидуальную (профессиональную) рабочую среду, в частных случаях совпадающую с производственной средой.

Назовем подход, при котором деятельность по обеспечению безопасности направлена прежде всего на обеспечение безопасности производственного процесса, «*производственно-ориентированным*» (рис. 2). Этот подход, принципиально отличающийся от рассмотренного ранее, реализован в стандарте OHSAS 18001:2007 и аналогичном национальном стандарте ГОСТ Р 54934-2012 [8]. Более детально принципиальные различия между подходами, реализованными в [6,7] и [8], проанализированы в [9].

В производственно-ориентированной системе взглядов на безопасность применяется термин

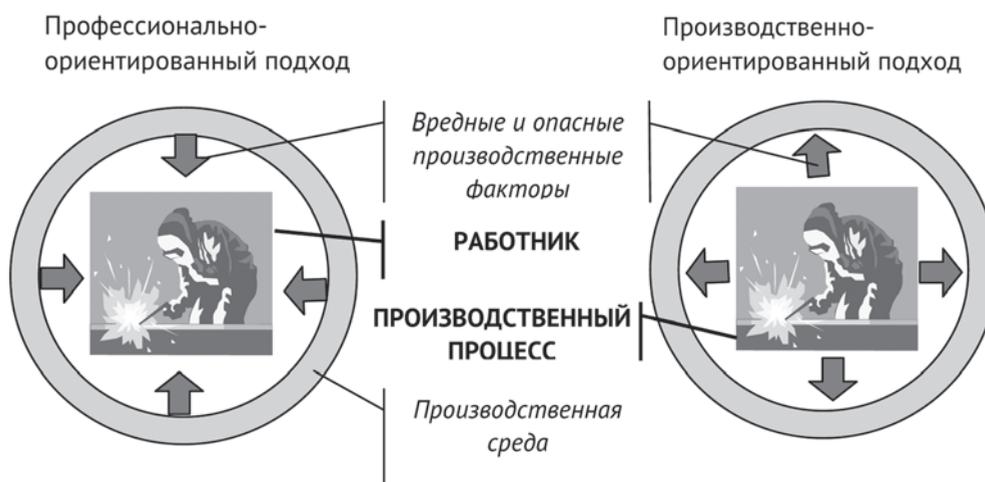


Рис. 2. Сравнение подходов к обеспечению безопасности человека в общественном производстве

(понятие) «профессиональный риск» как один из структурных элементов общего риска для жизни и здоровья Человека, источником которого является производственный процесс. Несмотря на многозначность термина «производственный», для краткости назовем «риск для жизни и здоровья человека, обусловленный производственным процессом» и его вредными и опасными факторами, «*производственным риском*».

Измеримым показателем этого риска является возможный убыток, равный сумме всех затрат и потерь (убытков), понесенных в результате нарушения здоровья работников и других лиц, работающих под управлением организации, от воздействия вредных и опасных факторов производственного процесса организации. Задачу оптимизации социально-экономических процессов для такого подхода по аналогии с (3.1) можно выразить в следующем виде:

$$\{B \rightarrow B_{\max}; C_{\text{ут}} \leq C_{\text{др}}\}, \quad (3.2)$$

где  $B$  — прибыль (рентабельность) предприятия;  $C_{\text{ут}}$  — суммарный уровень затрат на обеспечение благоприятных и безопасных условий труда и потерь в результате травматизма и заболеваемости;  $C_{\text{др}}$  — допустимый уровень затрат работодателя  $C_{\text{ут}}$  исходя из потребностей стратегии и конкурентоспособности.

Управление производственным риском осуществляет менеджмент организации с учетом социальных обязательств и государственных нормативных требований. В связи с этим производственный риск по уровню управления можно назвать «корпоративным производственным риском».

В проблематике обеспечения безопасности производства будем рассматривать отдельно «производственный риск» и «профессиональный риск». Последний, будучи неотъемлемой частью первого, рассматривается как исключительно субъективный, а потому не управляемый извне доступными средствами управления.

С позиций системного подхода на более высоком уровне иерархии, безусловно, находится «производственный риск», а «профессиональный риск» соответствует более низкому (подчиненному) уровню. Однако на еще более высоком уровне иерархии находится «общественный риск», который в национальных условиях можно назвать «общегосударственным». По своей природе этот риск — социально-экономический, поскольку учитывает как социальные отношения, так и конкретные измеримые показатели состояния национальной экономики. Именно этот вид риска определяет такие об-

щие показатели эффективности государственного управления, как средние уровни доходов и расходов домохозяйств, уровень пенсионного обеспечения, средняя продолжительность жизни, уровни смертности и рождаемости.

Частным показателем общегосударственного риска, характеризующим состояние безопасности общественного производства в отношении занятых на производстве работников, может служить доля (к ВВП) потерь, которые обусловлены производственным травматизмом и производственной заболеваемостью (при условии обеспечения приемлемого уровня достоверности их статистического учета). Управление общегосударственным риском осуществляется высшими органами власти путем издания законов и иных нормативных правовых актов.

### 3. Общий подход к анализу многостороннего риска

Как показано в [10], сложный социальный или корпоративный риск, связанный с возможностью нанесения ущерба каждой из сторон имеет многостороннюю структуру. Каждый ее элемент может быть оценен и управляться только одной стороной — владельцем этого риска. Существование социально-политической структуры риска для жизни и здоровья работника, связанного с производственной деятельностью, обусловлено, прежде всего, существованием понятия «владелец риска» — краеугольного понятия в понимании существа «риска вообще».

В соответствии с принципами риск-менеджмента у каждого риска должен быть «владелец». Владелец риска (risk owner): физическое лицо или иной реально существующий субъект (организация, организационная единица, орган управления), который имеет соответствующие полномочия и несет ответственность за управление риском [11]. Развивая далее это положение, уточним, что у каждого «конкретного риска» может быть только один владелец.

Если рассматривается некоторый общий (комплексный) риск, возникающий в результате взаимоотношения двух и более лиц (сторон социальных отношений), состоящих в условиях взаимной зависимости или в состоянии подчинения, то суждение о каком-либо «риске вообще» не имеет смысла. Без декомпозиции некоторого общего «риска в себе» по владельцам частного риска («риска для нас») результат оценки риска по любой методике будет безадресным и, соответственно, бесцельным. Если любой риск — это, прежде всего, «ущерб» (возможный), то у любого ущерба, который можно выразить количественно и отразить в учетных документах, может быть только один владелец (физическое лицо-гражданин, юридическое лицо, государственный или муниципальный бюджет).

Основополагающее нормативное определение *владельца риска* дано в [11], однако, следуя феноменологическому подходу, обратимся за поддержкой к здравому смыслу. Даже в акционерных обществах, являющихся общей собственностью акционеров, цели, интересы и риски мажоритариев и миноритариев существенно, а иногда и принципиально, различны. На проблемы, возникающие при коллегиальном управлении чем-либо «общественным», указывают и поговорка о «семи няньках», и известная басня о попытке перемещения некоторого транспортного средства тремя сторонами «трудных отношений».

Все это подтверждает ранее сформулированный вывод о многосторонней сущности общего (комплексного) риска [10]. Усилим это утверждение следующими тезисами:

- каждый элемент общего многостороннего риска может быть оценен и управляться только одной стороной — владельцем этого риска;
- конечным владельцем («бенефициаром») любого риска является конкретное физическое лицо, у которого имеются личные персональные данные: имя, фамилия, пол, дата и место рождения.

Этот общий вывод распространяется не только на многосторонние горизонтальные отношения, но и на иерархические отношения, отношения управления и подотчетности. Поскольку у каждого *человека* в организации свои индивидуальная роль, функции, полномочия и ответственность, *личные* (персональные) интересы и *личные* (персональные) цели, то и риски у каждого человека (персоны) сугубо личные.

На основе приведенных положений можно сделать общий фундаментальный вывод: *риск — понятие персональное*.

Только отталкиваясь от постулата персонализации риска, можно переходить к изучению, анализу, оценке групповых, коллективных, социальных, корпоративных, государственных и иных общественных рисков и формировать подходы к управлению этими рисками. Исходя из этой предпосылки, приведенное в [11] нормативное определение «владельца риска» целесообразно изначально рассматривать не как «организационная единица», а именно как «сущность» (entity), включающую, в том числе, и понятия «организация», «организационная единица», не эквивалентные «личности человека».

В некоторых случаях, действительно, в качестве «лица» — «владельца риска» могут рассматриваться группа лиц (социальная группа), организация, орган управления, государство. Но анализируя этот «коллективный риск», всегда следует иметь в виду, что к этим обезличенным образованиям в принципе

не могут применяться термины «ответственность», «ущерб», «решение», «управленческое воздействие» и другие персональные термины менеджмента. Следовательно, в любом случае, если речь идет о «риске для государства», следует найти ответ на вопрос: «В данном конкретном случае *государство* — это персонально *кто?*». Только после этого можно переходить к анализу риска.

На основе приведенных рассуждений и выводов сформулируем основные постулаты, применимые в целях анализа рисков, которые связаны с созданием и функционированием сложных социально-экономических или социально-политических систем.

1. Оценка риска имеет смысл только и исключительно в интересах лица, принимающего решение (ЛПР) и отвечающего за результат решения.
2. У каждого существующего конкретного риска есть только один персональный владелец.
3. Владелец риска (ЛПР) может управлять только собственным персональным риском (вероятным ущербом, убытком, лишением должности или социального статуса).
4. Управлять риском может только владелец риска — лицо, принимающее решение. Это лицо — прежде всего, конкретный человек, а не организация, административная единица, уровень управления или иной объект (например, «система автоматического управления профессиональными рисками в масштабах всей страны»).
5. Если сложный социальный или корпоративный риск имеет многостороннюю структуру, то входящие в нее элементы будут не составными частями одного риска, а совершенно различными несопоставимыми рисками, к которым не применимы какие-либо математические операции.
6. Какой-либо «риск вообще» без указания персонального владельца риска не имеет смысла (не имеет *объема понятия*), не может быть оценен и, следовательно, не может служить объектом управления.

Следствие из постулатов 3 и 4: в отношении одного частного риска субъектом управления риском и объектом, подверженным риску, будет одно лицо — владелец риска.

Управляя собственным (частным) риском, совладелец общего (многостороннего) риска оказывает влияние и на другие связанные риски (риски других сторон социальных отношений), а также подвергается управляющему воздействию других «совладельцев» комплексного риска. Это влияние все владельцы рисков при управлении своими рисками должны рассматривать и оценивать в качестве

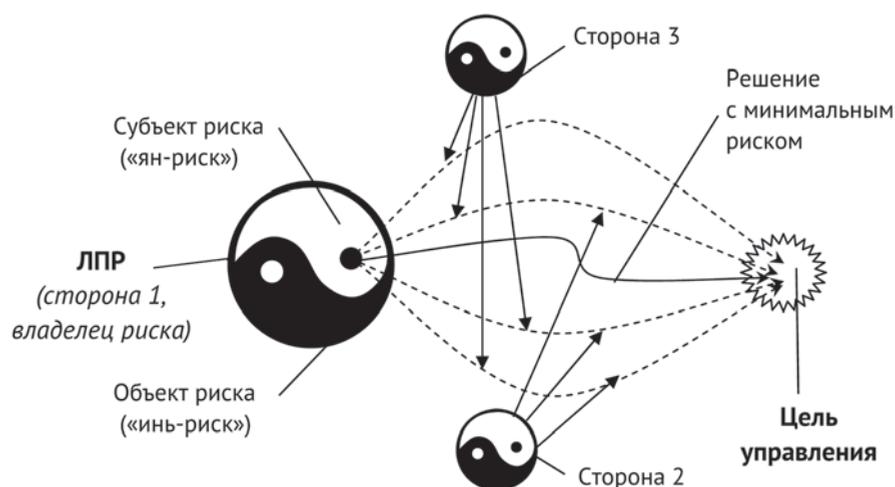


Рис. 3. Структура многостороннего риска с позиции одной из сторон

внешнего воздействия (возмущения, ограничения), а не в качестве управляющего воздействия.

#### 4. Обобщенная структура риска для жизни и здоровья, обусловленного производственной деятельностью

В производственном процессе заинтересованы три основные стороны: общество (потребитель продукции и услуг), предприятие (субъект экономической деятельности), человек (продавец рабочей силы). От имени общества регулятором производственной деятельности выступает государство.

Аналогичная трехсторонняя структура сложилась и в сфере социально-трудовых отношений, где основными сторонами являются наемный работник (человек, работающий по трудовому договору), работодатель (в общем случае организация, предприятие, юридическое лицо). Регулятором социально-трудовых отношений выступает государство.

Ранее было показано, что одним из неотъемлемых условий существования *риска как понятия* является цель, связанная с желанием получить некоторое благо [10]. С позиций как классических [4], так и современных [11] взглядов на существование риска, риск рассматривается как результат воздействия *неопределенности* на цели субъекта, владельца этого риска. Поскольку в социально-трудовых отношениях участвуют три стороны, логично предположить наличие у каждой стороны своих особых целей, интересов и возможностей (ресурсов) для их достижения.

Отсюда следует логический вывод: поскольку цели сторон трудовых отношений, по меньшей мере, существенно отличаются, то у каждой стороны должны быть и свои персональные риски, обусловленные участием в социально-трудовом

процессе. Эти риски настолько различаются, насколько различны цели сторон, участвующих в общем процессе.

В таблице 1 обобщены и систематизированы наиболее существенные факторы, определяющие особое содержание каждого из структурных элементов «общего комплексного риска для жизни и здоровья, обусловленного производственной (экономической) деятельностью». Именно у этого «общего риска» нет владельца, он не подлежит анализу, оценке, управлению. Его величина не равна сумме входящих в него элементов. Можно даже предположить, что общая сумма всех элементов общего риска есть величина постоянная или равная нулю (с учетом противоположных целей сторон и противоположности знаков у «ян-риска» (*шанса*) и «инь-риска» (собственно *риска*). Однако это предположение требует более глубокого исследования.

#### 5. Выводы

На основе проведенного исследования сделаем следующие выводы.

1. Собственным (личным) профессиональным риском может (уполномочен и способен) управлять только сам работник, обладатель личной воли, сознания, интересов, ответственности и компетенций.
2. Профессиональным риском работника не в состоянии управлять ни государство, ни работодатель. Если возникает такая иллюзия, следует искать действительную цель, действительный риск (с другим названием) и действительного владельца этого иного риска.
3. Основным источником производственного (корпоративного) риска является производственный

Общий комплексный риск для жизни и здоровья всех работников страны, обусловленный производственной (экономической) деятельностью

|                                      | Риск общегосударственный, национальный социально-экономический риск   | Риск производственный, корпоративный  | Риск профессиональный, личный  |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Субъект управления                   | Государство – орган власти – должностное лицо   | Высшее руководство организации – менеджер   | Человек, работник, обладатель профессиональных компетенций   |
| Объект управления                    | Национальная экономика  | Прибыль   | Уровень заработной платы («ян-риск») или сохранение здоровья («инь-риск»)  |
| Выгода в результате принятия риска   | Рост ВВП, уровня жизни, укрепление социальной стабильности и национальной безопасности  | Увеличение нормы прибыли (рентабельности), конкурентоспособности, рост заработной платы, укрепление социального партнерства                               | Максимальное отношение уровня заработной платы к затратам труда (плата за риск), повышение конкурентоспособности на рынке труда (согласие на принятие повышенного риска) |
| Ущерб в результате реализации риска  | Рост травматизма, профзаболеваемости, социальной напряженности  | Убыток: трудовопотери, (включая утрату части трудового ресурса предприятия), санкции и возмещение вреда. Снижение привлекательности для ценных работников | Моральный ущерб (заболевание, травма), утрата заработка, способности к труду, утрата жизни   |
| Инструменты и меры управления риском | Правовое регулирование, стимулирование к улучшению структуры экономики, налоговое регулирование, управление страховыми тарифами | Выбор вида деятельности, технологии, система менеджмента  | Профорентация, повышение уровня компетенций (обучение безопасным методам и приемам труда), профилактика заболеваний, здоровый образ жизни                                |

процесс. Производственный (корпоративный) риск содержит в своей структуре риск профессиональный, связанный с трудовым процессом. Профессиональный риск должен учитываться в системе менеджмента как внешнее, случайное неуправляемое возмущение, а не как управляемый параметр.

- Общегосударственный социально-экономический риск учитывает в своей структуре риски производственные и профессиональные, но государство (ЛПР от имени государства) в отношении общегосударственного риска не вправе и не в со-

стоянии управлять производственными или профессиональными рисками.

- При построении действенной системы менеджмента, обеспечивающей устойчивое развитие организации, распределение ролей, ответственности и полномочий по уровням управления и между менеджерами следует производить с учетом распределения риска высшего уровня управления на низшие уровни с учетом личных (персональных) интересов и целей соответствующих должностных лиц — владельцев управленческих процессов или бизнес-процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль (1921) / Пер. с англ. под ред. В.Г. Гребенникова. — М.: Дело, 2003.
- Общая теория рисков: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д. Вишняков, Н.Н. Радаев. — М.: Академия, 2007.
- Акимов В.А. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике/ В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев: МЧС России. — М: Деловой экспресс, 2004.
- Абчук В.А. Риски в бизнесе, менеджменте и маркетинге. — СПб.: Изд-во Михайлова А.А., 2006.
- Трудовой кодекс РФ (Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ, ст. 209).
- ГОСТ 12.0.230-2007 «Системы управления охраной труда. Общие требования». —М.: Стандартинформ, 2007.
- ILO-OSH 2001. Guidelines on occupational safety and health management systems. Geneva, International Labour Office, 2001.
- ГОСТ Р 54934 — 2012/OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования». — М.: Стандартинформ, 2012.
- Федорец А.Г. Концепции риска в жизни и деятельности человека //Безопасность в техносфере. 2013. №1. С. 3–13.
- Федорец А.Г. Трудности перевода. Сравнительный анализ подходов к обеспечению безопасности труда на основе стандартов ГОСТ 12.0.230–2007, ГОСТ Р 54934–2012/OHSAS 18001:2007 // Безопасность и охрана труда. 2013. №1. С. 16–32.
- ISO 31000:2009. Risk management — Principles and guidelines (Менеджмент риска — принципы и руководство).

## System Analysis related to Essence and Structure of Risk in Labor Safety Providing Sphere

A.G. Fedorets, Director, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, ANO "Labor Safety Institute", Moscow

*In this paper the system analysis of "risk for worker's life and health, caused by production activity" concept has been carried out for the first time. This risk has been presented as a structure, consisting of isolated compound particular risks, each of which has its personal risk owner. Extra attention has been paid to a "risk owner" concept and its role in risk analysis. Meaninglessness related to analysis, evaluation and management of a "general (abstract) risk" without reference to a particular owner of "specific risk" has been shown. A new approach to the analysis of multilateral risk has been offered. Six risk analysis postulates have been formulated on this new approach's basis. Based on these postulates next conclusion has been made: subject and object of the risk both are one person this risk owner.*

**Keywords:** risk, professional risk, professional risk class, production risk, national-level risk, risk management, labor safety, occupational safety, socio-economic risk, risk owner, risk subject, risk object.

### Специальная оценка условий труда

28 декабря 2013 г. принят федеральный закон Российской Федерации № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». С 1 января 2014 г. аттестация рабочих мест заменяется на специальную оценку условий труда, т.е. понятие «аттестация рабочих мест» заменено «специальной оценкой условий труда».

Специальная оценка условий труда (СОУТ) является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников.

По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда на рабочих местах (условия труда по степени вредности и (или) опасности подразделяются на четыре класса — оптимальные, допустимые, вредные и опасные условия труда). Вредные условия подразделяются на 4 подкласса. От класса условий труда будут зависеть и размер страховых взносов со стороны работодателя. Оценку условий труда согласно Закону необходимо проводить работодателю не реже чем раз в 5 лет. Поводом для повторной оценки может послужить несчастный случай на рабочем месте или болезнь, вызванная вредными условиями труда.

Законом установлены принципиально новые правовые и организационные основы проведения оценки условий труда. Федеральным законом от 28.12.2013 № 421-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с при-

нятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда"» из статьи 216.1 Трудового Кодекса Российской Федерации исключена государственная экспертиза оценки качества аттестации рабочих мест по условиям труда. Теперь государственная экспертиза будет проводиться в целях проверки качества проведения специальной оценки условий труда, которую проводит Роструд. Данная экспертиза проводится в случае несогласия профсоюза или работника с результатами специальной оценки условий труда.

Закон «О специальной оценке условий труда» вводит в область охраны труда несколько новых моментов. Основные из них — это новые возможности: идентификация наличия или отсутствия вредных производственных факторов на основе экспертных оценок, без проведения специальных измерений уровней вредных производственных факторов; привлечение к процессу специальной оценки условий труда лабораторий производственного контроля с их арсеналом средств измерения и результатами длительного мониторинга производственной среды; снижение тарифов страховых взносов, если установлены допустимые условия труда; зависимость структуры и размеров компенсаций от определенного в процессе специальной оценки условий труда уровня производственных вредностей.

В законе определены права и обязанности работодателя, работников, организации, проводящей СОУТ; применение результатов СОУТ; порядок проведения СОУТ, в частности определены вредные и (или) опасные факторы производственной среды и трудового процесса, подлежащие исследованию (испытанию) и измерению при проведении специальной оценки условий труда, требования к организациям и экспертам, проводящим СОУТ.

## Проблемы риск-ориентированных подходов для использования в атомной энергетике

**Ю.А. Комаров**, заведующий сектором, канд. техн. наук

Институт проблем безопасности атомных электростанций Национальной академии наук Украины

e-mail: odessakomarov@mail.ru

### Ключевые слова:

риск,  
безопасность,  
эффективность,  
атомные электрические станции,  
вероятность,  
ремонт,  
надежность,  
эксплуатация,  
оборудование,  
метод.

*Представлен анализ риск-ориентированных подходов (РОП) применительно к атомной энергетике. Показаны ограничения вероятностного анализа безопасности (ВАБ) как основного инструмента РОП. Проанализированы проблемы ВАБ – неопределенность статистических данных о надежности оборудования и неопределенность моделирования аварий с помощью термодинамических кодов. Даны рекомендации по учету указанных неопределенностей. Представлены пути дальнейшего развития РОП и результаты применения для обоснования и реализации ряда мероприятий по повышению безопасности и эффективности эксплуатации атомных электрических станций. Освещены результаты применения РОП для таких мероприятий, как перевод оборудования на ремонт по техническому состоянию, сокращение объема испытаний гермооболочки, оценка достоверности системы измерений, оценка целесообразности проведения модернизации некоторых систем.*

### 1. Введение

Можно считать, что впервые термин *риск-ориентированный подход* РОП (Risk-Informed Approach) в отношении объектов атомной энергетике был закреплен в 1999 г. в так называемой «белой книге» [1], выпущенной Комиссией ядерного регулирования (NRC) США. При этом указывается, что РОП представляет собой подход к принятию решения, основанный исключительно на численных результатах оценок риска. Под оценкой риска NRC понимает системный подход для ответа на три вопроса, сформулированные относительно специфической системы: «Что плохого может случиться?», «Какова вероятность этого?», «Какими будут последствия?» — и получение ответа с учетом чувствительности, значимости и неопределенности. Различного рода оценки риска (и само понятие риска как некоей численной характеристики) обусловлены, с одной стороны, развитием численных методов оценки надежности, а, с другой — желанием оценить потери в результате эксплуатации (а значит, и возможных отказов) объектов.

Классическая зависимость для оценки риска объекта [2]:

$$R = \sum_i P_i Q_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  — вероятность возникновения  $i$ -й аварии (отказа, повреждения и т.п.);  $Q_i$  — последствия, возникающие в результате  $i$ -й аварии (отказа, повреждения и т.п.).

Как видно в (1),  $P_i$  — это безразмерная величина, которая оценивается при определенных условиях (например, вероятность повреждения активной зоны для одного энергоблока АЭС и интервала один год). Последствия  $Q_i$  — обычно некая размерная величина, выраженная в денежных единицах (убыток от аварии, отказа), количестве пострадавших от аварии (погибших, заболевших) либо в уровнях активности радиоактивных материалов, вышедших в окружающую среду в результате аварии (отказа, повреждения). Таким образом, риск  $R$  является размерной величиной, размерность которой определяется размерностью последствий  $Q$ .

Серьезным толчком к активному применению оценок риска от эксплуатации АЭС послужила организованная NRC работа профессора Расмуссена [3]. В ней была сделана попытка оценить риск эксплуатации АЭС в размерности количества пострадавших

(погибших, заболевших) людей. Огромные погрешности и неопределенности конечных результатов работы (в виде риска) не смогли убедить общественность в том, что риск от эксплуатации АЭС существенно меньше риска пострадать от других причин. Однако методы, использованные в процессе получения конечного результата, а именно методы вероятностного анализа безопасности (ВАБ), получили дальнейшее развитие.

В настоящее время принято выделять три уровня ВАБ [4–6]:

1) ВАБ уровня 1 предназначен для оценки частоты повреждения активной зоны (ЧПАЗ) в результате постулированного перечня исходных событий аварии (ИСА);

2) ВАБ уровня 2 (базируется на ВАБ уровня 1) предназначен для оценки частоты предельного аварийного выброса (ЧПАВ) — выброса радиоактивных продуктов за пределы защитных барьеров безопасности АЭС;

3) ВАБ уровня 3 (базируется на ВАБ уровня 2) предназначен для оценки последствий в размерности численности пострадавшего населения и некоего ущерба для окружающей среды.

Следует отметить, что методологию ВАБ часто называют вероятностным анализом риска (Probabilistic Risk Assessment). Это не соответствует классическому определению риска (и создает путаницу), поскольку ВАБ-1 и ВАБ-2 не оценивают последствия аварии, а лишь рассчитывают необходимые промежуточные составляющие для оценки  $P_i$  и  $Q_i$  в формуле (1). Поэтому можно считать, что на современном этапе развития ВАБ и РОП понятие риска вышло за рамки классических определений. Анализ данного понятия и его терминологического аспекта будет представлен далее.

В настоящее время ВАБ в основном рассматривается как средство общей оценки проекта АЭС с точки зрения безопасности, сбалансированности, надежности оборудования и персонала (их взаимодействия). ВАБ является прекрасным средством определения так называемых «слабых мест» проекта и используется для оценки влияния планируемых изменений проекта на текущий уровень безопасности. Для использования ВАБ в таком контексте достаточно ВАБ уровней 1 и 2. Кроме того, ВАБ уровня 3 почти не применяется, поскольку результаты распространения радиоактивных продуктов в окружающей среде с учетом вероятности реализации различных климатических условий и результаты прогнозирования дозы облучения населения (от большого спектра радиоактивных выбросов и сбросов) с учетом распределения населения вокруг АЭС имеют значительную погрешность и неопределенность.

## 2. Методология вероятностного анализа безопасности

В общем случае для выполнения ВАБ любого уровня требуется решить следующие задачи [4–6]:

- создать базу данных (БД) по характеристикам, структуре и надежности систем и элементов анализируемого энергоблока;
- на основании проектных и/или дополнительных детерминистских данных и расчетов сформулировать критерии успеха (КУ) по конфигурациям системы, действиям персонала, конечному состоянию реакторной установки (РУ);
- построить вероятностные модели с определением расчетных вероятностных оценок показателей безопасности, анализ вкладчиков, анализ чувствительности и неопределенности;
- корректно интерпретировать (программирование) вероятностные модели в расчетных программах (например, SAPHIRE, Risk Spectrum, Manual, КРИСС, РИСК, EVOS, Risk Monitor, SAFTA и др.).

Процедура выполнения ВАБ является итерационной — в результате выполнения любого этапа работ могут быть уточнены объемы, значения, параметры, влияющие на другой этап работ, после чего данный этап корректируется и процедура повторяется (рис. 1). Так, по результатам обоснования КУ может быть увеличен объем систем, участвующих в анализе, что приведет к корректировке БД по оборудованию и системам энергоблока. На этапе количественной оценки может быть выявлена необходимость моделирования так называемых восстановительных действий персонала для доминантных аварийных последовательностей (АП), что приведет к корректировке «деревьев событий» (ДС), дополнительному анализу надежности персонала, корректировке вероятностной модели и проведению новой количественной оценки. На этапе анализа надежности персонала могут потребоваться дополнительные теплогидравлические расчеты для уточнения располагаемого времени на выполнение тех или иных действий. Введение в модель дополнительных действий персонала (например, восстановительных) также может потребовать проведения дополнительных теплогидравлических расчетов, обосновывающих моделирование АП с новыми действиями персонала.

## 3. Проблема традиционной методологии и терминологии РОП

При выполнении ВАБ используются методы математической статистики, детерминированные методы оценки состояния элементов, систем и энергоблока (при наличии различных воздействий), вероятностные методы моделирования на-

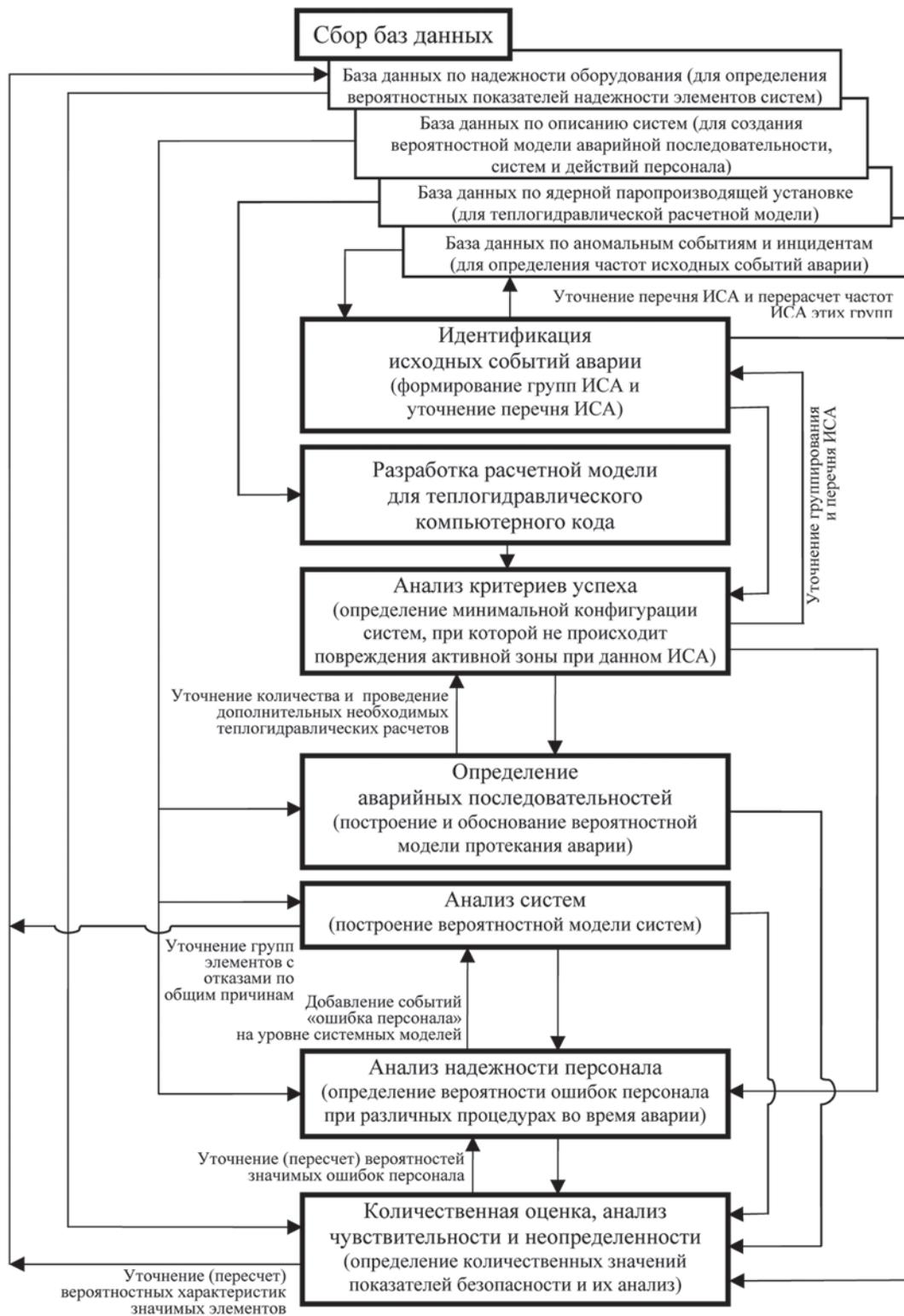


Рис. 1. Процедура выполнения ВАБ уровня 1 и взаимосвязь задач

дежности и безопасности систем (методы «деревьев отказов»/«деревьев событий», логико-вероятностные, топологические, ГО-технологии, логико-графические и др.). Известно, что каждый из указанных методов имеет ряд проблем, которые сокращенно можно изложить как:

- проблема исходных данных;
- проблема размерности;
- проблема адекватности моделирования.

Расшифруем и приведем примеры наиболее значимых проблем методологии ВАБ.

Существует проблема *неопределенности статистических данных* по надежности оборудования, связанная с тем, что оборудование АЭС является редкоотказывающим и малосерийным. Поэтому выборки статистических данных по отказам однотипного оборудования, работающего в аналогичных условиях (последнее условие также не может быть соблюдено полностью), непредставительные, т.е. статистические оценки имеют низкую достоверность и широкий доверительный интервал оценочных значений (разброс). Кроме того, до сих пор нет строгого доказательства возможности использовать результаты по обобщенной выборке элементов для оценки надежности единичного конкретного элемента. Эти же проблемы (недостоверность и неопределенность) возникают при оценке частот исходных событий аварии (которые часто связаны с отказом тех или иных компонентов РУ).

Также следует отметить, что в настоящее время наиболее применима оценка показателей надежности (ПН) с использованием экспоненциальной функции распределения наработки до отказа. В большинстве случаев для практических задач, решаемых ВАБ, такой подход оправдан. Но, например, для задач, учитывающих процедуры деградации на промежутке времени несколько лет (например, для обоснования продления проектного срока эксплуатации АЭС), такие модели неприменимы.

Для решения указанных проблем можно предложить использовать физико-статистические методы оценки ПН [7, 8]. Эти методы базируются на анализе изменения определяющих параметров технического состояния (ОПТС) и могут учитывать как процессы деградации, так и индивидуальность каждого отдельного анализируемого элемента оборудования [9].

Отдельной проблемой исходных данных по надежности для ВАБ является возможная *зависимость надежности элементов от пути протекания аварии*. При различных ИСА и АП на одно и то же оборудование могут действовать различные нагрузки и условия работы, что влияет на его надежность.

Следующей не устраненной в настоящее время и одной из ключевых является *проблема неопределенности моделирования*.

В данной проблеме можно условно выделить следующие составляющие:

- 1) не существует механизмов оценки адекватности вероятностных моделей развития аварии;
- 2) вероятностные модели (развитие АП) строятся на основании результатов теплогидравлических расчетов, которые могут иметь значительные погрешности.

Последнюю составляющую опишем более подробно.

В связи с тем, что большинство КУ основываются на результатах моделирования АП с помощью теплогидравлического кода, возникает значительная зависимость КУ от погрешностей, вносимых теплогидравлической моделью. Данная погрешность обусловлена следующими факторами:

- 1) погрешность теплогидравлической модели (идеализация реальных процессов, применение теоретической модели смешения, точечные модели вместо пространственных и т.д.);
- 2) погрешность при численном решении систем дифференциальных уравнений, на которых основано математическое описание основных теплогидравлических процессов, другие погрешности вычислений по заложенным математическим моделям;
- 3) погрешность моделей компонентов РУ (нодализационные схемы, гидравлические характеристики моделируемых объемов, другие задаваемые характеристики).

Из-за вышеперечисленных погрешностей результаты теплогидравлической оценки необходимо рассматривать как имеющие неопределенность, которая непосредственно повлияет на следующие моменты при определении КУ:

- 1) неопределенность момента начала/окончания работы различных систем, участвующих в сценарии аварии;
- 2) неопределенность моментов (и количества) открытия/закрытия различной арматуры (запорной, предохранительной, регулирующей, обратной);
- 3) неопределенность оценки располагаемого времени для действий персонала и др.

Данные неопределенности могут привести к неопределенности по основным результатам анализа КУ, т.е. неопределенности минимального набора систем, необходимого для успешного перевода РУ в безопасное конечное состояние.

*Пример.* Пусть в результате теплогидравлического анализа (расчета) получена зависимость давления на выходе из реактора от времени. На рис. 2 видно, что вследствие неопределенности расчета срабатывание гидроемкостей (ГЕ) системы аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ) возможно как на 400-й секунде процесса, так и на 3300-й секунде.

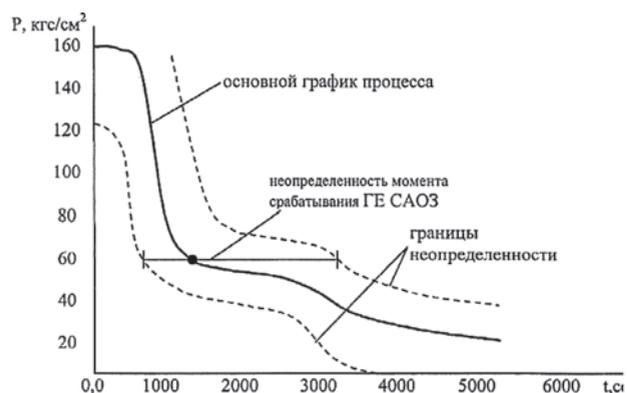


Рис. 2. Гипотетические результаты теплогидравлического расчета, демонстрирующие зависимость давления на выходе из реактора от времени

Допустим, КУ по функции безопасности (ФБ) «Запас теплоносителя и управление реактивностью», полученный на основании «основного графика процесса», имел вид: 2/4 ГЕ САОЗ + 1/3 САОЗ низкого давления (НД). Если процесс пойдет по верхней границе неопределенности, то в течение длительного времени (~3000 с) в 1-м контуре будут сохраняться параметры выше давления срабатывания ГЕ САОЗ и для введения бора (ФБ управления реактивностью) в этом случае понадобится САОЗ высокого давления (ВД), а ГЕ САОЗ может стать не критичной. Тогда КУ будет иметь вид: 1/3 САОЗ ВД + 1/3 САОЗ НД. Также изменяется располагаемое время для действий персонала. Если процесс пойдет по нижней границе, то вскипание теплоносителя произойдет раньше, а значит, раньше потребуются действия персонала по объединению верхних точек 1-го контура и сбросу парогазовой смеси через систему аварийного парогазоудаления (YR).

Для учета указанной неопределенности необходимо построить серию ДС для каждого ИСА. Эти ДС должны отразить все сценарии протекания аварии в зависимости от возможных отклонений в результатах теплогидравлических расчетов из-за погрешностей теплогидравлического расчетного анализа. Таким образом, результаты (ЧПАЗ) по данному ИСА должны выглядеть как некоторое распределение. Возможен анализ, связанный с влиянием незначительных изменений в начальных и граничных условиях моделей для теплогидравлических расчетов на сценарий протекания аварии. Подобный анализ возможен также при использовании экспертных оценок при определении КУ систем либо качественного анализа надежности (используя мнение различных экспертов или несколько мнений одного эксперта).

Существует неопределенность модели, связанная с ложным срабатыванием проектных систем/дей-

ствиями персонала. Данная неопределенность связана с неоднозначностью поведения АП в случае, если персонал или системы начинают без необходимости действовать по непроектному алгоритму. Например, ложные действия персонала вопреки инструкции по ликвидации аварии (учитывая возможное несовершенство эксплуатационных инструкций) могут привести к изменению последствий АП.

Существует неопределенность, связанная с охватом моделируемых феноменов. По данному фактору неопределенностей возможно проведение качественного анализа. В этом анализе необходимо отразить сравнение моделей и результатов с моделями и результатами аналогичных ВАБ других энергоблоков или других экспертов на данном энергоблоке, привести объяснения имеющихся различий. Данный анализ позволит выявить узкие места модели, чтобы наметить задачи для более детальной численной оценки.

Созданные для проведения расчетов ВАБ программные продукты также могут вносить свой вклад в неопределенность и погрешность получаемых результатов.

В практике проведения ВАБ АЭС Украины нашел широкое применение так называемый расчетный компьютерный код SAPHIRE, представляющий собой программу-приложение. С ее помощью проводят:

- построение «деревьев отказов» (ДО) и ДС;
- ввод исходных данных для расчета вероятности реализации различных базисных событий (БС), таких как отказы оборудования, ошибки персонала, частоты ИСА и т.д.;
- расчеты вероятности отказа по ДО и ЧПАЗ по ДС. Также код позволяет проводить численный анализ значимости и неопределенности.

На этапе использования данного кода была установлена некоторая неадекватность получаемых результатов. Математическая модель, реализованная в коде:

- дает различные результаты при различной конфигурации ДС, которые моделируют одни и те же феномены;
- искажает баланс между ЧПАЗ по отдельным АП (профиль риска по АП);
- может значительно исказить оценки значимости, особенно по интервалам (коэффициентам) повышения риска.

Представленный в данном разделе анализ основан на многолетних исследованиях в области вероятностного моделирования функционирования систем и оборудования АЭС и опыта проведения экспертиз работ по ВАБ энергоблоков №1 Южноукраинской, №5 Запорожской, №2 Хмельницкой, №1 и 3 Ровенской АЭС Украины.

О серьезных ограничениях ВАБ свидетельствуют и другие работы известных специалистов и авторитетных организаций [10-12]. В частности, в докладе Международной консультативной группы по ядерной безопасности INSAG-6 указаны следующие источники ограничений, приводящих к неточности или неопределенности конечного результата: зависимость от проекта; неопределенность данных и моделей; трудности в трактовке некоторых явлений [12]. Неопределенности по указанным причинам оценены для ВАБ уровня 1 в один порядок. Для ВАБ уровня 2 неопределенность возрастает еще на один или более порядков из-за трудностей описания многих явлений в защитной оболочке и механизмов её повреждения при тяжелых авариях. Для ВАБ уровня 3 неопределенность может возрасти еще больше из-за необходимости учета дисперсии в атмосфере и влияния низких уровней радиации на большие массы населения. Следует отметить, что хотя после издания доклада INSAG-6 [12] прошло более 20 лет, указанные в нем ограничения применения вероятностных методов анализа безопасности АЭС сохраняют свою актуальность.

Возвращаясь к общим понятиям, понятие «риск» можно сформулировать как возможность причинения вреда жизни, здоровью людей, животным, повреждения искусственных объектов, загрязнения окружающей среды с учетом тяжести этого вреда. В этом случае РОП охватывает как вероятностные методы моделирования различных аварийных процессов, так и детерминистские.

Понятие «риск-ориентированный подход» вошло в практику регулирования и эксплуатации АЭС Украины во многом как преемник соответствующей методологии США [3–5, 13, 14] и МАГАТЭ [15, 16]. В этих разработках и рекомендациях в качестве инструмента РОП используется именно ВАБ. В связи с этим развитие РОП проводится как программа внедрения ВАБ в регулируемую и эксплуатационную деятельность атомно-энергетической отрасли [17]. Кроме того, несмотря на декларирование создания методологической инфраструктуры РОП в [17], к сожалению, отсутствуют задачи по исследованию и решению представленных выше фундаментальных проблем, присущих ВАБ.

Следует отметить, что понятие «риск» в общем случае очень широкое (в частности, в различных областях знаний имеет разное значение). Поэтому необходимо сузить это понятие для целей регулирующей и эксплуатационной деятельности АЭС. Отправной точкой можно считать определение риска как ожидаемой частоты или вероятности возникновения опасности определенного вида или размера возможного вреда (нежелательных последствий) от различного рода отказов, аварий и других нежелательных событий, которые возможны на АЭС. Понятие риска опирается на многокомпонентный

вектор, что, в частности, соответствует нормативно закрепленному понятию [18, Приложение 9].

На основании вышеизложенного можно предложить следующую формулировку. Риск-ориентированный подход (РОП) — это определение вероятностными и/или детерминистскими методами показателей риска как целевой функции, сущность и критерии оценки которой определяются решением конкретной задачи ядерно-энергетической отрасли. При этом целевая функция характеризуется набором величин, которые меняются в зависимости от поставленной задачи и, в частности, могут включать:

- ожидаемый ущерб от негативного события;
- частоту (вероятность) реализации негативного события;
- затраты на уменьшение вероятности (частоты) возникновения негативного события.

#### 4. Развитие риск-ориентированных подходов

На основании представленных выше материалов можно заключить, что:

- 1) существует научная проблема, связанная с недостаточным развитием РОП применительно к различным задачам АЭС;
- 2) имеется достаточная научно-техническая база для развития РОП.

Развитие РОП заключается в обосновании для каждой задачи вектора параметров, который нужно оценить, и критериев оценки в разработке соответствующего методического аппарата (на основе вероятностных и/или детерминистских методов). Процедура решения задач с помощью РОП в общем виде включает следующие основные шаги (в общем случае итерационная):

- 1) формулирование задачи исследования;
- 2) формулирование целевой функции риска и соответствующих критериев ее оценки;
- 3) выбор метода оценки критериев (либо вероятностные, либо детерминистские методы, либо их совместное применение);
- 4) оценка возможности использовать известные инструменты (ВАБ) и/или разработка дополнительного методического обеспечения;
- 5) оценка полученных результатов на предмет достоверности, значимости и т.д.

Усовершенствование РОП позволило решить ряд актуальных задач, примеры которых представлены ниже.

При оценке целесообразности и условий установки на напорной магистрали активной части САОЗ дополнительных запорно-регулирующих клапанов (ЗПК) для различных проектов РУ с ВВЭР-1000 вероятностным критерием принятия решения являются изменение ЧПАЗ, а также детерминистский критерий отсут-

ствия неустойчивости режимов работы регуляторов. Установлено, что для энергоблоков с ВВЭР-1000/В-302 и 338 установление ЗРК целесообразно, а для ВВЭР-1000/В-320 работа ЗРК может быть эффективной только в случае дополнительных настроек по учету скорости изменения положения рабочего органа [19].

Анализ целесообразности и условий внедрения системы радиационного контроля межконтурных течей (РКМТ) для совершенствования управления авариями проводился на основании вероятностных критериев, таких как ЧПАЗ и вероятность отказа с использованием ВАБ. Установлено, что внедрение системы РКМТ целесообразно только в случае реализации полностью автоматизированного алгоритма управления авариями со средними межконтурными течами при условии общей надежности системы как минимум в два раза выше, чем надежность доминантных действий персонала для аварий средней течи первого контура во второй [20].

Выполнена разработка процедурно-методического аппарата для внедрения ремонта по техническому состоянию (РТС) оборудования АЭС. Вектором анализируемых величин для каждого оборудования является его значимость по Бирнбауму, класс безопасности, недовыработка электроэнергии на один аварийный ремонт, запас времени на выполнение ремонтно-восстановительных работ без изменения мощности РУ, тенденция изменения определяющих параметров технического состояния. Реализация РТС позволит сократить длительность планово-предупредительного ремонта (ППР) энергоблоков и снизить экономические затраты на проведение ППР [21].

Обоснованы возможность и условия сокращения объема испытаний гермооболочки РУ с ВВЭР-1000 на

основе вероятностных методов анализа изменения значения утечки (получаемое по результатам периодических испытаний на герметичность) [22].

Разработана методика вероятностной оценки достоверности измерений (зависящая от погрешности измерений, вероятности отказа приборов и периодичности измерений) для системы контроля концентрации борных растворов. Это позволило определить периодичность контроля при переходе от непрерывного контроля к периодическому, а также определить возможность и условия устранения ряда дорогостоящих средств непрерывного контроля концентрации борных растворов [23].

Установлены возможные стратегии обслуживания систем, важных для безопасности при переходе с 12-месячной на 18-месячную (18-месячный интервал между началами проведения ППР) топливную кампанию на основании сравнения вероятности отказа оборудования при существующей и различных новых стратегиях [24].

## 5. Заключение

Существующие проблемы РОП связаны с его отождествлением с ВАБ, имеющим множественные ограничения для решения различных актуальных задач атомной энергетики (например внедрение РТС). Развитие РОП состоит в широком использовании аппарата теории вероятности, математической статистики, детерминированных методов оценки аварий, функционального анализа и т.д. При этом для каждой задачи обосновываются вектор параметров, который нужно оценить, критерии оценки, и при необходимости разрабатывается соответствующее методическое обеспечение.

## ЛИТЕРАТУРА

1. SECY-98-144. White Paper on Risk-Informed and Performance-Based Regulation. Staff Requirements. — US NRC, March, 1999. — 440 p.
2. Хенли Э.Д., Кумато Х. Надежность технических систем и оценка риска. — М.: Машиностроение, 1979. — 528 с.
3. WASH-1400 (NUREG-75/014). An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants. Reactor Safety Study. — US NRC, October 1975. — 500 p.
4. NUREG/CR-2300. PRA Procedures Guide: A Guide to the Performance of Probabilistic Risk Assessments for Nuclear Power Plants. — US NRC, January 1983. — 940 p.
5. NUREG/CR-2815, BNL-NUREG-51559. Probabilistic Safety Analysis Procedures Guide / US Nuclear Regulatory Commission, January 1984. — 240 p.
6. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ): Учебн. пособ. / В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко и др. — К., 2000. — 568 с.
7. ДСТУ 2862-94. Надежность техники. Методы расчета показателей надежности. Общие требования. — К.: Изд-во стандартов, 1994. — 43 с.
8. ДСТУ 3942-2000 (ГОСТ 27.506-2000). Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 2. Диффузионное распределение. — К.: Изд-во стандартов, 2000. — 32 с.
9. Комаров Ю.А., Кочнева В.Ю. Оценки длительности до проведения планового технического обслуживания и ремонта при применении концепции ремонта по техническому состоянию оборудования АЭС // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. — 2011. — Вып. 17. — С. 27–39.
10. Букринский А.М. Детерминистское нормирование и вероятностное ориентирование // Ядерная и радиационная безопасность. 2013. № 1 (67). С. 1–4.

11. *Острейковский В.А., Швыряев Ю.В.* Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ безопасности. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 352 с.
12. Safety Series No 75-INSAG-6. International Atomic Energy Agency. Probabilistic Safety Assessment. Vienna, 1992. — 336 p.
13. Revised Risk-Informed Inservice Inspection Evaluation Procedure. Final Report TR-112657 / EPRI, Palo Alto, CA, 1999. — 237 p.
14. Westinghouse Structural Reliability and Risk Assessment (SRRA) Model for Piping Risk-Informed Inservice Inspection / Westinghouse Electric Company, WCAP-14572, Revision 1-NPA, Supplement 1, 1999. — 172 p.
15. IAEA-TECDOC-1200. Applications of Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Nuclear Power Plants. — 104 p.
16. IAEA-TECDOC-1590. Application of Reliability Centred Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants. — Vienna: IAEA, 2007. — 87 p.
17. Програма впровадження ризик-орієнтованих підходів в регулюючій діяльності і експлуатації АЕС України / НАЭК «Енергоатом», Госатомрегулювання України. — К., 2006. — 45 с.
18. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи. - Київ: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. — 121 с.
19. *Скалозубов В.И., Комаров Ю.А., Богодист В.В., и др.* Анализ эффективности регулирования системы аварийного охлаждения активной зоны насосами высокого давления на АЭС с ВВЭР-1000/В320 // Ядерная и радиационная безопасность. — 2010. — № 2 (46). — С. 27-31.
20. *Комаров Ю.А., Скалозубов В.И.* Анализ приоритетности внедрения модернизаций и мероприятий по повышению безопасности АЭС риск-ориентированными методами // Науч.-технич. сб. Нац. акад. наук Укр. Ин-т пробл. безоп. АЭС «Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля». — 2011. — Вып.16. — С. 53–60.
21. *Комаров Ю.А.* Развитие риск-ориентированных подходов для внедрения концепции ремонта по техническому состоянию оборудования атомных электростанций // Ядерная и радиационная безопасность. — 2013. — № 3 (59). — С. 21–26.
22. *Комаров Ю.А., Пышный В.М., Скалозубов В.И. и др.* Разработка отраслевого стандарта по сокращению периодичности комплексных испытаний на герметичность системы гермооболочки ВВЭР на основе вероятностных методов // Ядерная и радиационная безопасность. — 2004. — Т. 7, — Вып. 2. — С. 73–79.
23. *Комаров Ю.А.* Использование риск-ориентированного подхода для обоснования изменений в системе контроля концентрации борной кислоты в растворах атомных станций с реакторами на тепловых нейтронах // Сборник научных трудов. — Севастополь: СНИЯЭиП (доклад на IV Междунар. науч.-практич. конф. по проблемам атомной энергетики «Надежность, безопасность, ресурс АЭС», Севастополь 20–25 сентября 2005). 2005. — Вып. 15. — С. 102–112.
24. *Комаров Ю.А., Пионтковский А.И., Габлая Т.В.* Оптимизация периодичности и объемов испытаний теплотехнического оборудования СВВ, имеющих функциональные испытания только в процессе ППР // Сборник научных трудов. — Севастополь: СНИЯЭиП (доклад на VI Междунар. науч.-практич. конф. по проблемам атомной энергетики «Безопасность, эффективность, ресурс АЭС», Севастополь 21–26 сентября 2007). 2007. — Вып. 4(24). — С. 56–66.

## Problems of Risk-Oriented Approaches for Use in Nuclear Power Industry

**Yu. A. Komarov**, Section Head, Ph.D. of Engineering, Institute of Nuclear Power Plants' Security Problems, National Academy of Science of Ukraine

*Risk-informed approaches (RIA) analysis in relation to nuclear power industry has been presented. Limitations of safety's probabilistic analysis (SPA) as a main tool for RIA have been demonstrated. In particular, such SPA problems as statistics uncertainty related to equipment reliability and a problem of accidents modelling uncertainty using thermal-hydraulic codes have been analyzed. Recommendations for accounting of these uncertainties have been given. Ways of RIA further development and results of their application for substantiation and implementation of measures to improve the safety and operation efficiency of nuclear power plants have been presented. Results of the RIA application for such measures as equipment change-over to on-condition maintenance, reduction of amount of testing related to hermetic shell, measurement system accuracy evaluation, some systems' modernisation feasibility study have been illustrated.*

**Keywords:** risk, safety, efficacy, nuclear power plants, probability, repair, reliability, operation, equipment, technique.

# Оценка экологического риска при загрязнении почвенного покрова предприятиями нефтепродуктообеспечения (на примере г. Иваново)

**А.А. Гущин**, доцент, канд. хим. наук

**Т.В. Извекова**, доцент, канд. хим. наук

**В.А. Уюткин**, аспирант

**Д.В. Машкин**, магистрант

Ивановский государственный химико-технологический университет

e-mail: a\_guschin@bk.ru

## Ключевые слова:

экологический ущерб,  
экологический риск,  
загрязнение почвы,  
экономический ущерб,  
продолжительность жизни.

*Работа посвящена анализу параметров экологического риска при загрязнении почвы природных объектов вблизи предприятий нефтепродуктообеспечения. В ходе исследования были измерены и сопоставлены с нормативами уровень вредного воздействия (в том числе концентрации критериальных загрязнителей) на природные объекты вблизи нефтебазы. Были оценены вероятность проявления и величина экологического ущерба для почвенного покрова от оценённых уровней воздействия. Оценена величина экономического ущерба при загрязнении почвы, связанного с сокращением средней продолжительности жизни жителей г. Иваново, проживающих в районе предприятия.*

## 1. Введение

Предприятия нефтяной отрасли являются интенсивными источниками загрязнения всех компонентов окружающей среды и влияют на здоровье людей. Основными загрязнителями от подобных объектов являются углеводороды и продукты их переработки.

Оценки воздействия предприятий на окружающую среду сводятся к определению концентраций в объектах окружающей среды и сравнении их с нормативными показателями. Однако данный подход к оценке не всегда учитывает возможное отсроченное действие токсикантов и вероятность проявления неблагоприятных последствий для здоровья человека. Эту проблему можно решить, установив величину экологического риска, при котором возникает вероятность эффектов на человека при воздействии вредного фактора.

Как известно, почва является важнейшим связующим звеном между биотическими и абиотическими компонентами наземных экосистем. Будучи весьма гетерогенным объектом окружающей среды, почва рассматривается как динамическая система, которая постоянно изменяется и развивается, а в ее активной

зоне идут физические, химические и биологические процессы. Состояние почв оказывает воздействие на здоровье населения через продукты питания либо как фактор, определяющий степень загрязнения воды и воздуха. Также возможно и прямое воздействие загрязненных почв на здоровье населения — особенно детей — при непосредственном контакте и поступлении почвы в организм. Именно поэтому оценке качества почв и грунтов урбанизированных территорий придается большое значение, на ее основе принимаются решения о возможности размещения тех или иных промышленных или культурно-массовых объектов, изменяется стоимость земельных участков и размещенных на них объектов [1].

В настоящей работе стояла цель определить уровень загрязнения почвенного покрова в месте размещения предприятия нефтепродуктообеспечения и оценить по уровню химического загрязнения величину экологического ущерба и экологического риска, а также предложить мероприятия, направленные на снижение воздействия данного предприятия на почву и достижение допустимого уровня экологического риска.

## 2. Результаты и обсуждение

В качестве объекта анализа было выбрано предприятие нефтепродуктообеспечения, расположенное непосредственно в городской черте. Были проведены исследования по оценке содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, V, Mo, Co, Ni, Mn, Cr) и нефтепродуктов в почвенном покрове в точках, расположенных в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) предприятия и жилой зоне. Всего анализ проводился в 8 точках. Отбор проб производился в соответствии с требованиями нормативных документов [2, 3] из поверхностного слоя методом «конверта» на глубину 0,30 м.

Для получения данных о фоновых уровнях загрязнения почв были отобраны фоновые пробы почв вне сферы локального антропогенного воздействия. Отбор фоновых проб производился на достаточном удалении от поселений (с наветренной стороны), не менее чем в 500 м от автодорог.

Анализ токсикантов осуществлялся гостированными фотоколориметрическими методами (V, Mo), методами атомно-адсорбционной спектроскопии (Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, Co, Ni, Mn, Cr) и ИК-спектрофотометрическим методом (нефтепродукты). Санитарно-гигиеническая характеристика исследуемых веществ приведена в табл. 1 (Отчет Госкомприрода СССР, № 02-2333 от 10.12.1990).

Основным критерием гигиенической оценки опасности и уровня загрязнения почвы вредными веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК) химических веществ в почве [4, 5]. В результате исследования были получены концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в долях ПДК, позволяющие говорить, что кроме ртути, марганца и хрома остальные ЗВ превышают содержание по сравнению с фоновым уровнем. Кроме того, содержание

Таблица 1  
ПДК контролируемых элементов в почве и допустимый уровень их содержания по показателям вредности (мг/кг)

| Элемент                   | ПДК почвы с учетом фона (кларк) | Показатель вредности |              |                |           |
|---------------------------|---------------------------------|----------------------|--------------|----------------|-----------|
|                           |                                 | Транс-локационный    | Миграционный | Общесанитарный | Воздушный |
| <i>Подвижная форма</i>    |                                 |                      |              |                |           |
| Медь                      | 3                               | 3,5                  | 72           | –              | 3         |
| Никель                    | 4                               | 6,7                  | 14           | –              | 4         |
| Цинк                      | 23                              | 23                   | 200          | –              | 37        |
| Кобальт                   | 5                               | 25                   | более 1000   | –              | 5         |
| <i>Валовое содержание</i> |                                 |                      |              |                |           |
| Свинец                    | 20                              | 20                   | 30           | –              | 30        |
| Ртуть                     | 1*                              | 1                    | 2            | –              | 2         |
| Ванадий                   | 100                             | 150                  | 200          | –              | 100       |
| Марганец                  | 1000                            | 1500                 | 2000         | –              | 1000      |

нефтепродуктов в среднем превышает нормативные значения в 2,9 раза (табл. 2).

Химическое загрязнение почв и грунтов оценивается по суммарному показателю химического загрязнения ( $Z_c$ ) — индикатору неблагоприятного воздействия на здоровье людей [6]. Суммарный показатель химического загрязнения ( $Z_c$ ) характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами различных классов опасности и определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле:

$$Z_c = K_{c_1} + \dots + K_{c_i} + \dots + K_{c_n} - (n-1),$$

где  $n$  — число определяемых компонентов;

Таблица 2  
Уровень загрязнения почвенного покрова в районе расположения предприятия

| Элемент       | Среднее значение содержания ТМ в усредненных пробах (доли ПДК <sub>п</sub> ) |       |       |       |                 |       |       |       | Фон             |
|---------------|--|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------|
|               | СЗЗ  |       |       |       | Жилая зона      |       |       |       |                 |
|               | С  | Ю     | З     | В     | С               | Ю     | З     | В     |                 |
| Медь          | 0,2  | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,2             | 0,3   | 0,3   | 0,3   | 0,04            |
| Цинк          | 0,5  | 0,6   | 0,5   | 0,6   | 0,4             | 0,6   | 0,4   | 0,5   | 0,08            |
| Кадмий        | 0,2  | 0,2   | 0,2   | 0,1   | 0,1             | 0,2   | 0,1   | 0,2   | 0,015           |
| Свинец        | 0,3  | 0,2   | 0,3   | 0,2   | 0,2             | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,15            |
| Ртуть         | 0,006  | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,006           | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,1             |
| Ванадий       | 0,2  | 0,1   | 0,2   | 0,1   | 0,06            | 0,2   | 0,06  | 0,1   | 0,1             |
| Молибден      | 0,4  | 0,4   | 0,3   | 0,4   | 0,3             | 0,3   | 0,3   | 0,4   | 0,3             |
| Кобальт       | 0,2  | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2             | 0,3   | 0,2   | 0,2   | 0,1             |
| Никель        | 0,3  | 0,7   | 0,5   | 0,4   | 0,4             | 0,4   | 0,4   | 0,3   | 0,1             |
| Марганец      | 0,1  | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,1             | 0,1   | 0,1   | 0,1   | 0,28            |
| Хром          | 0,2  | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 0,2             | 0,2   | 0,2   | 0,2   | 2,4             |
| Нефтепродукты | 4,4  | 4,6   | 1,5   | 0,96  | 4,4             | 4,6   | 1,5   | 0,96  | 0,9             |
| $Z_c$         | 16 < $Z_c$ < 32  |       |       |       | 16 < $Z_c$ < 32 |       |       |       | 16 < $Z_c$ < 32 |

$K_{ci}$  — коэффициент концентрации  $i$ -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым значением.

Для загрязняющих веществ не природного происхождения коэффициент концентрации определяли как частное от деления массовой доли загрязняющего вещества и его предельно-допустимой концентрации в почве ( $K_{ci} = m_i^{3B}/ПДК_n$ ).

По полученным значениям суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами ( $Z_c$ ) почву вблизи нефтебазы следует отнести к категории умеренно опасных ( $16 < Z_c < 32$ ), т.е. на обследованной территории имеется риск для проживающего населения (увеличение уровня общей заболеваемости) с точки зрения возможного химического загрязнения почвы. Градации оценочной шкалы разработаны на основе изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв [7]. Медико-экологическая ситуация вблизи нефтебазы относительно почвы напряжённая. Следует отметить, что значение показателя  $Z_c$  для Ивановской области по данным, полученным Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, находится в диапазоне 1–16 [8].

Для количественной оценки степени опасности для почвы в результате химического загрязнения можно использовать понятие риска ( $R$ ), определяемого как произведение вероятности ( $P$ ) неблагоприятного события и ожидаемого ущерба ( $U$ ) в результате этого события [9]:

$$R = P \cdot U.$$

При оценке  $R$  учитывался лишь один загрязнитель — нефтепродукты (так как только по нефтепродуктам превышено значение санитарно-гигиенического норматива), т.е. вероятность неблагоприятного события в данном случае была равна 1.

Для оценки ущерба почве была использована Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды [10]. Вред, причиненный почвам как объекту охраны окружающей среды в результате химического загрязнения, определялся по формуле:

$$УЩ_{загр} = СХЗ \cdot S \cdot K_r \cdot K_{исх} \cdot T_x,$$

где СХЗ — степень химического загрязнения, которая определяется как отношение фактического содержания  $i$ -го химического вещества в почве ( $X_i$ ) к нормативу качества окружающей среды для почв ( $X_n$ ):

$$C = \sum_{i=1}^n X_i / X_n.$$

При значении ( $C$ ) менее 5 СХЗ принимается равным 1,5; в интервале от 5 до 10 СХЗ — равным 2,0; в интервале от 10 до 20 СХЗ — равным 3,0; в интервале от 20 до 30 СХЗ — равным 4,0; в интервале от 30 до 50 СХЗ — равным 5,0; при значении ( $C$ ) более 50 СХЗ принимается равным 6,0;

$S = 136,87 \text{ м}^2$  — площадь загрязненного участка (площадь ориентировочной СЗЗ);

$K_r = 1$  — показатель в зависимости от глубины химического загрязнения или порчи почв (20 см);

$K_{исх} = 1$  — показатель в зависимости от категории земель и их целевого назначения;

$T_x = 400 \text{ (руб./м}^2\text{)}$  — такса для исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту окружающей среды, при химическом загрязнении почв, южно-таежная зона (дерново-подзолистые, буротаежные, бурые лесные и болотно-подзолистые почвы и др.).

Величина экологического риска при загрязнении почвы нефтепродуктами составила 3,1 млн руб.

Принципы расчета показателей  $Z_c$  и  $R$  основаны на пороговом действии загрязняющих веществ. Однако существуют токсические процессы, формирующиеся по беспороговому принципу. Риск развития неблагоприятных эффектов, развивающихся по беспороговому принципу, характеризуется, в частности, дозой токсиканта, при которой частота возникновения вызываемого эффекта в экспонируемой популяции находится на «допустимом» уровне. Обычно в качестве «допустимого» принимают воздействие, при котором в популяции количество смертей, например от новообразований, увеличится не более чем на 1 случай на миллион ( $1 \cdot 10^{-6}$ ) при условии контакта людей с токсикантом в течение всей жизни. Однако в зависимости от обстоятельств (особенности региона и т.д.) этот уровень может колебаться в диапазоне  $1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-6}$ . Такой подход обозначается как методология оценки риска беспорогового действия.

Оценка риска с использованием данного подхода осуществляется в несколько этапов:

- выявление вредных факторов, оценка связи между изучаемым фактором и нарушениями состояния здоровья человека, достаточности и надежности имеющихся данных об уровнях загрязнения различных объектов окружающей среды исследуемыми веществами;
- выявление количественных связей между показателями состояния здоровья и уровнями экспозиции (оценка зависимости доза — ответ);
- оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека;
- анализ всех полученных данных, расчет рисков для популяции и её отдельных подгрупп, срав-

Таблица 3

Исходные данные для оценки риска

| Категория населения | Фактор загрязнения кожи (AF), мг/(см <sup>2</sup> ·событие) | Площадь поверхности кожи (SA), см <sup>2</sup> | Продолжительность воздействия (ED), год | Масса тела (BW), кг | Период усреднения экспозиции (AT <sup>1</sup> ), год | Скорость поступления (IR), мг/сут. |
|---------------------|---|--|---|---------------------|--|------------------------------------|
| Мужчины             | 0,1   | 5700   | 24                                      | 70                  | 30   | 0,0001                             |
| Женщины             | 0,1   | 5700   | 24                                      | 58                  | 30   | 0,0001                             |
| Дети                | 0,2   | 3300   | 6                                       | 14                  | 6  | 0,0002                             |

<sup>1)</sup> Период усреднения экспозиции для канцерогенов составляет 70 лет.

нение рисков с допустимыми (приемлемыми) уровнями.

Воздействие на организм человека при загрязнении почвенного покрова может происходить ингаляционно, перорально и накожно. По характеру воздействия химические соединения подразделяются на канцерогены и неканцерогены. Оценка уровня индивидуального пожизненного канцерогенного риска (CR) проводится согласно «Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [11]:

$$CR = LADD \cdot SF,$$

где *LADD* — среднесуточная доза токсиканта, поступающего в организм в течение жизни, мг/(кг·день);

*SF* — фактор канцерогенного потенциала, мг/(кг·день)<sup>-1</sup>.

Уровень риска от неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии определяется исходя из референтной (безопасной) дозы воздействия (*RfD*, мг/(кг·день)):

$$HQ = AD / RfD,$$

где *AD* — среднесуточная доза в течение жизни (мг/(кг·день)).

При накожном поступлении токсиканта из почвы референтная доза определяется следующим образом:

$$AD_d = (C_s \cdot 10^{-6} \cdot AF \cdot Abs_d \cdot EF \cdot ED \cdot EV \cdot SA) / (BW \cdot AT \cdot 365),$$

где *C<sub>s</sub>* — концентрация вещества в почве, мг/кг;

*AF* — фактор загрязнения кожи, мг/(см<sup>2</sup>·событие);  
*Abs<sub>d</sub>* — абсорбированная фракция, отн. ед. (определяется свойствами вещества: для органических веществ — 0,1, для неорганических — 0,01);

*EF* — частота воздействия, событие/год;

*ED* — продолжительность воздействия, лет;

*EV* — число событий в день;

*SA* — площадь поверхности кожи, см<sup>2</sup>;

*BW* — масса тела, кг;

*AT* — период усреднения экспозиции, лет.

При пероральном поступлении:

а) неканцерогены

$$AD_0 = C_s \cdot FI \cdot ET \cdot CF \cdot IR \cdot ED_n / (BW \cdot AT \cdot 365),$$

где *FI* — загрязненная фракция почвы, отн. ед.;

*ET* — время воздействия, ч/день;

*CF* — пересчетный коэффициент, *ET*/24, дней/ч;

*IR* — скорость поступления, мг/сут;

б) канцерогены

$$LADD_0 = C_s \cdot FI \cdot EF \cdot ET \cdot CF \cdot IR \cdot ED_c / (BW \cdot AT \cdot 365).$$

Исходные данные для расчета уровней риска, принятые на основании [11], приведены в табл. 3.

Результаты расчетов представлены в табл. 4. В соответствии с [11] индивидуальный риск в течение всей жизни, равный или меньший  $1 \cdot 10^{-6}$ , характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не отличающиеся от обычных, повседневных рисков (уровень *De minimis*). Если индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-6}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-4}$ , то такой

Таблица 4

Оценка уровня риска неблагоприятных эффектов для населения от химического загрязнения почвы

| Категория населения | Уровень индивидуального пожизненного канцерогенного риска | Уровень риска от неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии | Величина допустимого риска |                     |
|---------------------|---|---|----------------------------|---------------------|
|                     | CR  | HQ  | R [10]                     | Yd [11]             |
| Мужчины             | $2,17 \cdot 10^{-7}$                                      | $6,92 \cdot 10^{-6}$  |                            | $1,8 \cdot 10^{-4}$ |
| Женщины             | $2,63 \cdot 10^{-7}$                                      | $8,36 \cdot 10^{-6}$  | менее $1 \cdot 10^{-6}$    | $1,4 \cdot 10^{-4}$ |
| Дети                | $1,23 \cdot 10^{-7}$                                      | $5,01 \cdot 10^{-5}$  |                            | —                   |

уровень соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом (например, для атмосферного воздуха ВОЗ в качестве допустимого риска —  $1 \cdot 10^{-4}$ ). Проведенные расчёты показали, что уровни риска канцерогенных эффектов находятся на уровне повседневных рисков. Но вероятность проявления неканцерогенных эффектов выше пренебрежимо малых уровней, поэтому их необходимо постоянно контролировать и проводить дополнительные мероприятия по снижению уровня.

Существует другой подход к оценке допустимого уровня экологического риска при химическом загрязнении окружающей среды, который впервые был апробирован на территории г. Иваново [12]. Определены риски развития неблагоприятных органолептических, общетоксических и канцерогенных эффектов у населения города, а также связанное с этим сокращение ожидаемой продолжительности жизни и ущерб для здоровья людей.

Данный подход основан на определении произведения обратной величины продолжительности жизни человека ( $T$ ) на коэффициент безопасности (или запаса) ( $Q$ ) [13]:

$$Yd = Q/T.$$

Согласно [14, 15] в г. Иваново в 2011 г. средняя продолжительность жизни составляла: для мужчин — 56,7 года, а для женщин — 71,1 года. Следовательно, величина допустимого экологического риска составляет: для мужчин —  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ ; для женщин —  $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ , т.е. уровень риска для населения при проживании в месте расположения нефтебазы не превышает допустимый.

В настоящее время существует методика оценки экологического риска по величине сокращения ожидаемой продолжительности жизни ( $LLE$  — loss of life

expectancy) [12, 16]. Показатель  $LLE$  показывает, на какой срок укорачивается в среднем жизнь индивидуума, подвергающегося риску неблагоприятного воздействия. Преимущество данной методики состоит в наглядности: показатель смертности, выраженный величиной  $1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1} \cdot \text{чел}^{-1}$  труднее для восприятия, нежели характеризующее тот же риск значение  $LLE$  — 20 дней.

Значение  $LLE$  зависит от вероятности осуществления рассматриваемого опасного события (или состояния, или действия) ( $P$ ) и средней продолжительности оставшейся жизни человека ( $L$ ), подвергающегося при этом риску:

$$LLE = P \cdot L.$$

Величина  $L$  играет роль последствий опасного события, действия или процесса.

Средний возраст населения в Ивановской области в 2011 г. составил для мужчин — 36 лет, для женщин — 41 год. Ожидаемый остаток жизни для данных групп населения:

- для мужчин —  $L = 56,7 - 36,0 = 26,7$  года;
- для женщин —  $L = 72,0 - 41,0 = 31$  год.

Полученные значения рисков (см. табл. 4) в результате расчета в виде вероятностного значения (относительные единицы) представим как сокращение ожидаемой продолжительности жизни —  $LLE = L \cdot R$ , год (табл. 5).

По полученным результатам расчета можно провести экономическую оценку воздействия окружающей среды на здоровье населения, которая складывается из стоимости жизни и суммы выплат на восстановление здоровья. Таким образом, можно подсчитать ущерб, выраженный в денежном эквиваленте, наносимый здоровью населения (ущерб от сокращения ожидаемой продолжительности жизни).

Статистическая стоимость жизни ( $ССЖ$ ) согласно НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды Российской Академии медицинских наук (РАМН) — показатель, применяемый для оценки

Сокращение ожидаемой продолжительности для каждой рассматриваемой группы населения (2011 г.)

| №                  | Наименование показателя  | Мужчины              | Женщины              |
|--------------------|--|----------------------|----------------------|
| 1                  | Средняя продолжительность жизни, лет   | 56,7                 | 72,0                 |
| 2                  | Средний возраст населения, лет   | 36,0                 | 41,0                 |
| 3                  | Ожидаемый остаток жизни ( $L$ ), лет   | 26,7                 | 31,0                 |
| 4                  | Уровень индивидуального пожизненного канцерогенного риска ( $CR$ )                           | $2,17 \cdot 10^{-7}$ | $2,63 \cdot 10^{-7}$ |
| 5                  | Уровень риска от неканцерогенных эффектов при хроническом воздействии ( $HQ$ )               | $6,92 \cdot 10^{-6}$ | $8,36 \cdot 10^{-6}$ |
| 6                  | Сокращение ожидаемой продолжительности жизни от канцерогенных эффектов ( $LLE_{CR}$ ), лет   | $5,79 \cdot 10^{-6}$ | $8,15 \cdot 10^{-6}$ |
| 7                  | Сокращение ожидаемой продолжительности жизни от неканцерогенных эффектов ( $LLE_{HQ}$ ), лет | $1,8 \cdot 10^{-4}$  | $2,59 \cdot 10^{-4}$ |
| $\Sigma LLE$ , лет |  | $1,9 \cdot 10^{-4}$  | $2,7 \cdot 10^{-4}$  |

Экономический ущерб в результате сокращения продолжительности жизни населения

| Показатель  | Мужчины             | Женщины             |
|---|---------------------|---------------------|
| Численность в г. Иванове, человек   | 179 572             | 228758              |
| Сокращение ожидаемой продолжительности жизни для одного человека, лет   | $1,9 \cdot 10^{-4}$ | $2,7 \cdot 10^{-4}$ |
| Средняя (ожидаемая) продолжительность жизни, лет  | 56,7                | 72,0                |
| Ущерб от сокращения продолжительности жизни при проживании в зоне влияния, выраженный в денежном эквиваленте, тыс. руб. | 8,6                 | 12,2                |
| Суммарный ущерб, тыс. руб.  | 561,1               |                     |

возможности принятия решения на государственном уровне, например оценки целесообразности реформ, проектов и мер. Другими словами, ССЖ для Ивановской области — это стоимость 56,7 года жизни для мужчин и 72 лет — для женщин. (Отметим, что данный показатель в настоящее время в России не применяется при принятии решений о компенсации за причиненный ущерб здоровью.)

Расчёт величины ущерба на основании статистической стоимости жизни:

$$ССЖ = ВРП \cdot T_{cp} / N = 45 \cdot 10^6 \text{ руб.},$$

где ВРП — валовой региональный продукт, руб. ( $1,4329 \cdot 10^{11}$  руб.) [17, 18];

$T_{cp}$  — средняя продолжительность жизни, лет;  
 $N$  — численность населения, человек.

По данным Всероссийской переписи населения [14, 15], в г. Иваново проживает 408 330 человек, из них 179 572 мужчин, 228 758 женщин. В зону влияния нефтебазы попадает 53 человека. Таким образом, ущерб от сокращения продолжительности жизни

при проживании в зоне влияния нефтебазы составит для мужчин 8550 руб., для женщин — 12 150 руб. (табл. 6). Суммарный ущерб, нанесённый населению, проживающему в зоне влияния рассматриваемого предприятия от загрязнения почвенного покрова, составит 561,1 тыс. руб.

### 3. Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что основной вклад в величину риска неблагоприятных последствий для состояния здоровья населения, проживающего в зоне влияния предприятия нефтепродуктообеспечения, вносят неканцерогенные эффекты, величина которых выше допустимого уровня риска, установленного в нормативной документации. Следовательно, необходимо проводить мероприятия по снижению их уровня. Величина экономического ущерба здоровью населения от неблагоприятного состояния почвенного покрова составила 561,1 тыс. руб. Предложенный подход может быть использован при планировании городского развития.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Илюшкина Л.Н., Шевченко Е.Е.* Санитарно-гигиеническое состояние почв рекреационных зон г. Ростова-на-Дону // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 4 (ч. 2). — С. 375–378.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
4. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации с 1 апреля 2006 г.
5. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации с 1 апреля 2006 г.
6. МУ 2.1.7.730-99. «Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест».
7. *Богдановский Г.А.* Химическая экология. — М.: Изд-во МГУ, 1994. 237 с.
8. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2010 г. — Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.
9. *Алымов В.Т.* Техногенный риск: Анализ и оценка: учеб. пособие для вузов. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. — 118 с.
10. Методика исчисления размера вреда, причинённого почвам как объекту охраны окружающей среды. Утверждена Приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г.
11. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Утверждена главным государственным санитарным врачом РФ 05.03.2004 г.
12. *Извекова Т.В.* Влияние органических соединений, содержащихся в природных водах, на качество питьевой воды (на примере г. Иванова): Дис. канд. хим. наук /

- ГОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет». — Иваново, 2003. — 148 с.
13. Инженерная защита окружающей среды / Под общей редакцией Ю.А. Бирмана, Н.Г. Вурдовой: — М.: изд-во АСВ, 2002. — 296 с.
14. Численность населения Ивановской области по городским округам и муниципальным районам по состоянию на 1 января 2012 года. Т. 2 кн. 1 — «Возрастно-половой состав населения Ивановской области». Федеральная служба государственной статистики территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Ивановской области. — Иваново, 2012. — 264 с.
15. Обработка данных Всероссийской переписи населения 2010 года в Ивановской области — Пресс-релиз 5.05.2011 г.
16. *Cohen B.L.* Catalog of risks extended and updated // *Health Physics*. 1991. Vol. 61. P. 89-96.
17. Регламент разработки и представление данных по ВРП субъектов Российской Федерации информацией за 2011 год. Социально-экономические показатели за 2010–2011 гг. — <http://www.gks.ru>.
18. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ивановской области. — <http://ivanovo.gks.ru/>.

## Ecological Risk Assessment at Soil Contamination by Oil Supply Enterprises (as Exemplified by Ivanovo City)

**A.A. Guschin**, Ph.D. in Chemistry, Associate Professor, Ivanovo State University of Chemistry and Technology  
**T.V. Izvekova**, Ph.D. in Chemistry, Associate Professor, Ivanovo State University of Chemistry and Technology  
**V.A. Uyutkin**, Graduate Student, Ivanovo State University of Chemistry and Technology  
**D.V. Mashkin**, magistrand, Ivanovo State University of Chemistry and Technology

*The paper has been devoted to analysis of ecological risk parameters as a result of natural objects' soil contamination near oil enterprises. During investigations levels of harmful impacts (including concentrations of criteria pollutants) on natural objects near oil tank farm were measured and compared with regulations. The probability of appearance of ecological damage for soil cover and this damage value from estimated levels of impact have been assessed. An economic damage value due to connected with soil pollution an life expectancy reduction of those Ivanovo inhabitants, who are living near enterprise, has been estimated.*

**Keywords:** ecological damage, ecological risk, soil pollution, economical damage, life expectancy.

### Методики проведения специальной оценки условий труда

Минтрудом России разработаны проекты методика проведения специальной оценки условий труда, классификатор вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса, форм отчета комиссии по проведению специальной оценки условий труда и инструкций по ее заполнению.

Методика проведения специальной оценки условий труда включает: порядок проведения идентификации потенциально вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса; порядок проведения исследований (испытаний) и измерений идентифицированных потенциально вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса; порядок отнесения условий труда на рабочих местах к классам (подклассам) условий труда по степени вредности или опасности по результатам проведения исследований (испытаний) и измерений идентифицированных потенциально вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса.

Методика снабжена 23 приложениями: (1) Распределение условий труда по классам (подклассам) условий труда при воздействии химического фактора; Перечни: веществ раздражающего действия (2), высокоопасных аллергенов (3), умеренно опасных аллергенов (4), противоопухолевых лекарственных средств, гормонов (эстрогенов) (5), наркотических анальгетиков (6), фер-

ментов микробного происхождения (7), веществ однонаправленного действия с эффектом суммации (8); Таблицы отнесения условий труда к классам (подклассам) условий труда при воздействии: биологического фактора (9), аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (10), виброакустических факторов с таблицами их ПДУ (11), в зависимости от: величины показателей микроклимата (12) и величины ТНС-индекса (13) с балльной оценкой условий труда по фактору микроклимата (14), уровней показателей световой среды (15); с учетом совокупного воздействия искусственного и естественного освещения (16); при воздействии неионизирующих излучений (17); при воздействии неионизирующих излучений оптического диапазона (лазерное, ультрафиолетовое) (18); ионизирующих излучений (в зависимости от значения потенциальной максимальной дозы при работе с источниками излучения в стандартных условиях) (19); по показателям тяжести трудового процесса с 7 таблицами значений показателей (20), напряженности трудового процесса (21); итоговая таблица по оценке условий труда работника по степени вредности и опасности (22); примеры расчета показателей тяжести трудового процесса и оценки показателей напряженности трудового процесса (23). Более подробно с методиками, классификаторами, формами и инструкциями можно ознакомиться на сайте Минтруда России.

# Расчет социального пожарного риска применительно к газотранспортным объектам

**А.И. Быков**, ведущий инженер

ООО «Газпром Трансгаз Ухта»

e-mail: abykov@sgp.gazprom.ru

**Ключевые слова:**

риск аварий,  
риск пожаров,  
социальный риск,  
нормативные документы,  
газотранспортные объекты.

Анализируются подходы к определению показателей социального риска в действующих нормативных документах применительно к газотранспортным объектам. Показано, что оценка этих показателей должна выполняться в рамках пожарных рисков и рисков аварий, так как объекты оперируют перемещением горючего природного газа под избыточным давлением. Указывается, что существующие методики не содержат понятия социального пожарного риска. Остальные действующие нормативные документы не распространяются при оценке значений социального риска на газотранспортные объекты.

## 1. Анализ существующих методик расчета

Оценку социального риска применительно к газотранспортным объектам необходимо осуществлять в рамках анализа *пожарных рисков и рисков аварий*, поскольку эти объекты оперируют со сжатым природным горючим газом (п.п. 4.2 [1]) под избыточным давлением более 0,07 МПа (ст. 2.2 [2]). Под социальным пожарным риском в соответствии с ГОСТ 12.03.047-98 [1] понимается зависимость вероятности (частоты) возникновения событий, состоящих в поражении определенного (не менее десяти) числа лю-

дей, подвергшихся поражающему воздействию пожара и взрыва, от числа этих людей.

Количественная оценка социального пожарного риска технологических процессов в ГОСТ 12.03.047-98 [1] выполняется на основе построения логической схемы (рис. 1), в которой учитываются различные иницирующие события и возможные варианты их развития. При этом значение социального риска  $S^{об}$  применительно к наружным технологическим установкам при возникновении таких поражающих факторов, как избыточное давление и интенсивность

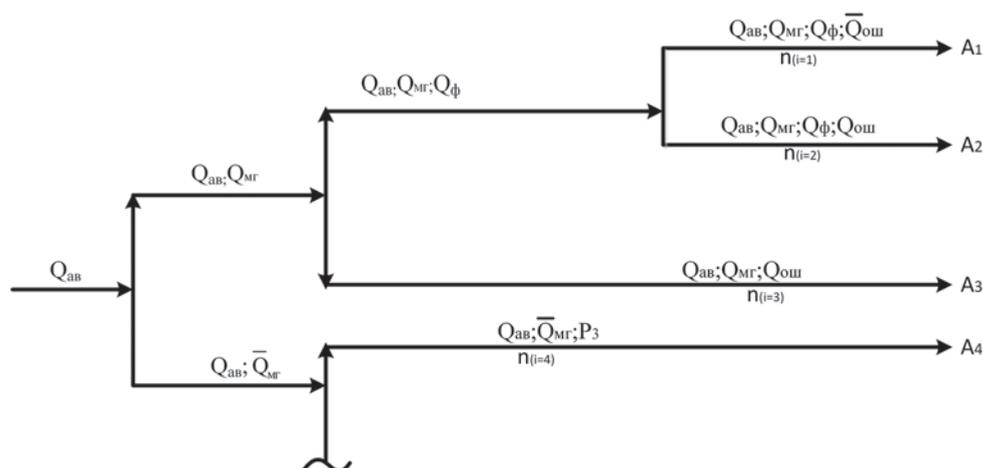


Рис. 1. Пример построения усеченной (только для возгорания) логической схемы развития аварии для наружной технологической установки (резервуара, трубопровода)

теплого излучения при сгорании газопаровоздушной смеси, рассчитывают по формуле:

$$S^{об} = \sum_{i=1}^I Q(A_i) \quad (1)$$

где  $Q(A_i)$  — вероятность реализации  $i$ -й ветви логической схемы развития аварии  $A$ ;  $I$  — число ветвей логической схемы ( $i = 1 \dots I$ ), для которых  $N_i \geq N_0$ , причем  $N_0$  — ожидаемое число погибших, для которых оценивается социальный риск (принимается  $N_0 = 10$ ), а  $N_i$  — ожидаемое число погибших при реализации  $i$ -й ветви логической схемы, равное

$$N_i = \sum_{j=1}^R Q_{nj} n_j \quad (2)$$

где  $Q_{nj}$  — вероятность поражения человека в  $j$ -й зоне опасности;  $n_j$  — число людей, постоянно находящихся в этой зоне;  $R$  — число рассматриваемых зон.

**Вероятность:**  $Q_{ав}$  — аварийного выброса;  $Q_{ме}$ ,  $\bar{Q}_{ме}$  — мгновенного возгорания или невогорания горючего вещества;  $Q_{ф}$  — факельного горения;  $Q'_{ош}$  — горения огненным шаром;  $Q_{ош}$ ,  $\bar{Q}_{ош}$  — возникновения или невозникновения «огненного шара» при перегреве и разрушении соседнего резервуара;  $P_3$  — успешного срабатывания средств защиты;  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  — мгновенного воспламенения с факельным горением, с образованием «огненного шара» на соседнем резервуаре, с горением «огненного шара»;  $A_4$  — выброс горючего вещества без воспламенения;  $n_i$  — число логических ветвей ( $i$  — номер ветви).

Пожарная безопасность технологических процессов в соответствии с ГОСТ 12.03.047-98 [1] считается безусловно выполненной, если социальный пожарный риск составляет менее  $10^{-7}$  год $^{-1}$ . Эксплуатация технологических процессов недопустима, если социальный пожарный риск превышает  $10^{-5}$  год $^{-1}$ . Таким образом, можно заключить, что область приемлемого социального пожарного риска в соответствии с ГОСТ 12.03.047-98 [1] применительно к технологическим процессам находится в диапазоне  $10^{-7} \dots 10^{-5}$  год $^{-1}$ .

Социальный пожарный риск в соответствии с этим документом характеризует масштаб пожаровзрывобезопасности *технологических процессов* (часть цикла, связанная с изменением свойств или состоянием веществ), к которым не относятся все виды транспортных операций. Следовательно, эта характеристика формально не распространяется на газотранспортные объекты. В «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» [3] социальный пожарный риск формулируется как степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Этот документ распространяется на промышленные объекты (ст. 1, п. 1), газотранспортные объекты, которые подпадают под действие документа в части обеспечения требований пожарной безопасности, в том числе в отношении допустимого уровня социального пожарного риска, величина которого регламентируется для селитебной зоны рассматриваемого объекта и не превышает  $S \leq 10^{-7}$  год $^{-1}$ .

При этом определение расчетных величин пожарных рисков, включая социальный, рекомендовано выполнять по методикам, утвержденным МЧС России (п. 5 постановления правительства РФ № 272 от 31.03.2009 г. [4]). Так, определение расчетных величин пожарных рисков для *производственных объектов* изложено в методике МЧС России, утвержденной приказом № 404 от 10.07.2009 г. [5], и в Приложении к нему, введенному приказом № 649 от 14.12.2010 [6]. В этой методике оценка социального пожарного риска  $S^{nac}$  выполняется в отношении *населения*, находящегося в *селитебной* зоне вблизи объекта, по формуле

$$S^{nac} = \sum_{j=1}^J Q_j \quad (3)$$

где  $Q_j$  — частота реализации  $j$ -го сценария;  $J$  — число сценариев, для которых выполняется условие  $N_i \geq 10$ , где  $N_i$  — среднее число погибших людей в селитебной зоне при реализации  $j$ -го сценария и воздействия опасных факторов пожара.

Величина  $N_i$  определяется по формуле:

$$N_i = \sum_{i=1}^I Q_{dij} \cdot n_i \quad (4)$$

где  $I$  — количество областей, на которые разделена территория, прилегающая к объекту ( $i$  — номер области);  $Q_{dij}$  — условная вероятность поражения человека, находящегося в  $i$ -й области при реализации  $j$ -го сценария;  $n_i$  — число людей, находящихся в  $i$ -й области.

Приложением [6] методика расчета показателей социального пожарного риска с помощью выражений (3) и (4) распространяется на *магистральные трубопроводы* и, следовательно, на газотранспортные объекты. При этом устанавливается (п. 47), что для людей, находящихся в *селитебной* зоне вблизи *линейной части магистрального трубопровода*, социальный пожарный риск  $S_{MF}^{nac}$  определяется по формуле:

$$S_{MF}^{nac} = \max \{S_1, S_2, \dots, S_p, \dots, S_Q\} \quad (5)$$

где  $S_1, S_2, S_p, S_Q$  — величина социального риска для различных опасных участков линейной части

магистрального трубопровода (год<sup>-1</sup>), определяемая в соответствии с выражениями (3) и (4); Q — количество потенциально опасных участков линейной части магистрального трубопровода.

Для объекта социальный пожарный риск  $S^{об}$  рекомендуется принимать равным частоте возникновения событий, ведущих к гибели  $N_i = 10$  и более человек (п. 43), но расчетная формула для вычисления численного значения этого показателя в [5 и 6] не приводится. Допустимое или приемлемое значение социального пожарного риска в [5 и 6] также не обсуждается.

Таким образом, на газотранспортные объекты действие федеральных нормативов по оценке социального пожарного риска в принципе не распространяется, кроме установленной Федеральным законом №123-ФЗ [3] для всех производственных объектов нормы допустимой величины социального пожарного риска для населения селитебной зоны, не превышающей значения  $S \leq 10^{-7}$  год<sup>-1</sup>, при этом методика определения его расчетных значений регламентируется приказами МЧС РФ [5, 6].

В рамках анализа рисков аварий оценка уровня опасности газотранспортных объектов регламентируется другими действующими нормативными документами. Так, [7] представляют собой методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, к которым относятся газотранспортные объекты [2]. Социальный риск в соответствии с [7] характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасности и формулируется как зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек ( $F/N$ -кривая). В [7] не регламентируются методика расчета социального риска и границы его допустимости.

В Декларации Российского научного общества анализа риска (РНО АР) под риском понимается количественная мера реализации случайных событий с нежелательными (негативными) последствиями [8]. При этом социальный риск формулируется как соотношение между частотой возникновения ущерба более определенной величины и размером ущерба, например, общей численности погибших или пострадавших людей (так называемые  $F/N$ -диаграммы или кривые Фармера). Расчет величины социального риска в Декларации не приводится, но декларируется предельно допустимый уровень (ПДУ) социального риска гибели людей при числе жертв  $N = 10$ , равный  $S_{ПДУ} \leq 10^{-4} \dots 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>, при этом показатель не более  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup> предлагается считать для социального риска величиной пренебрежимого уровня.

Применительно к объектам газотранспортной системы расчет социального риска выполняется в соот-

ветствии с методикой СТО Газпром 2-2.3-351-2009 [9]. Формулировка социального риска в этом документе аналогична формулировке, принятой в [7], и характеризуется как зависимость частоты  $F$  возникновения событий, в которых пострадает с определенной степенью тяжести не менее  $N$  человек. Иными словами, уровень опасности газотранспортных объектов в [9] оценивается с точки зрения анализа рисков аварий (п. 3.1.2). При этом поясняется, что при аварии без воспламенения газа в качестве негативного воздействия рассматриваются физические факторы поражения, а при воспламенении — опасные факторы пожара.

При этом социальный риск рассчитывается для каждого выделенного потенциально опасного участка (ПОУ) в виде зависимости частоты  $F$  событий, от числа  $N$  пострадавших (погибших) людей, графически представленной  $F/N$ -диаграммой или  $F/N$ -кривой. Этот расчет выполняется путем суммирования частот  $f_{ijm}^{(Nijm)}$  возникновения событий  $C$ , при которых могут погибнуть  $N_{ijm}$  человек и каждое из которых есть сочетание двух событий: реализации сценария  $C_{ij}$  аварии в одной из точек  $E(x, y)$   $n$ -го ПОУ и пребывания людей в этой точке:

$$F(N) = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [f_{(D)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N) + f_{(H)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N)], \quad (6)$$

где  $N_{ijm}$  — ожидаемое число погибших при реализации события  $C^{(Nijm)}$ ;  $z$  — функция «единица-ноль», принимающая значение 1 при  $N_{ijm} > N$  и 0 при  $N_{ijm} < N$ ;  $f_{(D)ijm}^{(Nijm)}$ ,  $f_{(H)ijm}^{(Nijm)}$  — частота реализации событий  $C^{(Nijm)}$  в дневное ( $D$ ) и ночное ( $H$ ) время, вычисляемые по формулам:

$$\left. \begin{aligned} f_{(D)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{\tau}_{np}^{(D)} \\ f_{(H)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{\tau}_{np}^{(H)} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Последовательно задавая ожидаемое число погибших  $N$ , рассчитывают соответствующие им значения  $F$  и строят  $F/N$ -кривую в прямоугольной системе координат ( $F$  — ордината,  $N$  — абсцисса) с линейной или логарифмической шкалой. Количественную оценку социального риска в целом по магистральным газопроводам в пределах рассматриваемого линейно-производственного управления (ЛПУМГ) определяют как сумму  $F/N$ -кривых, рассчитанных для каждого потенциально опасного участка, входящих в состав рассматриваемого ЛПУМГ.

При этом для каждого ПОУ (или МГ в целом) СТО Газпром 2-2.3-351-2009 [9] регламентирует уровни предельно допустимых значений социального риска как в отношении населения, так и в отношении персонала опасного производственного объекта (ОПО).

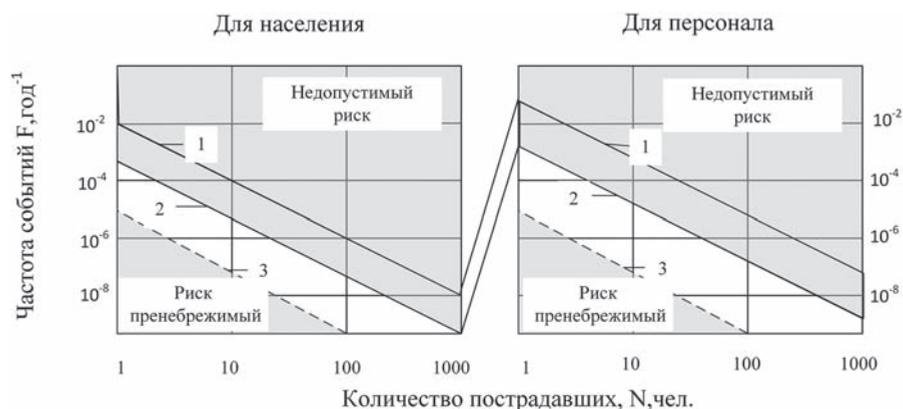


Рис. 2.  $F/N$ -кривые предельно допустимого социального риска применительно к газотранспортным объектам: 1 – действующие ОПО; 2 – проектируемые ОПО; 3 – граница пренебрежимого уровня социального пожарного риска по ст. 93 п. 5 ФЗ № 123

Эти значения в отношении населения приняты со ссылкой на Декларацию РНО [8] и составляют:

- для действующих ОПО

$$F = 10^{-2} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}, \quad (8)$$

- для проектируемых ОПО

$$F = 10^{-3} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}. \quad (9)$$

В отношении персонала ОПО рассчитанные  $F/N$ -кривые рекомендовано сравнивать с менее жесткими предельно допустимыми значениями, уровень которых предложено определять из следующих функций:

- для действующих ОПО

$$F = 5 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}, \quad (10)$$

- для проектируемых ОПО

$$F = 5 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-2}, \text{ год}^{-1}. \quad (11)$$

Предельно допустимые значения  $F/N$ -кривых для характеристики социального риска в отношении населения и персонала действующих и проектируемых ОПО в сравнении с границей пренебрежимого пожарного риска, установленного Федеральным законом №123-ФЗ [2] (ст. 93, п. 5), показаны на рис. 2.

Если рассчитанные  $F/N$ -кривые при совместном построении располагаются выше предельно допустимых  $F/N$ -кривых, то делают вывод о недопустимо высоком уровне опасности на рассматриваемом ОПО. Это предопределяет необходимость прекратить производственную деятельность и принять соответствующие меры для снижения уровня опасности до предельно допустимых значений. Для удобства анализа нормативные и общественные рекомендации по количественной оценке социального риска приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные формулы и рекомендации по количественной оценке социального риска

| № п/п | Документ   | Расчетные формулы                 |   | Предельно допустимые значения   |
|-------|--|-----------------------------------|---|---|
|       |  | В селитебной зоне (для населения) | В зоне объекта (для персонала)  |   |
| 1     | ГОСТ Р 12.3.047-98 [1]                                     | –                                 | $S^{об} = \sum_{i=1}^I Q(A_i), \text{ год}^{-1}, \text{ (ф. 1)}$ при условии<br>$N_i = \sum_{j=1}^R Q_{ij} n_j \geq N_0 = 10, \text{ (ф. 2)}$ $N_0$ – ожидаемое число погибших ( $N_0 = 10$ ); $N_i$ – число погибших при реализации $i$ -го сценария схемы развития пожара | Безопасно<br>при $S \leq 10^{-7} \text{ год}^{-1}$<br>Недопустимо<br>при $S > 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ |
| 2     | Технический регламент пожарной безопасности (ФЗ № 123) [3] | –                                 | –   | В селитебной зоне<br>$S \leq 10^{-7} \text{ год}^{-1}$  |

| № п/п | Документ  | Расчетные формулы  |                                | Предельно допустимые значения   |
|-------|---|--|--------------------------------|---|
|       |   | В селитебной зоне (для населения)  | В зоне объекта (для персонала) |   |
| 3     | Приказ МЧС РФ № 404 от 01.07.2009 [5]                         | $S^{noc} = \sum_{j=1}^J Q_j, \quad (\text{ф. 3})$ $N_i = \sum_{i=1}^I Q_{dij} \cdot n_i \geq 10, \quad (\text{ф. 4})$ <p><math>N_i</math> – число погибших; <math>n_i</math> – число людей в <math>i</math>-ой зоне</p>  | –                              | –   |
| 4     | Приказ МЧС № 649 от 14.12.2010 Приложение к приказу № 404 [6] | Для магистральных трубопроводов  | –                              | –   |
| 5     | РД 03-418-01 [7]  | –  | –                              | –   |
| 6     | Декларация РНО АР [8]   | –  | –                              | <p>При максимальном числе жертв <math>N = 10</math></p> <p>а) действующий объект: <math>10^{-4} \dots 10^{-6}</math> год<math>^{-1}</math>;</p> <p>б) проектируемый объект: <math>10^{-5} \dots 10^{-7}</math> год<math>^{-1}</math></p> <p>* Пренебрежимый уровень риска.</p>  |
| 7     | СТО Газпром 2-2/3-351-2009 [9]                                | $F(N) = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[ f_{(D)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N) + f_{(H)ijm}^{(Nijm)} \cdot z(N_{ijm} > N) \right], \quad (\text{ф. 6})$ $\left. \begin{aligned} f_{(D)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{c}_{np}^{(D)} \\ f_{(H)ijm}^{(Nijm)} &= f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} / A) \bar{c}_{np}^{(H)} \end{aligned} \right\}, \quad (\text{ф. 7})$ <p><math>N_{ijm}</math> – число погибших (пострадавших) при реализации события;<br/><math>C(N_{ijm})</math> – соответственно для населения или персонала</p> | –                              | <p>Для населения</p> <p>а) действующее ОПО<br/><math>F = 10^{-2} \cdot N^{-2}</math> год<math>^{-1}</math>, (ф. 8);</p> <p>б) проектируемое ОПО<br/><math>F = 10^{-3} \cdot N^{-2}</math> год<math>^{-1}</math>, (ф. 9).</p> <p>Для персонала</p> <p>а) действующее ОПО<br/><math>F = 5 \cdot 10^{-2} \cdot N^{-2}</math> год<math>^{-1}</math>, (ф. 10);</p> <p>б) проектируемое ОПО<br/><math>F = 5 \cdot 10^{-3} \cdot N^{-2}</math> год<math>^{-1}</math>, (ф. 11).</p> |

## 2. Выводы

Социальный риск применительно к газотранспортным объектам (ГТО) определяется действующими нормативными документами в рамках анализа *пожарных рисков* и *рисков аварий*. При анализе пожарных рисков уровень социальной опасности ГТО оценивается *социальным пожарным риском* (СПР), предельно допустимое значение которого регламентировано Федеральным законом №123-ФЗ для селитебной зоны и составляет  $S \leq 10^{-7}$  год $^{-1}$ . При этом оценка численных значений СПР не подпадает под действие ГОСТ Р 12.3.047-98 [1], распространяющегося только на технологические процессы, и выполняется в соответствии с постановлением правительства РФ №272 [4] по методике, утвержденной приказами МЧС РФ №404 (2009) [5] и №649 (2010) [6].

В рамках анализа *рисков аварий* уровень социальной опасности ГТО в соответствии с РД 03-418-01 [7] оценивается *социальным риском аварии* (СРА), но документ не устанавливает предельно допустимые значения этого риска и не содержит методики его расчета. Такая методика и границы применительно к ГТО предельно допустимых значений разработаны в СТО Газпром 2-2.3-351-2009 [9]. Документ включает оценку

рисков аварий с *воспламенением газа* (при рассмотрении сценариев  $C_1$  — «пожар колонного типа» и  $C_2$  — «струевые пламена») и *без воспламенения газа* (то же  $C_3$  — «рассеивание низкоскоростного шлейфа газа» и  $C_4$  — «рассеивание двух струй газа»), но не содержит методики расчета *социального пожарного риска*, регламентированного приказами МЧС РФ №404 и 649. При этом выражение для расчета социального риска аварии с воспламенением газа нельзя считать конгруэнтным выражению для расчета *социального пожарного риска*, регламентированного методикой МЧС РФ. В то же время оценку социальной опасности ГТО рисками аварий с *воспламенением* и *без воспламенения газа* нельзя считать полной, так как методика не содержит оценки риска аварии как события, связанного с разрушением (разгерметизацией) ГТО независимо от последующего поведения газа после его высвобождения. Все это означает, что необходима адаптация действующих нормативных документов для оценки *социального пожарного риска* применительно к *газотранспортным объектам*. Применительно к газотранспортным объектам расчетный показатель риска аварии (разрушения) всегда будет больше такого же показателя пожарного риска в одинаковых условиях эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. — М.: Госстандарт РФ, 1998. — 59 с.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ. — Система КонсультантПлюс: Верс. Проф.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности //ФЗ № 123 от 22.07.2008. — СПб., 2009. — 172 с.
4. О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска: Постановление Правительства РФ от 31.03.2009 г. № 272.
5. Приказ МЧС РФ № 404 от 10.07.2009 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» // НТЖ «Пожарная безопасность. 2009. — № 3. — С. 36–63.
6. Приказ МЧС РФ № 649 от 14.12.2010 / Приложение к Приказу МЧС России № 404 от 10.07.2009 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». — Система КонсультантПлюс: Версия Проф.
7. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. — М.: Госгортехнадзор РФ, 2001. — 25 с.
8. Декларация Российского научного общества анализа риска об установлении предельно-допустимого уровня риска // Научный журнал: Проблемы анализа риска. 2006. Том 3, №2. — С. 162–168.
9. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». — М.: ОАО «Газпром», 2009. — 377 с.

## Social Fire Risk Calculation in Respect to Gas Transportation Facilities

A.I. Bykov, Leading Engineer, LLC “Gazprom Transgaz Ukhta”

*Approaches to definition of social risk indicators in current regulations applicable to gas transportation facilities are analyzed. It has been shown that these indicators' evaluation should be undertaken within a framework of fire and accident risks, i.e. objects operate on combustible gas moving under overpressure. It is specified that existing techniques doesn't contain a concept of social fire risk in general. The remaining existing regulations are not applied to social risk value assessment at gas transmission facilities.*

**Keywords:** accident risks, fire risks, social risks, regulations, gas transmission facilities.

### Новый руководитель Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 января 2014 г. № 11-р руководителем Ростехнадзора назначен Алёшин Алексей Владиславович.

Алешин А.В. родился 24 мая 1959 года в г. Ашхабад Туркменской ССР. Образование высшее. В 1981 году окончил юридический факультет Кемеровского государственного университета по специальности «юриспруденция».

Алешин А.В в 2002 году окончил факультет переподготовки и повышения квалификации Военной академии Генерального штаба Вооруженных сил Российской Федерации. Кандидат юридических наук.

После учебы работал следователем Прокуратуры Ставрополя, Севастопольского района Москвы, затем юристом в различных коммерческих, учебных, финансовых организациях.

1996–1999 — заместитель генерального директора ГУП «Госзагрансобственность».

1999–2000 — заместитель генерального директора ФГУП «Промэкспорт».

2000–2007 — заместитель генерального директора ФГУП «Рособоронэкспорт».

2007 — до назначения руководителем Ростехнадзора — первый заместитель генерального директора Государственной корпорации «Ростехнологии», член Военно-промышленной комиссии Правительства РФ, входил в советы директоров ряда крупнейших предприятий и холдингов.

**Редакция журнала желает Алексею Владиславовичу успехов в работе на новом посту  
по обеспечению промышленной безопасности в России!**

## Анализ производственной деятельности персонала

**А.Т. Волохина**, канд. техн. наук, доцент

**Е.В. Глебова**, зав кафедрой, д-р техн. наук, профессор

**И.Б. Клейман**, аспирант

**И.Е. Федотов**, доцент

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина

e-mail: ira-klejjman@mail.ru

### Ключевые слова:

профессионально важные качества, профессиограмма, метод экспертной оценки.

*Выполнен анализ производственной деятельности персонала, участвующего в локализации и ликвидации аварий на опасных производственных объектах ООО «Газпромтрансгаз Югорск», с помощью экспертного интервьюирования и метода экспертной оценки. В результате статистической обработки выявлены профессионально важные качества оперативного персонала, необходимые для выполнения требуемых производственных функций. На основе анализа производственной деятельности разработана профессиограмма начальника смены (диспетчера).*

### 1. Введение

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» одной из обязанностей организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты (далее ОПО), является планирование и осуществление мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО, а также обучение работников действиям в случае аварии или инцидента [1]. Для реализации указанной обязанности с учетом требований, приведенных в [2], на предприятии разрабатывается план локализации и ликвидации аварий (далее ПЛА). Главная цель проведения комплекса мероприятий по созданию данного плана: смоделировать различные сценарии возникновения аварий на предприятии, учесть все варианты их развития, спрогнозировать возможные последствия.

В число предприятий, эксплуатирующих ОПО, входит ООО «Газпромтрансгаз Югорск». Это крупнейшее газотранспортное предприятие, осуществляющее транспортировку газа от месторождений на севере Западной Сибири (Медвежьего, Уренгойского, Ямбургского, Заполярного и др.) потребителям в Европейской части страны, а также в страны ближнего и дальнего зарубежья. Разработка ПЛА в данной организации, как и на других газотранспортных предприятиях, является обязательным мероприятием.

Процедура предупреждения аварий на ОПО кроме разработки и введения в действие ПЛА предусматривает проведение противоаварийных тренировок. Они преследуют цели:

- обучение персонала способам и приемам предупреждения и быстрой локализации и ликвидации аварий и инцидентов;
- выработка и закрепление во время тренировок качеств, необходимых для ликвидации аварий и инцидентов;
- систематическая проверка способности персонала самостоятельно и правильно ориентироваться в условиях предаварийных и аварийных режимов работы оборудования, четко выполнять производственные инструкции, правила технической эксплуатации оборудования, а также проверка слаженности работы коллективов смен, бригад, их умения координировать свои действия.

Персонал, который участвует в противоаварийных тренировках, а, следовательно, в случае возникновения аварийной ситуации должен предпринимать определенные действия по ее локализации, в ООО «Газпром трансгаз Югорск» называется оперативным. В состав этого персонала входят работники, осуществляющие прием, перекачку и поставку газа, оперативный контроль и изменение режимов работы основного и вспомогательного оборудова-

ния компрессорных станций (далее КС), а также линейной части магистральных газопроводов (далее МГ).

Оперативный персонал обеспечивает круглосуточную бесперебойную работу отдельных звеньев (составляющих) основного производственного процесса. Этот персонал работает посменно, что требует высокой психофизиологической выносливости. Работа предполагает возможность аварийных ситуаций и умение быстро мобилизоваться, оперативно и самостоятельно решать проблемы. Работа с автоматизированным оборудованием и точными приборами требует высокого уровня концентрации внимания, помехоустойчивости, способности сохранять оптимальное функциональное состояние в условиях монотонной работы. Основной акцент в деятельности данной группы сотрудников делается на оперативное устранение возникших в зоне их ответственности сбоев в работе технологического оборудования. Таким образом, оперативный персонал должен уметь быстро реагировать на возникновение опасных ситуаций, чтобы избежать их дальнейшего развития.

## 2. Методика и результаты исследования

К оперативному персоналу в ООО «Газпромтрансгаз Югорск» относятся работники следующих профессий (должностей): начальник смены (далее диспетчер); инженер эксплуатации оборудования газовых объектов (далее ЭОГО) (сменный инженер); мастер линейно-эксплуатационной службы (далее ЛЭС); линейный обходчик; электромонтер; машинист технологических компрессоров (далее ТК). Согласно ПЛА установлено четкое распределение обязанностей между этими работниками, а также определен порядок их действий при локализации и ликвидации аварии.

При обнаружении отказа или повреждения технических устройств КС, отклонения от режима технологического процесса *машинист ТК* должен немедленно сообщить сменному инженеру текущую обстановку и произвести необходимые переключения согласно оперативной части ПЛА. В обязанности *сменного инженера* входят оповещение диспетчера о сложившейся ситуации и непосредственное руководство действиями оперативного персонала КС. *Диспетчер* докладывает о всех нарушениях и изменениях в работе основного и вспомогательного оборудования КС руководству линейно-производственных управлений магистральных газопроводов (ЛПУ МГ) и до его прибытия на место происшествия берет на себя ответственность по координации действий всех работников (включая военизированную пожарную часть) во время ликвидации аварии.

В случае отказа оборудования энергоснабжения КС порядок действий *электромонтера* аналогичен порядку действий машиниста ТК. В первую очередь дежурный электромонтер оперативно сообщает об обнаруженной неполадке сменному инженеру и действует согласно ПЛА. Сменный инженер оповещает диспетчера, который осуществляет руководство действиями оперативного персонала во время ликвидации аварии.

При обнаружении аварийной ситуации на линейной части МГ *мастер ЛЭС* совместно с *линейным обходчиком* по распоряжению диспетчера выезжают на линейный крановый узел или линейный кран для отсечки аварийного участка от основного газопровода и сброса газа с него. По прибытию на линейный крановый узел проверяется положение линейных кранов, байпасных кранов, свечных кранов, кранов перемычек и давление на всех нитках газопроводов и т.д. Далее до приезда аварийной бригады проводятся действия по локализации неисправности согласно распоряжениям диспетчера.

*Только четко выработанная последовательность действий персонала в экстремальных ситуациях позволяет своевременно локализовать источник аварии, оперативно ликвидировать ее возможные последствия.*

Готовность человека к успешным действиям в аварийной ситуации зависит от его личностных особенностей, уровня подготовленности, полноты информации о случившемся, наличия времени и средств для ликвидации аварийной ситуации, информации об эффективности принимаемых мер. Анализ поведения человека в аварийной ситуации показывает, что наиболее часто к ошибочным действиям приводит именно отсутствие полной информации. В таких условиях необходим достаточно высокий уровень развития индивидуальных психофизиологических качеств, который позволил бы компенсировать нехватку информации. Поэтому перед проведением противоаварийных тренировок важно оценивать *профессионально важные качества* (ПВК) оперативного персонала, участвующего в локализации аварийных ситуаций.

Разработка *методики оценки ПВК* осуществляется в несколько этапов. *На первом этапе* необходимо провести анализ производственной деятельности работников и выявить ПВК, необходимые для выполнения требуемых производственных функций. *На втором этапе* нужно подобрать диагностические методики, позволяющие исследовать наиболее значимые свойства выявленных ПВК. *На третьем этапе* на основе экспериментального тестирования определяют критерии профессиональной пригодности, позволяющих ранжировать работников по уровню развития их

ПВК. В данной статье приводятся результаты первого этапа работ, а именно анализ производственной деятельности оперативного персонала ООО «Газпромтрансгаз Югорск». *Цель такого анализа заключается в разработке профессиограмм для каждой из шести изучаемых профессий (должностей).*

Согласно [3] профессиограмма — это подробное описание психофизиологических, психологических, эргономических, производственных и технических требований к данной специальности, профессии, которое позволяет оценить соответствие работника этим требованиям. В общем виде профессиограмма включает описательно-техническую и психофизиологическую характеристики профессиональной деятельности.

В описательно-технической части профессиограммы отражаются общие особенности профессии, основные действия, операции, их последовательность и взаимообусловленность, необходимая специальная подготовка, требуемые знания и навыки, режим труда и отдыха, санитарно-гигиенические условия, характерные психофизиологические состояния (монотонность, утомление, эмоциональная напряженность и др.), объем и характер перерабатываемой информации, физическая тяжесть труда, технологические аспекты профессиональной деятельности, используемое оборудование и другие особенности. Наиболее важной частью профессиограммы является психофизиологическая (психограмма), включающая перечень индивидуально-психологических и личностных качеств работника с учетом степени их важности.

В данной работе для составления описательно-технической части профессиограммы проведен детальный анализ должностных (производственных) инструкций, карт аттестации рабочих мест по условиям труда работников изучаемых профессий. Для выявления особенностей производственной деятельности, которые не отражены в должностных (производственных) инструкциях и картах аттестации рабочих мест, проводилось экспертное интервьюирование работников изучаемых профессий (должностей). Для стандартизации процедуры проведения интервью использовалась *анкета*, включающая следующие разделы:

- основное содержание труда по профессии (7 вопросов);
- предметные и функциональные особенности труда по профессии (12 вопросов);
- условия деятельности (8 вопросов);
- социально-психологические факторы деятельности (6 вопросов).

Результатом анкетирования стала описательно-техническая часть профессиограммы для каждой из исследуемых профессий. Для примера в табл. 1 при-

ведена разработанная профессиограмма начальника смены (диспетчера) ООО «Газпромтрансгаз Югорск».

В данном исследовании для составления психофизиологической части профессиограммы, а именно для выявления необходимых ПВК, использован *метод экспертной оценки*. Для получения достоверных результатов при использовании данного метода необходимо правильно определить качественный и количественный состав экспертов. При подборе по качественному составу учитывалось следующее требование: экспертами выступали лица, имеющие опыт успешной практической работы в данной должности (профессии) не менее пяти лет и не имеющие дисциплинарных взысканий. Основное ограничение при выборе эксперта: наличие личной заинтересованности в искажении проводимой оценки (сознательное завышение или занижение уровня требований к профессии).

При подборе экспертов по количественному составу необходимо учитывать следующие требования: оптимальными могут быть группы экспертов от 20 до 100 человек при оценке одной специальности. Однако, если столько экспертов обеспечить невозможно и проводится не только статистический, но и содержательный анализ результатов опроса, экспертов может быть 10 человек.

В данной работе минимальное количество экспертов по каждой профессии (должности) (20 человек) было обеспечено. В качестве экспертов выступили 586 работников ООО «Газпромтрансгаз Югорск», из которых 60 диспетчеров; 25 мастеров ЛЭС; 119 инженеров ЭОГО; 244 машиниста ТК; 61 линейный обходчик; 77 электромонтеров.

Для проведения опроса эксперту предлагался список качеств, подлежащих оценке. В настоящее время существует достаточно много психографических опросников, в которых профессиональную важность качеств специалиста эксперты оценивают количественно (в баллах) либо качественно (с помощью сравнения и ранжирования).

Количественная оценка может проводиться с использованием разных шкал. Например, 2-балльная (дихотомическая) шкала предполагает, что эксперт должен оценивать то или иное качество по степени важности для выполнения работы, выбирая одну из двух возможных оценок: 1 балл — нужное качество; 0 баллов — ненужное качество. Такой вариант шкалы относится к разряду *однонаправленных векторных*. Помимо дихотомической шкалы в эту группу шкал входят 3-, 4-, 5-, 7- и даже 10-балльные шкалы. Главная особенность всех этих шкал в том, что точка отсчета всегда равна нулю, что свидетельствует о низкой значимости (незначимости) оцениваемого качества для конкретной профессиональной деятельности. Чем выше балл, которым оценивается качество, тем более

Профессиограмма начальника смены (диспетчера)

| Общие сведения   | Профессия по обеспечению оперативного руководства и контроля за работой основного и вспомогательного оборудования компрессорной станции (КС)  |
|--|---|
| Специфический характер деятельности                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• темп деятельности вынужденный;</li> <li>• ритм деятельности переменный (отсутствие монотонности работ);</li> <li>• иногда приходится решать нестандартные задачи;</li> <li>• преобладание значительных статических нагрузок (пребывание в одной позе длительное время);</li> <li>• уровень определенности задач – с неполной определенностью (имеется частичная информация об обстановке);</li> <li>• характер и объем перерабатываемой информации в процессе деятельности – большой;</li> <li>• интеллектуальный уровень выполнения типовых задач профессиональных задач – высокий;</li> <li>• эмоциональный и нервно-психический уровень выполнения профессиональных задач – высокий</li> </ul>  |
| Требования к общеобразовательной подготовке                    | Высшее техническое образование и стаж работы по специальности не менее 3 лет.   |
| Объем знаний и умений, необходимых для выполнения обязанностей | <p><b>Должен знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• план ликвидации аварии;</li> <li>• положение о диспетчерской службе;</li> <li>• правила безопасности при эксплуатации магистральных газопроводах (МГ);</li> <li>• правила технической эксплуатации МГ;</li> <li>• правила пожарной безопасности;</li> <li>• конструкцию и основные характеристики оборудования, установленного на МГ, отводах, промплощадках линейно-производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУ МГ), технологический режим его работы, график и номограммы по определению и ведению режимов работы турбоагрегатов и газопроводов;</li> <li>• технологические схемы МГ, КС, схемы газовых, воздушных, водных коммуникаций, схемы маслоснабжения, теплоснабжения, канализации, электроснабжения объектов ЛПУ МГ;</li> <li>• технологические схемы прилегающих участков МГ и КС соседних ЛПУ МГ;</li> <li>• все линейные сооружения на трассе ЛПУ МГ, расположение контрольных пунктов телемеханики, станций катодной защиты, мест нахождения запаса аварийных труб, мест складирования метанола, расположения дорог, мостов, оврагов, переходов через реки, железные и автомобильные дороги, пересечения с линиями электропередач (ЛЭП) и др.;</li> <li>• состояние аварийного транспорта и специальных машин и механизмов, а также местонахождение аварийной бригады.</li> </ul> <p><b>Должен уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать планы ликвидации аварий;</li> <li>• разрабатывать и осуществлять мероприятия по улучшению деятельности диспетчерской службы филиала;</li> <li>• строить графики перепадов давления газа в газопроводах и в случае обнаружения перепада выше допустимого принимать меры по его ликвидации;</li> <li>• пользоваться аппаратурой приема-передачи данных, стандартными средствами обработки информации (текстовые редакторы и редакторы электронных таблиц)</li> </ul> |
| Характеристика деятельности                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• принимает участие в противоаварийных тренировках;</li> <li>• осуществляет мониторинг специальных характеристик и особо ответственных процессов;</li> <li>• обеспечивает надежную и безопасную эксплуатацию производственных объектов в соответствии с законодательством РФ, действующими нормами и правилами;</li> <li>• обеспечивает выполнение плана транспорта газа и ритмичной работы производственных объектов ЛПУ МГ;</li> <li>• занимается сбором информации о работе основного и вспомогательного оборудования КС газопровода и других установленных показателей в требуемом объеме от соответствующих служб и подразделений ЛПУ МГ;</li> <li>• контролирует работу основного и вспомогательного оборудования, установленного на промплощадках, газопроводах и обеспечивает строгое выполнение заданного режима и бесперебойность его работы;</li> <li>• контролирует с помощью линейных обходчиков давление по трассе МГ;</li> <li>• осуществляет контроль за получением от поставщиков, транспортировкой и производством заливки метанола в газопровод в аварийных случаях или согласно графику;</li> <li>• дает оперативные распоряжения в том числе на пуск, остановку, вывод в ремонт, вывод из ремонта или из резерва основного и вспомогательного оборудования в соответствии с запросами начальников ГКС, графиком ремонтов и разрешением начальника смены центральной производственной диспетчерской службы (ЦПДС);</li> <li>• ведет оперативный контроль за выполнением строительно-монтажных и ремонтных работ на промплощадках и трассе газопроводов;</li> <li>• фиксирует работу основного и вспомогательного оборудования по установленной форме;</li> <li>• для обеспечения заданного режима транспорта газа пускает и останавливает газоперекачивающие агрегаты и вспомогательное оборудование КС и изменяет режим их работы.</li> </ul>                                   |
| Санитарно-гигиенические условия                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• продолжительность рабочего дня – 12 часов;</li> <li>• режим работы – двухсменный;</li> <li>• уровень освещенности – нормальный;</li> <li>• деятельность в условиях допустимого шума;</li> <li>• основная рабочая поза – сидя;</li> <li>• большую часть рабочего времени проводит в помещении.</li> </ul>   |
| Противопоказания к деятельности                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• нервно-психическая и эмоциональная неустойчивость;</li> <li>• высокая склонность к риску;</li> <li>• медицинские противопоказания.</li> </ul>  |

| Общие сведения                        | Профессия по обеспечению оперативного руководства и контроля за работой основного и вспомогательного оборудования компрессорной станции (КС) |  |                      |
|---------------------------------------|--|--|----------------------|
|                                       | Номенклатура ПВК   | Свойства элементов ПВК                 | Группа важности ПВК* |
| Профессионально важные качества (ПВК) | <b>Внимание</b>  |  |                      |
|                                       |  | Скорость и устойчивость внимания       | 1                    |
|                                       |  | Концентрация внимания                  | 1                    |
|                                       |  | Распределение и переключение внимания  | 1                    |
|                                       | <b>Память</b>  |  |                      |
|                                       |  | Кратковременная память                 | 2                    |
|                                       | <b>Мыслительные</b>  |  |                      |
|                                       |  | Аналитическое мышление                 | 2                    |
|                                       |  | Вычислительные способности             | 2                    |
|                                       | <b>Эмоциональные</b>   |  |                      |
|                                       |  | Эмоциональная стабильность             | 2                    |
|                                       |  | Нервно-психическая устойчивость        | 2                    |
|                                       |  | Поведение в конфликтной ситуации (ПКС) | 2                    |
|                                       | <b>Волевые</b>   |  |                      |
|                                       |  | Темп психических процессов             | 1                    |
|                                       |  | Ответственность                        | 1                    |
|                                       | <b>Коммуникативные</b>   |  |                      |
|                                       |  | Организаторские способности            | 1                    |
|                                       |  | Коммуникабельность                     | 1                    |

\* 1 группа важности – наиболее значимое ПВК, оказывающее главное влияние на итоговую оценку профессиональной пригодности (средняя оценка  $\geq 2,0$ ); 2 группа важности – основное ПВК, наиболее часто используемое в диагностических исследованиях, но влияющее на итоговую оценку в меньшей степени (средняя оценка от 1,6 до 2,0).

значимо оно для эффективной деятельности. Примером вынесения экспертной оценки по 3- или 4-балльным шкалам может быть опросник Липмана.

Кроме оценочных однонаправленных векторных шкал при осуществлении экспертного опроса могут использоваться так называемые *шкалы с биполярными полюсами*. Главная особенность этих шкал — четкое разграничение между отрицательным и положительным значениями оцениваемого качества для успешной профессиональной деятельности. Например, 3-балльная биполярная оценочная шкала содержит три варианта оценки: «0» — качество не влияет на успешность деятельности, «-1» — качество негативно влияет на успешность выполняемой деятельности (наносит вред), «+1» — качество способствует выполнению профессиональной деятельности (позитивно в отношении выполняемой деятельности). Примером использования биполярной оценочной шкалы может служить психографический опросник Т.П. Зинченко, в котором используется 7-балльная шкала.

В [4] при выявлении ПВК рабочих основных профессий использовался опросник с биполярной оценочной шкалой. Практический опыт его применения показал, что с помощью данного опросника негативные качества не обнаруживаются. Данное обстоятельство обусловлено тем, что в подавляющем большинстве слу-

чаев эксперты склонны оценивать степень положительного влияния того или иного качества на успешность выполнения профессиональных обязанностей. Оценить степень негативного влияния качества на выполняемую деятельность им существенно сложнее.

В данной работе был использован опросник Липмана, который имеет однонаправленную векторную шкалу. Данный опросник представляет собой перечень из 85 свойств (элементов) качеств, объединенных в 11 групп ПВК (табл. 2), которые оценивались экспертами по шкале, представленной в табл. 3.

При оценке качеств эксперты могут расходиться во мнениях. При этом общая оценка может считаться достаточно надежной только при условии хорошей согласованности ответов опрашиваемых специалистов. Поэтому обработка информации, полученной от экспертов, должна обязательно включать оценку степени согласованности мнений экспертов. В данной работе было опрошено более 500 человек. Этого достаточно для серьезных выводов относительно особенностей психографии исследуемых специалистов.

Для анализа разброса и согласованности мнений экспертов с помощью методов описательной статистики была рассчитана средняя балльная оценка каждого качества по всей группе экспертов (средний балл по группе свойств). Для этого сначала необходи-

Структура опросника Липмана

| Номер вопроса (свойство ПВК) | Группа ПВК        |
|------------------------------|-------------------|
| 1–5                          | Внимание          |
| 6–10                         | Наблюдательность  |
| 11–22                        | Память            |
| 23–32                        | Моторные          |
| 33–37                        | Сенсорные         |
| 38–40                        | Образное мышление |
| 41–52                        | Мыслительные      |
| 53–59                        | Эмоциональные     |
| 60–70                        | Волевые           |
| 71–76                        | Речевые           |
| 77–85                        | Коммуникативные   |

Шкала оценки ПВК

|          |   |
|----------|---|
| 0 баллов | данное качество безразлично                               |
| 1 балл   | данное качество, скорее, желательно                       |
| 2 балла  | данное качество важно                                     |
| 3 балла  | данное качество совершенно необходимо для успешной работы |

мо было рассчитать среднюю оценку каждого свойства личности для всех специалистов, а затем средний балл по каждой группе свойств. *Средняя оценка каждого свойства* личности рассчитывается как отношение суммы баллов, отвечающих за свойства личности, к количеству вопросов по этим свойствам. *Средний балл по каждой группе свойств* рассчитывается как отношение сумм средних оценок каждого работника к количеству этих работников (*n*). Разделение работников в данной работе идет по группам профессий, для каждой группы профессий рассчитывается свой средний балл. Также рассчитывалась величина средней ошибки (среднеквадратичного отклонения) по каждой группе качеств. Чем меньше средняя ошибка, тем более единодушны эксперты в отношении значимости того или иного качества для рассматриваемой профессиональной деятельности.

После статистической обработки были удалены экспертные оценки, имеющие среднюю ошибку больше допустимой. Далее было проведено ранжирование качеств по их среднему баллу (установлена их иерархия).

Из всех ПВК выписываются свойства, признанные экспертами необходимыми (средняя оценка  $\geq 1,6$ ). Выделяют две группы важных ПВК:

- 1 группа — наиболее значимое ПВК, оказывающее основное влияние на итоговую оценку профессиональной пригодности (средняя оценка  $\geq 2,0$ );
- 2 группа — основное ПВК, наиболее часто используемое в диагностических исследованиях, но влияющее на итоговую оценку в меньшей степени (средняя оценка от 1,6 до 2,0).

Таблица 2

Средний балл по группам ПВК

| Группа ПВК        | Средняя оценка |                |                   |              |             |           |
|-------------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|-------------|-----------|
|                   | Мастер ЛЭС     | Электро-монтер | Линейный обходчик | Инженер ЭОГО | Машинист ТК | Диспетчер |
| Внимание          | 2,20           | 2,26           | 2,11              | 2,36         | 2,32        | 2,33      |
| Наблюдательность  | 1,36           | 1,13           | 1,19              | 1,12         | 1,13        | 1,59      |
| Память            | 1,65           | 2,05           | 2,09              | 1,59         | 2,09        | 1,89      |
| Моторные          | 1,12           | 1,51           | 1,33              | 1,35         | 1,56        | 1,44      |
| Сенсорные         | 1,11           | 1,37           | 1,32              | 1,32         | 1,53        | 1,28      |
| Образное мышление | 1,36           | 1,58           | 1,36              | 1,59         | 1,35        | 1,60      |
| Мыслительные      | 1,82           | 1,64           | 1,61              | 1,81         | 1,64        | 1,82      |
| Эмоциональные     | 1,85           | 1,69           | 1,75              | 1,87         | 1,77        | 1,91      |
| Волевые           | 2,08           | 1,81           | 1,86              | 2,09         | 1,84        | 2,26      |
| Речевые           | 1,39           | 1,39           | 1,39              | 1,60         | 1,50        | 1,60      |
| Коммуникативные   | 1,69           | 1,50           | 1,59              | 1,61         | 1,59        | 2,01      |

Таблица 4.

Таблица 3

Перечень необходимых свойств ПВК с указанием их группы важности заносится в профессиограмму (см. табл. 1).

Статистическая обработка мнений экспертов показала, что требования ко всем специалистам имеют примерно одинаковую подборку ПВК, но с различной степенью важности. Данные, полученные в результате статистического расчета, приведены в табл. 4.

Необходимо обратить внимание, что наиболее выражены в структуре ПВК всех обследованных работников характеристики внимания. Кроме этого, для *руководящего состава* («Инженер ЭОГО», «Мастер ЛЭС» и «Диспетчер») важными в системе ПВК являются волевые качества, связанные, прежде всего, с умением брать на себя ответственность, а для других специалистов важен высокий уровень познавательных психических процессов, т. е. оперативная память.

Для *группы «Мастер ЛЭС»* наиболее высокий средний показатель имеет устойчивость внимания, умение подмечать незначительные изменения в показаниях приборов и выбирать при наблюдении материал, необходимый для решения данной проблемы. Мелкая моторика, пластичность и выразительность движений не являются качествами, важными и нужными для успешного и эффективного освоения профессиональной деятельности мастера ЛЭС.

Для *группы «Инженер ЭОГО»* наиболее значимы устойчивость, быстрое распределение и хорошее переключение внимания. Кроме того волевые качества также оцениваются достаточно высоко. Все специалисты считают важным в профессиональной

Таблица 5

Выявленные ПВК для всех профессий (должностей)

| ПВК                                    | Группа важности ПВК   |              |           |                   |             |                |
|--|-----------------------|--------------|-----------|-------------------|-------------|----------------|
|  | Профессии (должности) |              |           |                   |             |                |
|  | Мастер ЛЭС            | Инженер ЭОГО | Диспетчер | Линейный обходчик | Машинист ТК | Электро-монтер |
| Внимание                               |                       |              |           |                   |             |                |
| Скорость и устойчивость внимания       | 1                     | 1            | 1         | 1                 | 1           | 1              |
| Концентрация внимания                  | 1                     | 1            | 1         | 1                 | 1           | 1              |
| Распределение и переключение внимания  | 1                     | 1            | 1         | 1                 | 1           | 1              |
| Память                                 |                       |              |           |                   |             |                |
| Кратковременная память                 | 2                     | –            | 2         | 1                 | 1           | 1              |
| Мыслительные                           |                       |              |           |                   |             |                |
| Аналитическое мышление                 | 2                     | 2            | 2         | 2                 | 2           | 2              |
| Вычислительные способности             | 2                     | 2            | 2         | 2                 | 2           | 2              |
| Эмоциональные                          |                       |              |           |                   |             |                |
| Эмоциональная стабильность             | 2                     | 2            | 2         | 2                 | 2           | 2              |
| Нервно-психическая устойчивость        | 2                     | 2            | 2         | 2                 | 2           | 2              |
| Поведение в конфликтной ситуации (ПКС) | 2                     | 2            | 2         | 2                 | 2           | 2              |
| Волевые                                |                       |              |           |                   |             |                |
| Темп психических процессов             | 1                     | 1            | 1         | –                 | –           | –              |
| Ответственность                        | 1                     | 1            | 1         | –                 | –           | –              |
| Дисциплинированность                   | –                     | –            | –         | 1                 | 1           | 1              |
| Коммуникативные                        |                       |              |           |                   |             |                |
| Организаторские способности            | 2                     | 2            | 1         | –                 | –           | –              |
| Коммуникабельность                     | 2                     | 2            | 1         | –                 | –           | –              |

деятельности умение проявлять ответственное поведение и сохранять объективное отношение к себе. Пластичность и выразительность движений, красивый почерк, повышенная эмоциональность, чувствительность, сензитивность, а также высокий уровень развития памяти на внешность и поведение человека не являются качествами, необходимыми для успешного овладения деятельностью инженера ЭОГО.

Для группы «Диспетчер» наиболее важны наличие у специалистов высокой устойчивости, переключаемости и умения распределять внимание. Кроме того, специалисты данной группы должны обладать волевыми качествами — уметь брать на себя ответственность за принятые решения, сохранять высокий уровень работоспособности при длительном и напряженном графике рабочего времени. Помимо вышеперечисленных качеств, для Диспетчеров важным навыком является способность четко формулировать и излагать свои мысли и распоряжения. Пластичность, выразительность, координированность движений, а также сенсорная чувствительность являются свойствами, безразличными для успешного и эффективного выполнения профессиональных обязанностей данных специалистов. Кроме того, эксперты не считают чувствительность к переживаниям подчиненных необходимым качеством для диспетчеров.

Для групп «Электромонтёр», «Машинист ТК», «Линейный обходчик» набор качеств, необходимых для адекватного поведения в аварийных ситуациях, такой же, как в предыдущей группе. Наиболее важно наличие высокого уровня познавательных психических процессов. Также эксперты выделили волевые качества, однако — в отличие от руководящего состава — для данных групп работников важны не умение брать на себя ответственность в экстремальных ситуациях, а исполнительность и дисциплинированность. Для данных профессий эксперты не считают организаторские способности необходимым качеством. В табл. 5 приведены сводные данные по выявленным ПВК для всех шести изучаемых специальностей.

Метод экспертной оценки с использованием опросника Липмана позволяет определить не только перечень необходимых для данной специальности качеств, но и требуемую степень их выраженности. Отсутствие корректного шкалирования уровня необходимости тех или иных ПВК для данной специальности может привести к совместному использованию понятий «группа ПВК» и «свойство». В этом случае происходит нивелирование целого ряда свойств в рамках одной группы. Например, указывается необходимость высокого уровня развития волевых качеств без уточнения — ответственности, исполнительности или дисциплинированности. Это

приводит к получению некорректного, количественно не определенного набора ПВК. В данном исследовании указанная проблема была успешно решена, о чем свидетельствует таблица 5. Для каждой изучаемой специальности определены не только группы ПВК, но и их элементы (свойства) с указанием степени необходимости того или иного свойства.

### 3. Заключение

Для подтверждения обоснованности выявленных свойств ПВК в данной работе проводилось их сопоставление с профессиональными задачами работников изучаемых специальностей. В табл. 6 приведена мотивация выбора ПВК на примере диспетчера.

Проведенный на данном этапе работы анализ деятельности оперативного персонала ООО «Газпромтрансгаз Югорск» позволил составить характеристики деятельности указанных работников, а также выявить ПВК, необходимые для успешного проведения противоаварийных тренировок. На по-

Мотивация выбора ПВК для диспетчера

| ПВК   | Производственные задачи, для решения которых необходимы ПВК  |
|---|--|
| Внимание (скорость, устойчивость, концентрация, распределение и переключение)                                 | Мониторинг специальных характеристик и особенно ответственных процессов.<br>Контроль работы основного и вспомогательного оборудования, установленного на промплощадках, газопроводах, и обеспечение строгого выполнения заданного режима и бесперебойности его работы.<br>Контроль за выполнением строительно-монтажных и ремонтных работ на пром-площадках и трассе газопроводов.   |
| Память (кратковременная)  | Осуществление контроля за выполнением ряда мероприятий, содержащих большие объемы информации, а именно составление графиков и номограмм по определению и ведению режимов работы турбоагрегатов и газопроводов.   |
| Мыслительные (аналитическое мышление, вычислительные способности)   | Составление графиков перепадов давления газа в газопроводах.<br>Использование планов ликвидации аварий.<br>Разработка мероприятий по улучшению деятельности диспетчерской службы.  |
| Эмоциональные (эмоциональная стабильность, нервно-психическая устойчивость, поведение в конфликтной ситуации) | Контроль за выполнением оперативной части плана ликвидации аварии, своих распоряжений и заданий.<br>Предотвращение появления в зоне аварии посторонних лиц и техники.<br>Руководство работами по спасению людей и локализации аварии, организация взаимодействия между службами, задействованными в локализации аварии.  |
| Волевые (темп психических процессов, ответственность)   | Выполнение требований плана ликвидации аварий и плана тушения пожара при аварийных ситуациях.<br>Принятие мер для немедленного устранения причин и условий возникновения аварии или инцидента, несчастного случая.<br>Обеспечение выполнения и соблюдения персоналом требований действующей нормативно-технической документации (НТД) и регламентов Общества по обеспечению надежной и безопасной эксплуатации оборудования МГ, трудовой, технологической и производственной дисциплины. |
| Коммуникативные (организаторские способности, коммуникабельность)   | Проведение учебно-тренировочных занятий с работниками службы по плану ликвидации аварии, в том числе на объектах повышенной опасности.<br>Осуществление оперативных распоряжений, в том числе на пуск, остановку, вывод в ремонт, вывод из ремонта или из резерва основного и вспомогательного оборудования.<br>При авариях руководство действиями оперативного персонала по спасению людей и локализации аварии.  |

следующих этапах работы будут подобраны диагностические методики для оценки выявленных ПВК, проведено тестирование оперативного персонала,

разработан критерий профессиональной пригодности, позволяющий ранжировать работников по уровню развития их ПВК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (в ред. от 04.03.2012 №22-ФЗ).
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 г. № 781 «Об утверждении Рекомендаций по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах».
3. Маклаков А.Г. Профессиональный психологический отбор персонала. Теория и практика: Учебник для вузов, 2008. — 583 с.
4. Волохина А.Т., Иванова М.В., Заяц Б.С. Выявление профессионально важных качеств рабочего персонала ООО «Самаратрансгаз» на основе экспертной оценки // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2008. — № 1. — С. 48–52.

## Analysis of Personnel Industrial Activity

**A.T. Volokhina**, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin  
**E.V. Glebova**, Head of Chair, Doctor of Engineering, Professor, Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin  
**I.B. Kleyman**, Graduate Student, Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin  
**I.E. Fedotov**, Associate Professor, Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin

*Analysis related to industrial activity of personnel involved in localization and liquidation of accidents on dangerous production objects of LLC "Gazprom Transgaz Ugorsk" has been performed through expert interviews and expert assessment method. As a result of statistical treatment have been revealed operating personnel's professionally important qualities needed to perform required production functions. Based on production activity analysis a job description of shift supervisor (dispatch operator) has been designed.*

**Keywords:** professionally important qualities, job description, expert assessment method.

# Технология нормализации ионного состава воздушной среды обитаемых помещений

**И.И. Попов**, доцент, канд. техн. наук, член-корр. Украинской экологической академии наук<sup>1</sup>

**С.В. Рудаков**, доцент, канд. техн. наук<sup>2</sup>

**И.А. Толкунов**, заместитель начальника кафедры<sup>3</sup>

Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

e-mail: psp@nuczu.edu.ua<sup>1</sup>, serg\_73@gala.net<sup>2</sup>, tolkunov\_ia@mail.ru<sup>3</sup>

**Ключевые слова:**

аэроион,  
аэроионизация,  
коронный аэроионизатор,  
нормативный аэроионный режим,  
искусственная ионизация воздуха,  
управляемый генератор аэроионов.

*Изложена технология нормализации ионного состава воздушной среды обитаемых помещений с помощью управляемого генератора аэроионов, встраиваемого в систему кондиционирования воздуха; описана структура такого генератора и исследованы основные режимы его функционирования.*

Известно, что ионизация воздуха до  $2 \dots 3 \cdot 10^7 \text{ м}^{-3}$  оказывает благоприятное нормализующее влияние на организм человека и повышает его работоспособность. Нормативный аэроионный режим в обитаемых помещениях наиболее эффективно может быть создан путем подачи в помещение искусственно ионизированного воздуха с помощью стационарных коронных аэроионизаторов, встроенных в систему кондиционирования воздуха. Такой подход к ионизации воздуха представляется рациональным как в медико-техническом, так и в экономическом отношении [1–6]. В этом случае режим ионизации воздуха зависит от организации воздухообмена и в значительной степени определяется способом распределения воздуха в помещении, т.е. типом и производительностью воздухораспределительных устройств [7–12].

**1. Особенности рациональной организации воздухообмена в обитаемых помещениях**

Проведенные исследования показали, что для осуществления мероприятий по нормализации аэроионного режима наиболее эффективна схема организации воздухообмена «сверху–вниз», когда приточный воздух должен выпускаться в верхней зоне помещения по возможности ближе к рабочей зоне, а вытяжной воздух должен удаляться через пол или стены в нижней части помещения [8, 9]. Неравномерность получаемых аэроионизационных параметров

по высоте рабочей зоны в этом случае оценивается коэффициентом неравномерности поля  $K_{np}$ :

$$K_{np} = \frac{\sum_{i=1}^{n_r} (N_i - N_{xi})}{N_i \cdot n_r}, \quad (1)$$

или среднеквадратичным отклонением параметров  $\sigma_r$ :

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{1}{n_r \sum_{i=1}^{n_r} (N_i - N_{xi})^2}}, \quad (2)$$

где  $N_i$  — средний параметр аэроионизации для исследуемой совокупности замеров;

$N_{xi}$  — средний параметр аэроионизации в произвольной точке рабочей зоны;

$n_r$  — число измерений.

Используя балансовый метод и основываясь на медико-технических требованиях [7, 13], за допустимое изменение концентрации аэроионов  $\Delta n^\pm$  в обитаемых помещениях следует принимать половину разности значений концентрации аэроионов между оптимальными и допустимыми (необходимыми) значениями [2, 14]:

$$\Delta n^\pm = \pm \frac{n_{дон}^\pm - n_{онт}^\pm}{2} \quad (3)$$

где  $n_{доп}^{\pm}$  и  $n_{опт}^{\pm}$  — соответственно допустимая и оптимальная концентрация отрицательных и положительных легких аэроионов в зоне дыхания операторов.

## 2. Способ нормализации ионного состава воздушной среды в обитаемых помещениях

Нормализация ионного состава воздушной среды обитания путем подачи искусственно ионизированного воздуха основана на свойствах и закономерностях приточных струй. В этом случае инженерные расчеты по определению концентрации аэроионов в рабочей зоне кондиционируемых помещений нужно вести для условий прямого воздействия приточных струй с учетом характеристик генераторов аэроионов и воздухораспределительных устройств [4, 15].

Одним из основных требований, предъявляемых к генераторам аэроионов как устройствам для нормализации ионного состава воздушной среды рабочей зоны, является возможность регулировать количество генерируемых аэроионов  $n$ , которое определяется полярностью и законом напряжения на коронирующих электродах, геометрической конфигурацией коронирующей системы и др. [6]:

$$n = e^{\int_0^x \alpha_u(x) dx}, \quad (4)$$

где  $x$  — расстояние от коронирующего электрода до произвольной точки в струе ионизированного воздуха, м;

$\alpha_u(x)$  — первый коэффициент ионизации Таунсенда.

Исследования коронирующих систем с игольчатыми (остриевыми) электродами показали, что разрядный промежуток такого аэроионизатора можно считать образованным гиперболическим острием с радиусом кривизны  $R_0$  и плоскостью, находящейся на расстоянии  $d$  от острия, в воздухе при атмосферном давлении  $P = 760$  мм рт. ст. ( $1,013 \cdot 10^5$  Па). [8, 16]. Напряженность электрического поля  $E_p$  у острия равна:

$$E_p = \frac{2U_k}{R_M \cdot \lg \left( \frac{4d}{R_M} \right)}, \quad (5)$$

где  $U_k$  — потенциал острия, В.

Напряженность поля  $E$  вблизи острия в зависимости от расстояния  $x$  изменяется по закону:

$$E = \frac{R_M}{R_M + E} E_p. \quad (6)$$

Согласно законам подобия, коэффициент ионизации  $\alpha_u$  в выражении (4) может быть определен из соотношения:

$$\frac{\alpha_u}{P} = f \left( \frac{E}{P} \right) = A e^{\left( \frac{BP}{E} \right)}, \quad (7)$$

где  $A$  и  $B$  — постоянные коэффициенты, которые для воздуха при  $\left( \frac{E}{P} \right) = 100 \dots 800$  В·см<sup>-1</sup> мм рт. ст.<sup>-1</sup>

(0,75...6,0 м<sup>-1</sup>·кПа<sup>-1</sup>) соответственно равны 15 и 365 см<sup>-1</sup> мм рт. ст.<sup>-1</sup> (м<sup>-1</sup>·кПа<sup>-1</sup>).

Используя соотношения (5) и (7), выражение (4) можно представить в виде:

$$n = e^{APe^{\left[ \frac{BP(R_0+x) \lg \left( \frac{4d}{R_M} \right)}{2U_k} \right]}}. \quad (8)$$

Анализ соотношения (8) показывает, что требуемый уровень аэроионизации может быть достигнут путем изменения величины напряжения на коронирующих электродах и расстояния между коронирующим и заземленным металлическими электродами, экранирования и изменения расстояния между рабочей зоной и аэроионизатором, а также при комбинации этих способов [17].

В условиях изолированных малых объемов обеспечение требуемого уровня аэроионизации путем экранирования или изменения расстояния между аэроионизатором и рабочей зоной малоэффективно и не всегда может быть реализовано вследствие ограниченных размеров помещения. Поэтому основным методом регулирования концентрации аэроионов, генерируемых коронным аэроионизатором в обитаемых помещениях, должно быть изменение величины постоянного напряжения на коронирующих электродах.

В качестве управляемых генераторов аэроионов используются также устройства, в которых на аэроионы, образовавшиеся у коронирующего электрода (или другого источника), воздействуют электрическим полем, создаваемым с помощью дополнительного управляющего электрода, установленного на выходе аэроионизатора [17].

## 3. Структура управляемого генератора аэроионов

Разработанное устройство для ионизации воздуха (рис. 1) выполнено в виде камеры 1 из диэлектрического материала, в которой установлен коронирующий электрод 2 в виде острия, соединенный с источником постоянного напряжения отрицательной или положительной полярности.

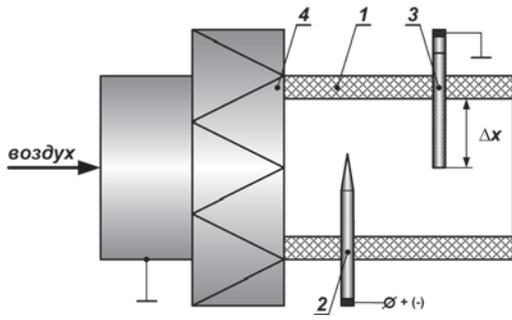


Рис. 1. Устройство для ионизации воздуха: 1 – камера из диэлектрического материала; 2 – коронирующий электрод в виде иглы; 3 – управляющий заземленный электрод, имеющий микрометрическую резьбу, которая позволяет изменять глубину его погружения в камеру устройства на глубину  $\Delta x$ ; 4 – предварительный фильтр тонкой очистки)

После коронирующего электрода по ходу воздуха, который подается через предварительный фильтр тонкой очистки 4, установлен управляющий заземленный электрод 3, выполненный в виде металлического стержня с микрометрической резьбой, имеющего регулируемую глубину погружения в камеру устройства на величину  $\Delta x$  в поперечной плоскости диэлектрической камеры. Это позволяет регулировать количество образующихся в процессе коронного разряда аэроионов и, следовательно, их концентрацию в потоке воздуха.

#### 4. Исследование концентрации аэроионов на выходе управляемого генератора аэроионов

При начальной напряженности  $E$  электрического поля в разрядном промежутке коронного аэроионизатора перемещение заземленного управляющего электрода создает некоторое положительное или отрицательное приращение  $E + \Delta E$ . При этом разность потенциалов, приложенных к разрядному промежутку длиной  $d$ , изменится от  $U_k$  до  $U_k + \Delta U_k$ . Здесь:

$$\Delta U_k = \int_0^d \Delta E dx. \quad (9)$$

Из (4) имеем:

$$\frac{\alpha_u}{P} = A e^{\left(-\frac{BP}{E+\Delta E}\right)} = \frac{\alpha_{uo}}{P} \left[ 1 + \frac{BP}{E^2} \Delta E + \frac{BP}{E^4} \left( \frac{BP}{2} - E \right) \Delta E^2 \right], \quad (10)$$

где  $\alpha_u = \alpha_{uo}$  при  $\Delta E = 0$ .

Изменение количества генерируемых аэроионов получаем при интегрировании выражения (4) с учетом (10):

$$\int_0^d \alpha_u dx - \alpha_{uo} dx = \alpha_{uo} \frac{BP}{E^2} \left[ \Delta U_k + \frac{1}{E^2} \left( \frac{BP}{2} - E \right) \int_0^d \Delta E^2 dx \right]. \quad (11)$$

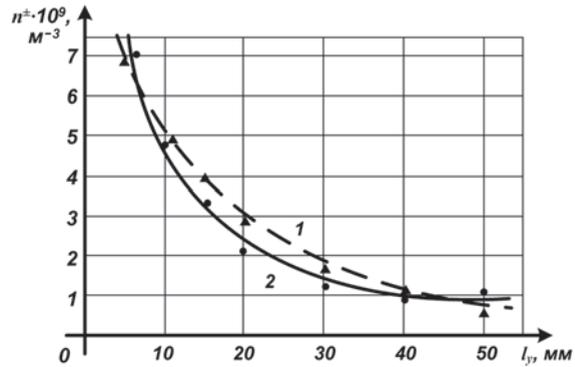


Рис. 2. Зависимость концентрации  $n^+$  лёгких аэроионов на выходе устройства для ионизации воздуха от перемещения  $l_y$  управляющего электрода: 1,  $\blacktriangle$  – отрицательные аэроионы; 2,  $\bullet$  – положительные аэроионы)

Минимальное изменение разности потенциалов на разрядном промежутке, которое приводит к изменению количества образующихся аэроионов, определяем из выражения (11), приравнявая левую часть к нулю:

$$\Delta U_k = \frac{1}{E^2} \left( E - \frac{BP}{2} \right) \int_0^d \Delta E^2 dx. \quad (12)$$

Знак приращения разности потенциалов  $\Delta U_k$  в этом случае будет определяться знаком множителя  $\left( E - \frac{BP}{2} \right)$ .

Соотношение (12) позволяет определить в первом приближении пространственные границы зоны регулирования при определенных конструктивных и режимных параметрах коронных аэроионизаторов.

На рис. 2 приведена зависимость концентрации отрицательных  $n^-$  и положительных  $n^+$  легких аэроионов на выходе разработанного устройства для ионизации воздуха от величины  $l_y$  перемещения управляющего электрода.

Зависимость получена для устройства (рис. 1), выполненного в виде цилиндрической камеры из гетинакса с внутренним диаметром  $2,5 \cdot 10^{-2}$  м. При этом диаметр управляющего электрода равен  $3 \cdot 10^{-3}$  м, а его удаление от коронирующего электрода по ходу воздуха —  $1 \cdot 10^{-2}$  м, глубина погружения в камеру устройства может составлять от 0 до  $0,5 \cdot 10^{-2}$  м. Коронирующий электрод изготовлен в виде стальной иглы диаметром  $2 \cdot 10^{-3}$  м и длиной  $1,5 \cdot 10^{-2}$  м с углом заточки острия  $20^\circ$ .

Начальное положение управляющего электрода в поперечной плоскости камеры определялось пространственными границами зоны регулирования. Погружение управляющего электрода вглубь камеры приводило к уменьшению концентрации как положительных, так и отрицательных аэроионов.

## 5. Заключение

Разработано и исследовано устройство для ионизации воздуха, предназначенное для нормализации аэроионного режима в рабочей зоне обитаемых помещений. Это устройство обеспечивает гарантируемую безопасность и высокую эффективность мероприятий по искусственной аэроионизации воздуха, будучи наиболее совершенным вариантом в медико-техническом и экономическом отношениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Богомолов А.В.* Концепция математического обеспечения диагностики состояния человека // Информатика и системы управления. — 2008. — № 2(16). — С. 11–13.
2. *Кукушкин Ю.А.* Методика автоматизированного оценивания риска нарушения функционального состояния человека на основе компьютерных вопросников / Ю.А.Кукушкин, В.М.Усов, А.В.Богомолов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2002. — № 5–6.
3. *Правила безопасности труда в органах и подразделениях МЧС Украины.* Введены в действие приказом МЧС Украины от 07.05.2007 г. № 312.
4. *Толкунов И.А.* Некоторые аспекты обеспечения нормативного аэроионного режима рабочей среды помещений специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, В.В. Маринюк, И.И. Попов, В.В. Пономарь // Проблемы чрезвычайных ситуаций. — 2008. — № 8. — С. 198–206.
5. *Ушаков И.Б.* Аппаратно-программные комплексы для медико-психологического обеспечения контроля надежности профессиональной деятельности человека в условиях высокого риска возникновения чрезвычайной ситуации / И.Б.Ушаков, А.А.Ворона, Ю.А.Кукушкин, А.В.Богомолов // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 3.
6. *Charman S.* Corona point current in wind // Journal of Geophysical Research. 1970. Vol. 75, № 12. P. 2165–2169.
7. *Кукушкин Ю.А.* Методология стабилизации функционального состояния оператора системы «человек — машина» / Ю.А.Кукушкин, А.Г.Гузий, А.В.Богомолов // Мехатроника, автоматизация, управление. — 2002. № 5.
8. *Толкунов И.А.* Исследование и разработка управляемых генераторов аэроионов для помещений специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Сборник научных трудов Национального университета гражданской защиты Украины. — Выпуск 10. — 2009. — С. 186–194.
9. *Толкунов И.А.* Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Сборник научных трудов Национального университета гражданской защиты Украины. — Выпуск 11. — 2010. — С. 137–145.
10. *Федоров М.В.* Технология планирования многофакторных экспериментальных исследований и построения эмпирических моделей комбинированных воздействий на операторов эргатических систем / М.В.Федоров, А.В.Богомолов, С.А.Айвазян, Г.В.Цыганок // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2010. — № 5. — С. 53–61.
11. *Фещенко К.Б.* Математическая модель динамики средней численности приборов и аппаратов медицинского назначения в условиях разомкнутого цикла метрологического обслуживания / К.Б.Фещенко, В.Е.Козлов, А.В.Богомолов, А.П.Волобуев, С.В.Рудаков // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2006. — № 5–6. — С. 99–103.
12. *Фещенко К.Б.* Методика оценивания продолжительности метрологического обслуживания измерительных приборов и аппаратных средств в условиях разомкнутых метрологических цепей / К.Б.Фещенко, В.Е.Козлов, А.В.Богомолов, А.П.Волобуев, С.В.Рудаков // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2007. — № 1. — С. 54–60.
13. *ГНАОТ 0.03–3.06.80* Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений № 2152–80.
14. *Рудаков С.В.* Методика идентификации вида закона распределения параметров при проведении контроля состояния сложных систем / С.В.Рудаков, И.С.Рудаков, А.В.Богомолов // Информационно-измерительные и управляющие системы. — 2007. — № 1. — С. 66–72.
15. *Внутренние санитарно-технические устройства.* Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха (Справочник проектировщика). — М.: Стройиздат, 1978. — 509 с.
16. *Салата Н.П.* Обоснование оптимальных параметров остриевых коронирующих электродов для аэроионификации животноводческих помещений // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1976. — Вып. 35. — С. 85–89.
17. *Монтик П.Н.* Исследование управляемого генератора ионов / П.Н.Монтик, С.А.Коновалов // Электронная обработка материалов. 1979. — №4. — С. 64–67.

## Technology for Normalization of Manned Premises' Air Environment Ion Composition

**I.I. Popov**, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Correspondent Member of Ukraine's Ecological Academy of Science, National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov

**S.V. Rudakov**, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov

**I.A. Tolkunov**, Deputy Head of Chair, National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov

*Technology for normalization of manned premises' air environment ion composition with controlled generator of air ions, embedded in an air conditioning system, has been laid out. Such generator structure has been described, and main modes of its functioning have been studied.*

**Key words:** air ion, air ionization, corona air ionizer, regulatory air ion mode, artificial air ionization, controlled generator of air ions.

### О новом порядке присвоения ученых званий

Опубликовано Постановление Правительства РФ от 10.12.2013 № 1139 «О порядке присвоения ученых званий» вместе с «Положением о присвоении ученых званий».

Положение устанавливает новый порядок присвоения ученых званий доцента и профессора (далее - ученые звания), в том числе критерии присвоения ученых званий, требования к лицам, претендующим на присвоение ученых званий, порядок рассмотрения аттестационных дел на присвоение ученых званий, а также основания и порядок лишения и восстановления ученых званий. В соответствии с Положением теперь ученые звания присваиваются только по научным специальностям в соответствии с номенклатурой специальностей научных работников, которая утверждается Минобрнауки России.

Присвоенные ранее ученое звание старшего научного сотрудника, доцента по кафедре соответствует ученому званию доцента, ученое звание профессора по кафедре — ученому званию профессора. Документы о присвоении ученых званий, лишении и восстановлении ученых званий, поступившие в Минобрнауки России до 1.09.2013 г., рассматриваются в порядке, действовавшем до вступления в силу настоящего постановления, но не позднее 1 января 2014 г.

В Положении подробно перечислены обновленные критерии присвоения ученых званий и требования к лицам, претендующим на присвоение ученых званий по научным специальностям.

В частности критериями присвоения ученого звания профессора являются:

- а) наличие стажа непрерывной работы (непрерывной военной или иной приравненной к ней службы по контракту, службы в органах внутренних дел Российской Федерации) не менее 2 лет в должностях, указанных в Положении;
- б) осуществление педагогической деятельности не менее чем на 0,25 ставки (в том числе на условиях совместительства) по образовательным программам высшего образования и (или) дополнительного про-

фессионального образования по научной специальности, указанной в аттестационном деле, в организации, представившей его к присвоению ученого звания;

- в) наличие стажа научной и педагогической деятельности не менее 10 лет в организациях, в том числе не менее 5 лет стажа педагогической работы по научной специальности, указанной в аттестационном деле;
- г) подготовка в качестве научного руководителя или научного консультанта не менее 3 (для работников образовательных организаций) и не менее 5 (для работников научных организаций) лиц, которым присуждены ученые степени, при этом тема диссертации хотя бы одного из них соответствует научной специальности, указанной в аттестационном деле;
- д) наличие не менее 50 опубликованных учебных изданий и научных трудов (в том числе в соавторстве), включая патенты на изобретения и иные объекты интеллектуальной собственности, которые используются в образовательном процессе, при этом за последние 5 лет по научной специальности, указанной в аттестационном деле соискателя ученого звания, должно быть опубликовано не менее 3 учебных изданий и не менее 5 научных трудов, а научные труды должны быть опубликованы в рецензируемых научных изданиях, требования к которым и правила формирования в уведомительном порядке перечня которых устанавливаются Минобрнауки России;
- е) наличие учебника (учебного пособия), автором которого является соискатель ученого звания, или наличие не менее 3 учебников (учебных пособий), соавтором которых является соискатель ученого звания, изданных за последние 10 лет по научной специальности, указанной в аттестационном деле.

С Постановлением и Положением можно ознакомиться на сайте Минобрнауки России и сайте [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru).

# Определение среднегодовой объемной активности радона на рабочих местах

**А.И. Андреев**, профессор, д-р техн. наук,  
**К.В. Пупатенко**, доцент, канд. техн. наук

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск

e-mail: bgd@festu.khv.ru

**Ключевые слова:**  
радиационная безопасность,  
радиационный контроль,  
объемная активность,  
радон.

*Радиационная безопасность при воздействии природных источников излучения, в частности радона, обеспечивается путем контроля за величиной среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов радона и торона в воздухе производственных помещений. Определение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности радона по данным однократных измерений объемной активности радона может привести к существенным ошибкам в оценке радиационной обстановки на рабочих местах. В статье анализируются методики проведения радиационного контроля на соответствие гигиеническим требованиям по показателям радиационной безопасности производственных зданий. Рассматриваются результаты экспериментальных исследований объемной активности радона в помещениях, где постоянно находятся люди. Даны рекомендации по определению фактических значений среднегодовой объемной активности радона и проведению периодических измерений объемной активности радона.*

## 1. Введение

В соответствии с действующими нормативами [1] при аттестации рабочих мест по условиям труда оценке подлежат все имеющиеся на рабочем месте факторы производственной среды и труда, характерные для технологического процесса и оборудования, применяемых на данном рабочем месте. Например, при обращении с открытыми и закрытыми источниками ионизирующего излучения некоторые факторы могут оказывать неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работников. Если уровень этого воздействия приводит к увеличению риска повреждения здоровья, то такие условия труда регламентируются как вредные [2].

Для обеспечения радиационной безопасности при облучении работников природными нуклидами, в частности радоном и продуктами его распада, ввод зданий и сооружений в эксплуатацию осуществляется с учётом уровня содержания радона в воздухе помещений. В дальнейшем при эксплуатации зданий и сооружений замеряется уровень содержания радона в воздухе помещений. При невозможности выполнения нормативов путем снижения уровня содержа-

ния радона в зданиях и сооружениях должен быть изменён характер их использования [3].

Но в некоторых случаях изменить характер использования сооружений нельзя. В [4] показано, что условия труда в Северомуйском тоннеле Восточно-Сибирской железной дороги характеризуются повышенной концентрацией радона в зоне дыхания, охлаждающим микроклиматом, шумом, физическими нагрузками, пылью. Главным вредным производственным фактором является радон в воздухе зоны дыхания работающих, который выделяется из радононасыщенных подземных вод. Большая протяженность тоннеля (свыше 15 км) и неэффективная работа вентиляционных систем приводит к тому, что концентрация радона многократно превышает нормативные величины. По результатам многолетних гигиенических наблюдений установлено, что превышение допустимой эквивалентной равновесной объемной активности радона (ЭРОА) в зоне дыхания рабочих, осуществляющих эксплуатацию тоннеля, составляет от 3,0 до 42,9 раза. Среднегодовая эффективная доза облучения составляет от 10 до 26,5 мЗв/год.

Кроме воды радон выделяется из грунта и строительных материалов. Выделение радона из грунта происходит неравномерно. Установлено, что эпизодически возникают интенсивные (залповые) выбросы радона, при которых объёмная активность радона (ОА) может превышать фоновую в сотни раз, а предельно допустимые уровни — в десятки раз [5].

Наличие в воздухе рабочей зоны природных источников излучения оказывает влияние на здоровье работников. Даже в том случае, если технологический процесс не связан с источниками ионизирующего излучения, но рабочее место находится ниже поверхности земли (в шахте, руднике, тоннеле, котловане), необходимо оценивать ионизирующее излучение природных источников. Если рабочие места находятся в зданиях, оценка радоновой опасности должна выполняться с учетом ранее проведенных измерений, указывающих на имеющееся превышение уровня природного ионизирующего излучения. Если такие измерения не проводились, возникает необходимость оценки ЭРОА радона при размещении рабочего места в потенциально опасных местах (подвальных или цокольных этажах зданий).

В настоящее время порядок проведения радиационного контроля на соответствие санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям по показателям радиационной безопасности производственных зданий и сооружений регламентируется [6]. Действующими нормативными документами по защите от природного облучения в производственных условиях вводятся ограничения по среднегодовому значению ЭРОА радона в воздухе зоны дыхания [7]. Допускается проводить оценку ЭРОА радона в воздухе по результатам измерения объёмной активности радона [6].

Поэтому важно знать достоверные значения ОА радона на рабочих местах. Данные исследования проводились с целью экспериментального определения среднегодовой ОА радона в помещениях, где постоянно находятся люди.

## 2. Экспериментальная часть

Оценка среднегодового значения ЭРОА изотопов радона в воздухе здания проводится по формуле, приведенной в [6]:

$$C_{\text{ср}} = [C_{\text{Rn}} + \Delta_{\text{Rn}} + 4,6 \cdot (C_{\text{Tn}} + \Delta_{\text{Tn}})] \cdot K(t, h, v). \quad (1)$$

Численное значение коэффициента  $K$  в формуле (1) зависит от температуры внутри и снаружи контролируемого помещения, от атмосферного давления, силы и направления ветра в период проведения измерений, а также от среднегодовых значений этих величин. Конкретные значения коэффициента имеют региональные особенности и зависят от периода года, когда проводятся измерения. Функциональные

зависимости региональных коэффициентов от перечисленных параметров определяются в рамках специального аналитического обобщения результатов проводимых обследований в совокупности со значениями влияющих факторов.

В соответствии с рассматриваемой методикой измерение ЭРОА изотопов радона следует проводить при наиболее высоком для данной местности барометрическом давлении и слабом ветре. Продолжительность измерения может составлять до 15 суток, причём наилучшим приближением к действительному среднегодовому значению ЭРОА изотопов радона является его среднее значение по данным двух интегральных измерений с экспозицией не менее двух месяцев каждое, выполненных в холодный и теплый периоды года. Общая продолжительность измерений должна составлять около 120 суток в год. Практическое применение методики вызывает существенные затруднения, так как требует длительного времени проведения измерений, обширной подготовительной работы по определению регионального коэффициента и предварительного изучения метеорологических параметров, характерных для данной местности.

Исследования динамики поступления радона в производственные помещения Дальневосточного государственного университета путей сообщения (ДВГУПС) и экспериментальное определение в них ОА радона проводились в 2009–2012 гг. в двух помещениях (№ 3105 и 3008), расположенных на первом этаже второго учебного корпуса ДВГУПС. Расстояние между помещениями около 130 м. В соответствии с применяемой методикой измерения пробы воздуха отбирались в течение года раз в неделю последовательно в исследуемых помещениях. Продолжительность измерения отобранной пробы воздуха составляла 1 час. Сначала отбиралась проба воздуха в помещении № 3105, а через 1 час — в помещении № 3008. Для обеспечения единства условий проведения измерений отбор проб воздуха выполнялся, как правило, в одно и то же время в утренние часы (с 7.30 до 8.40) до прихода сотрудников университета на работу. Измерения ОА радона проводились с помощью радиометра радона РРА-01М-03, предназначенного для измерения ОА радона в воздухе жилых и рабочих помещений. Радиометр радона ежегодно проходил поверку в лаборатории измерительной техники. Типичное изменение ОА радона в исследуемых помещениях ДВГУПС показано на рис. 1.

Как видно на рисунке, значения ОА радона в исследуемых помещениях в течение календарного года изменялись в 5–9 раз от 24 Бк/м<sup>3</sup> 27.06.2012 г. до 211 Бк/м<sup>3</sup> 2.12.2012 г. в № 3105 и от 31 Бк/м<sup>3</sup> 11.07.2012 г. до 155 Бк/м<sup>3</sup> 29.07.2012 г. в № 3008. Максимальное значение ОА радона в первом случае приходится на зим-

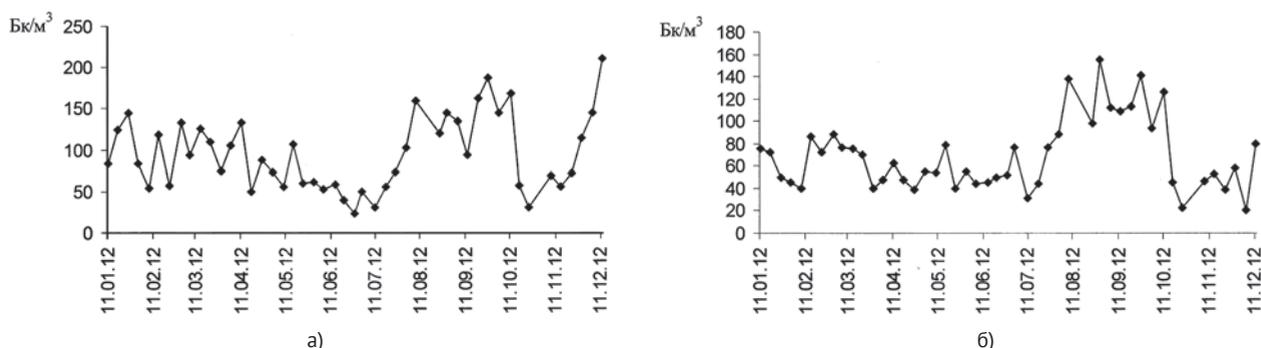


Рис. 1. Изменение ОА радона в 2012 г.: а) помещение № 3105; б) помещение № 3008

ний период, во втором — на летний. Таким образом, оценка среднегодовой ЭРОА радона в воздухе помещений по данным однократных измерений может привести к существенным ошибкам.

### 3. Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Так как в производственных условиях нормируемым параметром является ЭРОА<sub>Rn</sub>, был произведён пересчёт измеренной ОА радона в ЭРОА радона. В соответствии с рекомендациями, приведенными в [6], пересчёт осуществлялся по формуле:

$$\text{ЭРОА}_{Rn} = F_{Rn} \text{ОА}_{Rn} \quad (2)$$

В связи с отсутствием инструментальных данных значение  $F_{Rn}$  при расчётах принималось равным 0,5. Результаты расчётов ЭРОА<sub>Rn</sub>, выполненных по приведенной в [6] методике с использованием экспериментальных данных по ОА радона, полученных авторами в 2009–2012 гг., представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Эквивалентная равновесная объёмная активность радона |               |               |                                  |   |  |
|--|---------------|---------------|----------------------------------|---|--|
| Год измерений  | Летний период | Зимний период | Среднее. Зимний и летний периоды | Среднегодовое значение по данным ежемесячных наблюдений | Среднегодовое значение по данным еженедельных наблюдений |
| Помещение № 3105                                     |               |               |                                  |   |  |
| 2009   | 69 ± 21       | 104 ± 31      | 87 ± 26                          | 39 ± 12   | 44 ± 13  |
| 2010   | 19 ± 6        | 26 ± 8        | 23 ± 7                           | 32 ± 10   | 43 ± 13  |
| 2011   | 79 ± 24       | 36 ± 11       | 56 ± 17                          | 44 ± 13   | 45 ± 14  |
| 2012   | 26 ± 8        | 106 ± 32      | 66 ± 20                          | 53 ± 16   | 48 ± 14  |
| Помещение № 3008                                     |               |               |                                  |   |  |
| 2009   | —             | —             | —                                | —   | —  |
| 2010   | 18 ± 5        | 22 ± 7        | 20 ± 6                           | 39 ± 12   | 34 ± 10  |
| 2011   | 47 ± 14       | 33 ± 20       | 40 ± 12                          | 34 ± 10   | 29 ± 9   |
| 2012   | 22 ± 7        | 40 ± 12       | 31 ± 16                          | 37 ± 11   | 35 ± 11  |

Примечание. В 2009 г. измерения ОА радона в помещении № 3008 не проводились.

Данные по летнему и зимнему периодам получены по результатам однократных измерений ОА радона в июле и декабре каждого года. Среднегодовое значение по данным ежемесячных наблюдений рассчитывалось как среднее по выборке из 12 измерений, по одному измерению ОА радона в месяц. Среднегодовое значение по данным еженедельных наблюдений рассчитывалось как среднее по выборке из еженедельных измерений ОА радона, по одному измерению в неделю. Число измерений ОА радона в год составляло от 43 до 50.

Для оценки точности и надёжности среднегодовых измерений ЭРОА радона по данным еженедельных наблюдений с доверительной вероятностью 0,95 были рассчитаны доверительные интервалы по формуле, приведенной в [8]:

$$\bar{x} - t_{\gamma} \cdot S / \sqrt{n} < a < \bar{x} + t_{\gamma} \cdot S / \sqrt{n} \quad (3)$$

Результаты расчёта представлены в табл. 2.

На рис. 2 приведены значения ЭРОА радона, рассчитанные по приведенной в [6] методике и по экспериментальным данным. Среднегодовые значения ЭРОА радона, рассчитанные по данным еженедельных наблюдений, показаны с относительной погрешностью 30%.

Как видно из рис. 2, среднегодовые значения ЭРОА радона, полученные по данным ежемесячных наблюдений, находятся в пределах доверительного интервала, рассчитанного по выборке из еженедель-

Таблица 2

| Год  | Доверительный интервал эквивалентной равновесной объёмной активности радона |                  |
|------|---|------------------|
|      | Помещение № 3105  | Помещение № 3008 |
| 2009 | 28 < a < 60   | —                |
| 2010 | 29 < a < 57   | 11 < a < 57      |
| 2011 | 36 < a < 54   | 22 < a < 36      |
| 2012 | 41 < a < 55   | 31 < a < 39      |

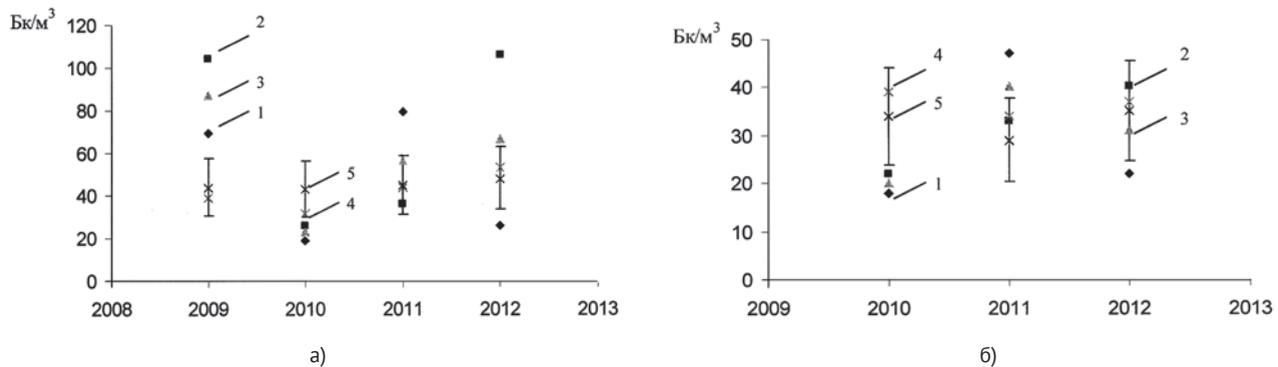


Рис. 2. Эквивалентная равновесная объёмная активность радона, рассчитанная по методическим указаниям и по экспериментальным данным: а) помещение № 3105; б) помещение № 3008. 1 – летний период; 2 – зимний период; 3 – среднее, зимний и летний периоды; 4 – среднегодовое значение по данным ежемесячных наблюдений; 5 – среднегодовое значение по данным еженедельных наблюдений

ных наблюдений, и не выходят за пределы относительной погрешности 30%.

Значения среднегодовой ЭРОА радона, полученные по данным однократных измерений ОА радона и рассчитанные по методике [6], как правило, находятся вне границ доверительного интервала. Так было в 2009, 2010, 2012 гг. (рис. 2а) и 2010, 2011 гг. (рис. 2б).

Наибольшие погрешности в расчёте среднегодовой ЭРОА радона получены по результатам однократных измерений ОА радона в летний период. Все значения среднегодовой ЭРОА радона, рассчитанные по результатам многолетних измерений в двух различных помещениях в летний период, выходят за границы доверительных интервалов.

Практически такая же картина наблюдается при расчёте среднегодовой ЭРОА радона, полученной по данным экспериментальных наблюдений ОА радона в зимний период.

Необходимо отметить, что ряд значений среднегодовой ЭРОА радона, рассчитанных по результатам однократных измерений ОА радона в зимний период, входит в доверительный интервал. Так было в 2011 г. (рис. 2а) и 2011, 2012 гг. (рис. 2б). Однако существенные отклонения среднегодовой ЭРОА радона от выборочной средней в 2009 и 2012 гг. (рис. 2а) и 2010 г. (рис. 2б) не позволяют сделать вывод о снижении погрешности оценки среднегодовой ЭРОА радона по результатам измерений ОА радона в зимний период по сравнению с летним. Среднегодовое значение ЭРОА радона, рассчитанное как среднеарифметическое по результатам однократных измерений ОА радона в зимний и летний периоды, не приводит к увеличению точности при определении этого параметра.

#### 4. Заключение

В соответствии с действующей методикой измерение ЭРОА изотопов радона следует проводить при наиболее высоком для данной местности барометри-

ческом давлении и слабом ветре. Продолжительность измерения может составлять до 15 суток, причём наилучшим приближением к действительному среднегодовому значению ЭРОА изотопов радона является его среднее значение по данным двух интегральных измерений с экспозицией не менее 2 месяцев каждое, выполненных в холодный и теплый периоды года. Общая продолжительность измерений должна составлять около 120 суток в год. Практика аттестации рабочих мест показала, что процесс измерений и оценок условий труда непосредственно на рабочих местах занимает в среднем около недели.

Расчёт среднегодовой ЭРОА радона в воздухе производственных помещения по данным однократных измерений ОА радона может привести к существенным ошибкам при определении действительного значения среднегодовой ЭРОА радона.

Предложенный метод определения среднегодового значения ЭРОА по результатам однократных ежемесячных измерений ОА радона, выполненных в течение года, с доверительной вероятностью 0,95 позволяет рассчитать действительное среднегодовое значение ЭРОА радона, сократить продолжительность измерений и обоснованно проводить мероприятия по защите работников от природного излучения в производственных условиях.

#### Обозначения

- $a$  – математическое ожидание по выборочной средней;
- $C_{Cr}$  – среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона в воздухе здания,  $Bq/m^3$ ;
- $C_{Rn}$  – измеренное значение ЭРОА радона в воздухе,  $Bq/m^3$ ;
- $C_{Tn}$  – измеренное значение ЭРОА торона в воздухе,  $Bq/m^3$ ;
- $\bar{x}$  – среднее арифметическое результатов отдельных измерений;

$F_{Rn}$  — коэффициент, характеризующий сдвиг радиоактивного равновесия и его короткоживущими дочерними продуктами распада в воздухе;  
 $K$  — региональный коэффициент;  
 $n$  — число измерений;  
 $S$  — среднеквадратическое отклонение;

$t_{\gamma} = t(\gamma, n)$ ;  
 $\Delta_{Rn}$  — абсолютная погрешность определения ЭРОА радона в воздухе;  
 $\Delta_{Tn}$  — абсолютная погрешность определения ЭРОА торона в воздухе;  
 $\gamma$  — надёжность оценки измерений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России) от 26 апреля 2011 г. № 342н г. Москва. «Об утверждении Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».
2. Руководство Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
3. Федеральный закон от 09 января 1996 г. № 3-ФЗ (ред. от 19 июля 2011 г.) «О радиационной безопасности населения».
4. Куренкова Г.В., Павлова Н.И., Борейко А.Н., Лемешевская Е.П. Гигиеническая оценка факторов производственной среды и трудового процесса рабочих, обслуживающих подземную часть Северомуйского тоннеля // Сибирский медицинский журнал. — 2009. — № 2. — С. 83–85.
5. Фролов А.В. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учеб. пособие для вузов / А.В. Фролов, Т.Н. Бакаева; под общ. ред. А.В. Фролова. — Ростов н/Д.: Феникс, 2005.
6. Методические указания МУ 2.6.1.2838-11. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности.
7. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. НРБ 99/2009.
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. — 10-е изд., стер. — М.: Высшая школа, 2004.

## Determination of Radon's Average Annual Volume Activity on Workplaces

**A.I. Andreev**, Doctor of Engineering, Professor, Far Eastern State Transport University, Khabarovsk

**K.V. Pupatenko**, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Far Eastern State Transport University, Khabarovsk

*Radiation safety under the influence of radiation's natural sources, in particular radon, is provided by control related to a value of average annual equivalent equilibrium volume activity of radon and thoron affiliated products in facilities' air. Definition of radon's average annual equivalent equilibrium volume activity according to single measurements of radon's volume activity may lead to essential mistakes in assessment related to radiation situation on workplaces. Radiation control techniques carrying out on compliance to hygienic requirements on indicators of facilities' radiation safety are analyzed in this paper. Results of experimental studies related to radon's volume activity in rooms with permanent human presence are considered. Recommendations on determination of actual values of radon's average annual volume activity and of radon's volume activity measurements frequency carrying out are given.*

**Keywords:** radiation safety, radiation control, volume activity, radon.

### Государственный доклад

#### «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году»

15 января 2014 года на сайте Минприроды России опубликован Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2012 году».  
(<http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=132221>)

#### Проект федерального закона «Об экологическом аудите, экологической аудиторской деятельности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

22 января 2014 года на сайте Минприроды России опубликован Проект федерального закона «Об экологическом аудите, экологической аудиторской деятельности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».  
(<http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=132262>)

# Интерактивная система поддержки принятия решения по выбору бытовой упаковки на основе анализа жизненного цикла в экологическом маркетинге

**Е.В. Смирнова**, директор по развитию, канд. экон. наук<sup>1</sup>

**Е.А. Пермина**, магистрант<sup>2</sup>

**П.Ю. Чумаченко**, доцент, канд. техн. наук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Экобюро GREENS, г. Москва

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

**e-mail:** elena.smirnova@greens-eco.ru

## Ключевые слова:

жизненный цикл,  
оценка жизненного цикла,  
инвентаризационный анализ,  
упаковка.

*На всех этапах своего существования любая продукция взаимодействует с окружающей средой — начиная от добычи ресурсов для производства и заканчивая утилизацией или вторичной переработкой. Стандарт ИСО 14 040 «Оценка жизненного цикла» позволяет полностью описать это взаимодействие и уже на основе полученной информации формулировать рекомендации по изменению процессов в производстве, эксплуатации и утилизации исследуемой продукции. В представленной статье оценка жизненного цикла рассматривается на примере упаковки на кассах: пластиковой различных типов, бумажной, тканевой. Показано, что только оценка жизненного цикла позволяет сделать выбор экологичной упаковки, наносящей минимальный вред окружающей среде.*

## 1. С чего все началось и для чего это нужно

Оценка жизненного цикла (Life cycle assessment, LCA) — относительно новый инструмент в экологическом маркетинге. В 1970 г. во время нефтяного кризиса впервые возник вопрос об оптимизации производства и использования конечного продукта. Главный интерес при этом вызывал экологический эффект на всем «жизненном пути» производимого продукта: от добычи ресурсов и сырья для изготовления до полного уничтожения или переработки. Для полного описания такого взаимодействия между продуктом и окружающей средой и была предложена оценка жизненного цикла (ОЖЦ). Другими словами, ОЖЦ — это инструмент, позволяющий оценить экологическое воздействие, наносимое продуктом на всех этапах его «жизненного пути». Анализ жизненного цикла широко используется для принятия и обоснования решений при изготовлении товаров и оказании услуг. Он служит одним из ведущих инструментов экологического менеджмента в Европейском Союзе.

Правила проведения ОЖЦ описаны Международной организацией по стандартизации (ИСО) в

стандартах ИСО серии 14 000, в частности в стандарте ИСО 14040 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура» [1]. При проведении оценки жизненного цикла происходит сбор информации о взаимодействии исследуемой продукции с окружающей средой. Полученные данные можно использовать для совершенствования предлагаемого товара (услуги, сервиса) с точки зрения экономии ресурсов и охраны окружающей среды.

## 2. Понятие жизненного цикла продукта

Жизненный цикл (life cycle) продукта — это ключевое понятие в ОЖЦ. Согласно стандарту ИСО 14040, жизненный цикл — это «последовательные и взаимосвязанные стадии жизненной системы продукта или процесса, начиная с добычи природных ресурсов и заканчивая утилизацией отходов» (рис. 1) [1]. Надо отметить, что под продуктом в стандарте ИСО 14040 понимается не только физический товар, но и некие услуги.

ОЖЦ необязательно рассматривает все этапы жизненного цикла. В зависимости от поставленной задачи исследования может затрагиваться лишь его

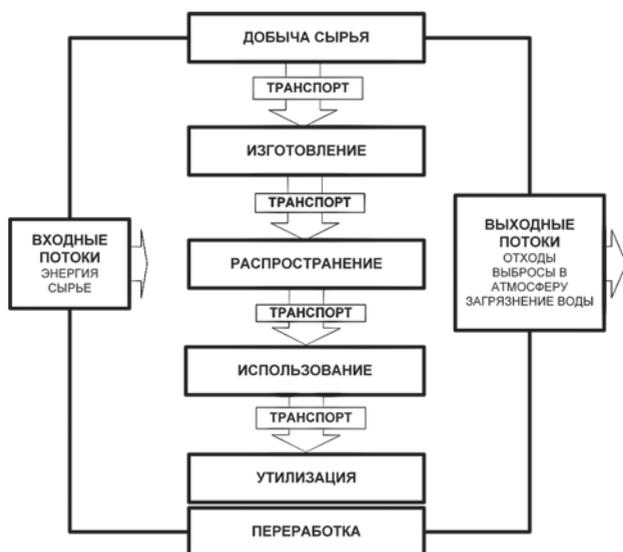


Рис. 1. Этапы жизненного цикла продукта

часть. В связи с этим существует несколько базовых типов ОЖЦ.

*От колыбели до могилы (Cradle-to-grave).* Это полный жизненный цикл — от извлечения сырья (колыбель) до уничтожения продукта (могила). Рассматриваются не только этапы производства продукции, но и непосредственно добыча природных ресурсов, изготовление полуфабрикатов, сопутствующее производство, а также транспортировка, использование, размещение отходов, переработка, возврат в окружающую среду и т.п.

*От колыбели до ворот (Cradle-to-gate).* Здесь используется часть жизненного цикла — от извлечения сырья (колыбель) до поставки продукции другим производителям (ворота), которые будут заниматься ее непосред-

ственным распространением. Этапы использования и переработки в данном типе не рассматриваются.

*От колыбели до колыбели (Cradle-to-cradle).* В данном случае рассматривается полный жизненный цикл продукции, а также процесс вторичной переработки.

### 3. Этапы оценки жизненного цикла согласно стандартам ИСО

Согласно стандартам ИСО серии 14040 оценка жизненного цикла делится на четыре части [2]:

- определение цели и области применения (ИСО 14041);
- инвентаризационный анализ жизненного цикла (ИСО 14041);
- оценка воздействия на протяжении жизненного цикла (ИСО 14042);
- интерпретация жизненного цикла (ИСО 14043).

Ключевая особенность ОЖЦ, дающая ей гибкость, — это возможность корректировки принятых параметров на каждом этапе в зависимости от полученных результатов. Другими словами, на каждом этапе ОЖЦ можно вернуться к предыдущему, для внесения изменений, основанных на накопленном опыте.

#### 3.1. Определение цели и области применения.

При определении цели и области применения определяется цель исследования и границы изучаемой системы (временные и пространственные), перечисляются и описываются используемые источники данных, а также методы оценки экологического воздействия. Выбор методов должен быть обоснован.

При определении границ продукционной системы важно:

- определить процессы, относящиеся к изучаемой продукционной системе;



Рис. 2. Этапы оценки жизненного цикла

- установить границы между окружающей средой и системой;
- определить важные процессы и те, которыми можно пренебречь, в рамках данного исследования.

### 3.2. Инвентаризационный анализ жизненного цикла

При инвентаризационном анализе жизненного цикла — основном этапе проведения ОЖЦ — происходит сбор всех данных о производственной системе согласно границам, определенным на предыдущем этапе. Весь жизненный цикл исследуемого продукта делится на единичные процессы: добыча сырья, производство, распространение, использование, утилизация. Отдельно рассматриваются транспортировка продукции и затрачиваемая на нее энергия. Затем определяются входные и выходные потоки для этих процессов и, согласно им, проводится сбор информации. Все собранные данные приводятся к единому виду, позволяющему провести следующий этап — оценку воздействия.

### 3.3. Оценка воздействия на протяжении жизненного цикла

Согласно идеологии стандартов ИСО серии 14000, фаза оценки воздействий при проведении ОЖЦ направлена на оценку значимости потенциального воздействия на окружающую среду по результатам инвентаризационного анализа жизненного цикла. На этом этапе данные, полученные на предыдущем этапе, распределяются по категориям воздействий с целью ответить на вопрос, какая категория воздействия наносит наибольший ущерб окружающей среде.

Можно выделить основные категории воздействия: изменение климата, разрушение озонового слоя, окисление, фотохимический смог, загрязнение водоемов водорослями, наземные и водные токсичные выбросы, истощение ресурсов, землепользование, использование воды, человеческое здоровье (общие выбросы в атмосферу, воду и почву) [3].

### 3.4. Интерпретация жизненного цикла

На последнем этапе — это цель оценки жизненного цикла — составляют рекомендации по уменьшению вредного воздействия на окружающую среду. Выполнение этих рекомендаций ведет не только к улучшению экологических характеристик продукции, но и к экономическим преимуществам. Например, достигается экономия средств на закупку ресурсов и повышается спрос покупателей за счет «зеленой» рекламы.

## 4. Какая упаковка наиболее экологичная

Самым распространенным способом упаковки товаров сегодня в России является полиэтиленовый пакет. Его преимущества: небольшая масса, и, как следствие, сравнительно небольшой объем затрачиваемых на производство каждого пакета электро-

энергии и воды, а также сравнительно небольшой объем отходов, которые образуют использованные пакеты. Кроме того, полиэтилен является побочным продуктом добычи природного газа и не требует дополнительной добычи лесных ресурсов [4].

Но при отсутствии какого-либо повторного использования полиэтиленовых пакетов данный вариант упаковки имеет значительный экологический след. Однако исследование, проведенное Экологическим агентством Англии, выявило, что 59% респондентов используют повторно все свои полиэтиленовые пакеты, 16% — повторно большинство пакетов и 7% — около половины пакетов [5]. Так как в основном повторно пакеты используются для сбора мусора в мусорных баках, то вред, наносимый пластиковыми пакетами окружающей среде, нивелируется за счет отказа от покупки специальных пакетов для мусорных баков. (Сегодня на полиэтиленовых пакетах в некоторых супермаркетах можно встретить надпись, информирующую покупателя о том, что данный пакет можно использовать в качестве пакета для мусора.)

Главный недостаток одноразового полиэтиленового пакета — это очень длительный срок разложения, достигающий до 1000 лет. Полиэтиленовые пакеты разносятся ветром со свалок и загрязняют окружающую среду, а также ежегодно становятся причиной смерти миллионов птиц и рыб. Соответственно, так как сегодня всё больше людей задумываются о проблемах окружающей среды, отсутствие какой-либо альтернативы одноразовым пластиковым пакетам в супермаркетах негативно сказывается на их имидже. Есть ли альтернативы, если задуматься?

Сегодня всё чаще в супермаркетах посетителям предлагается приобрести бумажные пакеты из так называемой «крафт-бумаги» вместо одноразовых полиэтиленовых пакетов. Преимущества данного вида пакетов очевидны — сравнительно быстрое разложение в окружающей среде и продвижение осознанного потребления. Наличие в ассортименте магазина крафт-пакетов с изображением какой-либо экологической символики ассоциируется у большинства людей с заботой супермаркета об окружающей среде. Однако при оценке бумажных пакетов по жизненному циклу выявляется ряд аспектов, в которых они уступают одноразовым полиэтиленовым пакетам.

Прежде всего, следует различать бумажные пакеты, изготовленные с использованием вторичного сырья, и бумажные пакеты, изготовленные из первичной целлюлозы. В первом случае пакет имеет меньший экологический след и может рассматриваться как экологичная альтернатива полиэтиленовым пакетам. Однако, как правило, для повышения прочности па-

кеты для переноски продуктов делают из первичной целлюлозы. Такие пакеты однозначно оказывают даже большее негативное воздействие на окружающую среду, чем полиэтиленовые пакеты, так как для их производства вырубаются леса. Бумажный пакет весит в несколько раз больше полиэтиленового, при его производстве затрачивается в 4 раза больше воды и выделяется в 3 раза больше парниковых газов (согласно результатам другого исследования — затрачивается в 4,7 раза больше воды и в 2,2 раза больше невозобновляемой энергии). В плане повторного использования бумажные пакеты также уступают полиэтиленовым за счёт своей более низкой прочности и подверженности воздействию воды. Они образуют большой объём отходов, транспортировка которых связана с выбросами парниковых газов [4].

Другой набирающий популярность у российских ритейлеров способ «озеленить» свой имидж — это введение в ассортимент так называемых *биоразлагаемых пакетов* (*biodegradable bags*). Для начала следует выделить два вида биоразлагаемых пакетов, отличающихся по своим свойствам, технологии изготовления и утилизации.

*Гидро-биоразлагаемые пакеты* сделаны из растительного сырья (например, крахмала кукурузы или сахарного тростника) и сравнительно быстро разлагаются в природе до углекислого газа и воды. Однако такие пакеты имеют существенные недостатки: низкая прочность и отсутствие налаженной массовой технологии производства в России, что делает их недоступными для предприятий розничной торговли.

*Оксо-биоразлагаемые пакеты* сейчас всё чаще можно видеть в супермаркетах. На них часто стоят пометки вроде «100% biodegradable» или «Этот пакет полностью разлагается в окружающей среде». Эти пакеты также сделаны из полиэтилена, однако в них присутствует химическая добавка d2w, за счёт которой пакет со временем разрушается, превращаясь в мелкие частицы полиэтилена. Исследования показали, что за год только 15% массы пакета из оксо-пластика разлагается до углекислого газа, а остальная часть попадает в воду и почву, загрязняя окружающую среду не меньше, чем полиэтиленовые пакеты [6]. Таким образом, популярные сейчас «биоразлагаемые пакеты» можно считать лишь маркетинговым ходом — они не представляют собой более экологичную альтернативу обычным полиэтиленовым пакетам.

В некоторых супермаркетах и гипермаркетах помимо бумажных и «биоразлагаемых» пакетов покупателю могут предложить приобрести *многоцветную сумку для покупок*. Чаще всего многоцветные сумки сделаны из хлопка или нетканого полотна на основе полипропилена. Несмотря на то, что они отличаются

по технологии производства и утилизации, можно выделить их несколько основных характеристик.

Очевидно, что на производство любой многоцветной сумки затрачивается намного больше ресурсов, чем на производство одноразовых пакетов, так как сумки должны отличаться повышенной долговечностью. Экологический след от производства многоцветной сумки будет компенсирован только в том случае, если её действительно используют множество раз. Например, чтобы реализация одной сумки для покупок из нетканого волокна сравнялась по экологическому ущербу с продажей одного полиэтиленового пакета (при условии, что одноразовый пакет не используется повторно), необходимо, чтобы эта сумка была использована по меньшей мере 11 раз, а чтобы использование хлопковой сумки стало таким же экологичным, как одноразовое использование полиэтиленового пакета, она должна быть использована 131 раз. Если учесть, что большинство людей используют полиэтиленовые пакеты повторно в качестве пакета для мусора, то эти цифры будут ещё выше [4]. Ресурсоемкость производства многоцветных сумок не может компенсироваться их использованием в быту в качестве пакетов для мусора, как в случае с полиэтиленовыми пакетами, и это делает их не самым экологичным выбором.

Таким образом, несмотря на то, что полиэтиленовый пакет принято считать самым экологически вредным видом упаковки, в реальности все оказывается намного сложнее. Так что же выбрать? Ответить на этот вопрос позволяет проведение оценки жизненного цикла различных видов продукции, выполняющих одни функции. Рассмотрим основные моменты, связанные с проведением ОЖЦ.

## 5. Построение модели ОЖЦ продукта на примере полиэтиленового пакета

Моделирование оценки жизненного цикла происходит согласно ИСО 14040, описанным выше. В первую очередь определяется сам продукт, для которого будет проведена оценка, и формулируются цели данного исследования. В нашем случае будет рассматриваться жизненный цикл «от колыбели-до-могилы» полиэтиленового пакета (ПП).

*Область исследования* — все этапы жизненного цикла ПП: добыча сырья, изготовление, распространение, использование, утилизация.

*Цель исследования* — выявление «горячих точек» жизненного цикла ПП, т. е. процессов, во время которых происходит наибольшее воздействие на окружающую среду. Для оценки жизненного цикла полиэтиленовой упаковки можно выявить следующие категории воздействия, которые важны для поставленной цели исследования: использованная энергия,

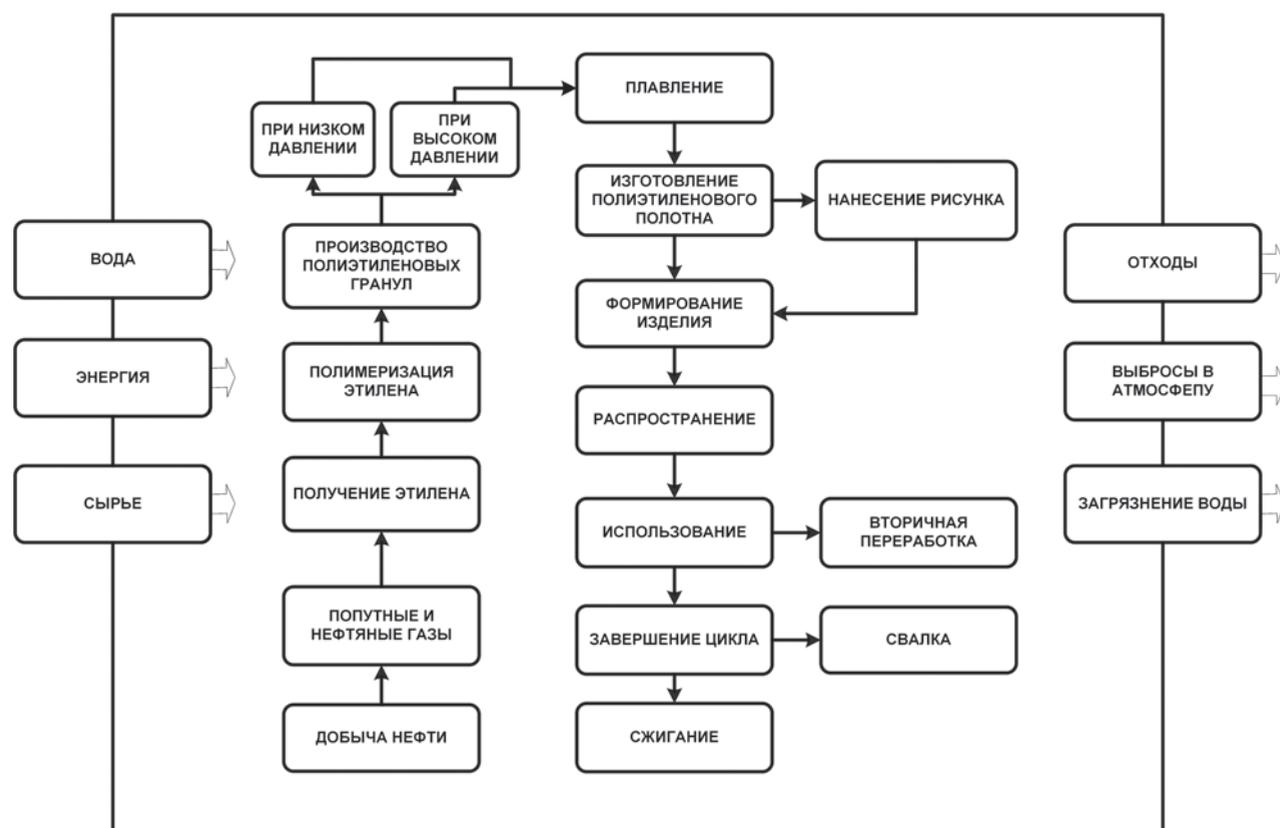


Рис. 3. Жизненный цикл полиэтиленового пакета

расход сырья, образование ТБО, выбросы парниковых газов, использование воды.

Весь жизненный цикл рассматривается по основным этапам. Каждому этапу соответствуют свои процессы (табл. 1). Все основные процессы отображены на рис. 3.

В стандарте ИСО 14040 не описан конкретный метод проведения вычислений на этапе инвентаризационного анализа, а даны только общие рекоменда-

дации. В литературе, посвященной ОЖЦ, чаще всего упоминаются два способа расчетов:

- последовательный метод;
- метод матриц [7].

В первом случае построенная производственная система представляется в виде уравнений, которые решаются последовательно, пока все процессы и потоки не будут вычислены. Во втором случае все данные, содержащиеся в процессах, формируются в матрицу, с помощью которой находят значения потоков. Далее рассмотрен метод матриц.

На основе общей модели строится производственная система, которая состоит из единичных процессов (рис. 4).

После построения производственной системы для каждого единичного процесса строится свой линейный вектор, элементами которого становятся входные и выходные данные процесса [7]. Вектор процесса — это вектор в линейном пространстве, базис которого представляет потоки товаров, материалов, сервиса, отходов, веществ, натуральных ресурсов, звуковых волн и т.п. Таким образом, элементы вектора — это данные, входящие в некоторый единичный процесс или произведенные им. Направление потока в таком векторе обозначается знаками «+» и «-» — отрицательные эле-

Таблица 1

Процессы в жизненном цикле полиэтиленового пакета

| Этап                     | Процессы  |
|--------------------------|---|
| Сырье, ресурсы           | Добыча нефти<br>Выделение попутных и нефтяных газов<br>Получение этилена                        |
| Изготовление             | Производство полиэтиленовых гранул<br>Изготовление полиэтилена<br>Формирование готового изделия |
| Распространение          | Поставка заказчику<br>Распространение продукции (например, на кассе)                            |
| Использование            | Использование продукции   |
| Утилизация / переработка | Сжигание / Попадание на свалку / Переработка  |
| Транспортировка          | Перемещение продукции между этапами   |



Рис. 4. Единичный процесс в производственной системе

менты указывают на входные данные, положительные — на выходные, ноль означает отсутствие такого потока в процессе. Вектор обозначается как  $p_i$ , где  $i$  — номер процесса в производственной системе. Векторы объединяются в матрицу процессов  $P$ , где  $i$  — номер строки, а  $j$  — номер столбца. Элементы вектора  $p_i$  идут в определенной последовательности, одинаковой для всех процессов. Соответственно, количество строк для всех векторов одинаково

$$P = (p_1 \ p_2 \ \dots \ p_n).$$

Данные в производственной системе делятся на два базовых типа: внутренние потоки (матрица  $A$ ) и элементарные потоки (матрица  $B$ ), с помощью которых матрица процессов представляется как  $P = A/B$  [1].

Элементарные потоки — это потоки, изъятые непосредственно из окружающей среды (необработанные), и потоки, выходящие из системы и попадающие в окружающую среду без последующей обработки. К элементарным потокам относятся выбросы в окружающую среду. Соответственно, основные потоки являются результатом обработки или используются в дальнейшем изготовлении (использовании) продукции. Например, в общий список веществ, необходимых для изготовления полиэтиленового пакета, входят  $O_2$ ,  $Cr$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Ni$ ,  $KCl$ ,  $SiO_2$  и т.д. [8]. Это внутренние потоки. А выделяются в воздух при изготовлении  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CH_4$  и т.д. [8]. Это элементарные потоки. Нельзя строго определить правила деления потоков на элементарные и внутренние. Все зависит от цели исследования и особенностей изучаемой производственной системы.

Производственная система жизненного цикла представляется в виде потоковой диаграммы с процессами, входными и выходными потоками (рис. 3). Перед оценкой данных в этой модели их необходимо привести к общему виду. Для этого в стандарте ИСО 14041 введены понятия функциональной единицы и базового потока.

Функциональная единица определяет количество входных и выходных потоков, которые необходимы для выполнения производственной системой поставленной перед ней задачи. Разные исследования ОЖЦ ПП

используют разные функциональные единицы. Например, в исследовании Boustead Consulting & Associates Ltd это объем обычно используемого продуктового пакета для покупок потребителя — он составляет 1/6 барреля [8]. В исследовании The Environment Agency за функциональную единицу принято среднее количество пакетов, используемых в месяц (483 штуки) [5].

После определения функциональной единицы проводят нормализацию системы и получают базовый поток. В нашем случае, если за функциональную единицу принято количество пакетов, используемых в месяц, то базовым потоком будет необходимое количество входных и выходных потоков в системе для получения этого количества пакетов. Другими словами, выбирается процесс, который будет базовым. Он должен производить определенное значение выходного потока (согласно требованиям, установленным для системы). Затем вся система пересчитывается (нормализуется) согласно этому потоку.

Итоговый вектор спроса  $\vec{f}$  соответствует выбранному базовому потоку. Элементы этого вектора обозначают необходимое количество данных, которые система должна потреблять или производить, и соответствуют внутренним потокам производственной системы. Вектор  $\vec{f}$  используется для нормализации системы к базовому потоку. Для этого каждый элемент вектора  $p_i$  единичного процесса умножается на свой коэффициент  $\vec{s}$  [9]

$$A\vec{s} = \vec{f}, \quad B\vec{s} = \vec{g}.$$

Вектор  $\vec{s}$  называется вектором масштабирования и, соответственно, находится как:

$$\vec{s} = A^{-1}\vec{f}.$$

Вектор  $\vec{g}$  — значения элементарных потоков, которые необходимо найти для проведения оценки жизненного цикла. Другими словами, это объем выбросов в окружающую среду, которые соответствуют исследуемой продукции и которые получаются при данном значении функциональной единицы. Соответственно:

$$\vec{g} = BA^{-1}\vec{f}.$$

Агрегированный вектор позволяет привести матрицу процессов к базовому потоку:

$$\bar{q} = \begin{pmatrix} \bar{f} \\ \bar{g} \end{pmatrix}.$$

Выбираем некоторый процесс, который нас интересует. Например, если за функциональную единицу взято количество используемых пакетов в месяц (483), то нужный процесс из этапов в табл. 1 — «распространение». Его выходной поток — количество пакетов. Затем пересматриваем всю систему. Сколько нужно полиэтиленовых гранул для производства такого количества пакетов? Сколько потребуется сырья? Сколько выбросов попадет в окружающую среду при сжигании? И так, пока вся система не будет нормализована к базовому потоку, после чего можно рассматривать ее с точки зрения категорий воздействия и интерпретировать полученные результаты.

#### 6. Использование модели жизненного цикла для принятия решения в экологическом маркетинге

Оценка жизненного цикла позволяет выявить процессы продукта, оказывающие влияние на окру-

жающую среду. На этапе оценки воздействия определяются «горячие точки», а на следующем этапе дается интерпретация полученных результатов. Но построенную модель можно использовать не один раз. Изменение параметров входных и выходных потоков, значения функциональной единицы и базового потока позволяет рассмотреть производственную систему с разных сторон. И, соответственно, оценить систему при разных условиях.

Подобное моделирование выходит за рамки формального определения, данного в стандартах ИСО серии 14 000, но позволяет проводить эксперименты с построенной моделью, просматривая различные варианты, и выявлять изменения, происходящие в системе. Результаты таких экспериментов могут быть использованы для принятия решений в экологическом маркетинге. Например, в производственной системе полиэтиленового пакета можно изменить количество производимых единиц товара или количество используемого сырья, а затем сравнить полученные результаты в контексте воздействия на окружающую среду. Кроме того, можно сравнивать различные виды продукции, реализующие одинаковые функции, для выбора наиболее экологичной и приемлемой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 14040 Goal and scope definition and inventory analysis, International Standard.
2. Уланова О.В., Старостина В.Ю. Краткий обзор метода оценки жизненного цикла продукции и систем управления отходами // Современные проблемы науки и образования. 2012.
3. LCA — анализ жизненного цикла здания // EcoRussia.info, 2013. <http://ecorussia.info/ru/ecopedia/lca>.
4. Paper vs. Plastic Bags // All About Bags. <http://www.allaboutbags.ca/papervplastic.html>.
5. Life Cycle Assessment of Supermarket Carrier Bags / Environment Agency, 2011. P. 30.
6. Edwards C., Meyhoff F.J. Life cycle assessment of supermarket bags / The Environment Agency, 2006.
7. Heijungs R., Suh S. The Computational Structure of Life Cycle Assessment. Springer, 2002.
8. Chaffee C., Yaros B.R. Life Cycle Assessment for Three Types of Grocery Bags // Boustead Consulting & Associates Ltd.
9. Thisted R. Computers and Modern Statistics, 1992. P. 101.

## Interactive System related to Support of Decision-Making at Household Packing Choice on Basis of Life Cycle Analysis in Ecological Marketing

**E.V. Smirnova**, Development Director, Ph.D. in Economics, Ecobureau GREENS, Moscow

**E.A. Permina**, magistrand, National Research University of Electronic Technology — MIET

**P.Yu. Chumachenko**, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, National Research University of Electronic Technology — MIET

*Any production interacts with environment at all stages of this production's existence, beginning from resources development for manufacture and finishing to utilization or secondary processing. The ISO 14 040 standard "Life Cycle Assessment" allows describe completely this interaction and already on received information basis formulate recommendations related to change of studied production's manufacture, operation and utilization processes. In presented paper the life cycle assessment is considered on the example of cash desk packing made of plastic of various types, paper and fabric. It has been shown that only the life cycle assessment allows make an eco-friendly packing choice that is inflicting the minimum harm to environment.*

**Keywords:** life cycle, life cycle assessment, inventory analysis, packing.

# Подготовка инженеров к решению проблем безопасности в техносфере

**Ю.В. Трофименко**, зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор,  
**З.С. Сазонова**, зам. зав. кафедрой, д-р пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор,  
**Т.В. Федюкина**, ассистент

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

e-mail: ite@ecology.madi.ru

## Ключевые слова:

техносферная безопасность;  
профессиональная подготовка инженеров;  
инженерная педагогика;  
управление процессом;  
организационные и психолого-педагогические условия.

*Решение проблем безопасности с учетом постоянного роста числа объектов техносферы является главной целью безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды. В настоящей статье обсуждаются организационные и психолого-педагогические условия профессиональной подготовки инженеров к решению проблем техносферной безопасности. Анализируется накопленный в этой области опыт МАДИ.*

## 1. Введение

Высшим приоритетом государственной политики России является безопасность жизнедеятельности ее граждан. В связи с этим актуальность решения проблем, связанных как с предотвращением техносферных опасностей, так и с ликвидацией последствий техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС), постоянно возрастает. В современных условиях скорость возрастания числа потенциально опасных технических объектов превышает скорость повышения их надежности. При этом нарушается целостность системы «природная среда — техносфера — общество», усиливаются противоречия между компонентами ее структуры, формируются угрозы для безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды.

Безопасность жизнедеятельности зависит от многих факторов. В современных условиях решение проблемы безопасности жизнедеятельности не обеспечивается только решением проблемы охраны окружающей среды, но в существенной степени зависит от него. Окружающая среда представляет собой целостную динамическую систему, которую необходимо охранять не только от тех опасностей, которые исходят от отдельных потенциальных источников техносферного происхождения, но и от возможных негативных результатов их совместного действия, которые в силу синергетических эффектов

могут существенно превысить сумму негативных «вкладов» от независимых источников.

Охрана окружающей среды, как сферы жизнедеятельности граждан, должна предполагать управление процессами предотвращения возможных негативных последствий нескоординированных воздействий различных техносферных объектов. Необходимо, чтобы субъектами управления были компетентные профессионалы — прежде всего, выпускники технических вузов, реализующих образовательные программы по разным профилям направления подготовки «Техносферная безопасность» (в соответствии с новым Перечнем специальностей и направлений высшего образования — 20.03.01 (бакалавриат), 20.04.01 (магистратура), 20.06.01 (аспирантура) [1, 2, 3].

## 2. Интеграционное взаимодействие

Интеграционное взаимодействие всех субъектов, ответственных за обеспечение техносферной безопасности, — принципиально значимое организационное условие успешного решения актуальных проблем. В современных условиях отечественные технические университеты обеспечивают будущим выпускникам образовательных программ, соответствующих направлению «Техносферная безопасность», хорошую общую подготовку в области техносферной безопасности. Однако главное внимание

научно-педагогических коллективов вузов концентрируется на аспектах профессиональной подготовки, которые в наибольшей степени важны для предприятий, входящих в структуру конкретной отрасли экономики, где предоставляется основное число рабочих мест для их выпускников. Таким образом, каждый вуз вносит существенный вклад в процесс управления безопасностью объектов техносферы, функционирующих в рамках отдельных секторов отечественной экономики, и отвечает как актуальным требованиям, так и прогнозируемым потребностям работодателей.

Тем не менее техносферная безопасность в масштабах страны определяется интегральным результатом управления безопасностью всех имеющихся объектов техносферы. Она зависит от уровня согласованности подпроцессов управления безопасностью комплексов предприятий, относящихся к разным секторам экономики. Для решения проблемы в целом необходимо понимать сущность каждого подпроцесса, а также уметь прогнозировать возможные результаты их взаимодействия и проектировать адекватные стратегии и тактики предотвращения или минимизации негативных последствий.

Деловые контакты профессионалов в области управления процессами охраны окружающей среды и обеспечения безопасности жизнедеятельности являются обязательным организационным условием повышения эффективности решаемых в этой области проблем. Регулярные контакты необходимы для определения общих целей, методологии и стратегии совместной работы, а также для обмена опытом и мобильного освоения инновационных методов и форм деятельности.

Важными измеряемыми результатами интегративного взаимодействия вузов являются результаты совместно выполняемых научных исследований, инженерно-технических разработок и междисциплинарных проектов. Развитие взаимодействия научно-педагогических коллективов вузов, реализующих образовательные программы по идентичным направлениям профессиональной подготовки, создает перспективы для использования «сетевой» формы обучения студентов и повышения квалификации преподавателей. Эффективным современным средством координации совместной деятельности субъектов охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности являются регулярные симпозиумы, конференции и совещания представителей органов государственного управления, сферы фундаментальной науки, органов надзора, высших учебных заведений и других субъектов, ответственных за решение обсуждаемых в настоящей статье проблем, имеющих принципиальное значение для подготовки

компетентных инженеров и обеспечения устойчивого развития общества [4,5].

В период с 30 сентября по 6 октября 2013 г. на базе МГТУ им. Н.Э. Баумана состоялось 5-е Всероссийское совещание заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды. В течение недели интенсивной работы совещания его участники ознакомились с опытом профессиональной подготовки бакалавров, магистров и специалистов по разным профилям направления «Техносферная безопасность». В работе совещания приняли участие представители академической общественности отечественных вузов, расположенных во многих регионах страны, а также представители Минобрнауки и Минтруда России, Комитета по образованию Госдумы России, Ростехнадзора, Российской академии наук. Участники совещания имели возможность посетить десять столичных вузов, реализующих подготовку студентов по образовательным программам направления «Техносферная безопасность» [6].

Посещение Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) с целью изучения опыта подготовки бакалавров по профилю «Инженерная защита окружающей среды» и «Транспортная безопасность» было организовано 1 октября — во второй день работы совещания. В процессе совместной работы преподавателей МАДИ и гостей университета, организованной во время совещания в помещениях кафедры «Техносферная безопасность», было обеспечено всестороннее ознакомление с учебными, учебно-исследовательскими и научными лабораториями кафедры, с содержанием выполняемых научно-технических проектов, с сущностью инновационных научно-педагогических достижений, с содержанием междисциплинарной деятельности коллектива кафедры, с комплексом новейшего современного оборудования и специализированных компьютерных программ, а также с содержанием перспективных разработок и методологических подходов к их выполнению. Особое внимание было уделено межкафедральной и межвузовской активности коллектива кафедры, вопросам развития основанной на кафедре и имеющей в настоящее время международный авторитет научной школы техносферной безопасности, научно-педагогическим подходам к осуществлению образовательного процесса.

### **3. Научные подходы, организационные и психолого-педагогические принципы, условия подготовки инженеров**

При профессиональной подготовке кадров к решению современных проблем техносферной безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном

хозяйстве на базе реализуемых в МАДИ уровневых образовательных программ по направлению «Техносферная безопасность» преподавательский коллектив выпускающей кафедры использует полипарадигмальный подход, основанный на идее множественности сущностей, условий, факторов и процессов, интегрирующий возможности компетентностного, контекстного, проблемного, проектного, студентоцентрированного и других современных подходов. Среди них особое место занимает проектно-целевой подход [7].

Проектно-целевой подход отвечает сущности инженерной и педагогической деятельности, обеспечивает перспективные возможности для совершенствования механизма управления процессами интеграции образования, науки и производства. Он позволяет прогнозировать высокую эффективность при управлении совместно выполняемыми вузами, работодателями и государственными органами практико-ориентированными проектами по повышению качества инженерного образования. Использование преподавателями этого подхода свидетельствует об их базовых ценностях и открытости коллектива кафедры для новых взглядов на решение проблем управления процессом подготовки студентов МАДИ к решению актуальных проблем техносферной безопасности в области автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.

Сущность используемых научно-педагогических подходов раскрывается в системе принципов, которыми руководствуются преподаватели в своей педагогической деятельности. К числу главных принципов научно-педагогической деятельности преподавателей кафедры относятся:

- принцип единства теории и практики;
- принцип взаимной дополняемости лучших традиций и перспективных инноваций;
- принцип единства научно-предметных и педагогических исследований;
- принцип интеграции образования, науки, производства и бизнеса;
- принцип мобильного внедрения в образовательный процесс новых профессионально значимых научных результатов;
- принцип направленности на конкретные измеряемые результаты;
- принцип непрерывности процессов изучения, анализа и учета динамики развития автомобильно-дорожного сектора отечественной экономики;
- принцип прогнозирования перспективных потребностей и требований работодателей;
- принцип непрерывного повышения квалификации и повышения уровня научно-педагогической компетентности преподавателей.

Эффективность реализуемых коллективом кафедры образовательных процессов, осуществляемых на основе педагогических моделей, которые разработаны с учетом отмеченных подходов и принципов, обеспечивается наличием следующих организационных и психолого-педагогических условий:

- организация научного и педагогического взаимодействия с коллективами кафедр техносферной безопасности, созданными в различных отечественных вузах;
- организация и проведение на базе МАДИ международных, межвузовских и внутривузовских конференций и семинаров по проблемам техносферной безопасности в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства;
- обеспечение научно-профессионального взаимодействия с предприятиями автомобильно-дорожной отрасли экономики;
- обеспечение системности фундаментальных и прикладных исследований в области образовательной и научной деятельности преподавателей кафедры;
- развитие публикационной активности кафедры — индикатора интенсификации процессов самореализации;
- обеспечение на кафедре психолого-педагогического климата, способствующего творческой самореализации всех членов педагогического коллектива;
- повышение роли инженерной педагогики в организации образовательного процесса и в управлении качеством его результатов [8,9];
- формирование уникальной научно-образовательной среды кафедры в качестве подсистемы социально-культурного пространства МАДИ, стимулирующего развитие уникальных индивидуальных способностей и коллективное творческое взаимодействие [10];
- поддержка перспективных инновационных процессов на кафедре;
- стремление к созданию уникальных продуктов коллективной творческой деятельности в составе межвузовских коллективов.

#### **4. Проекты образовательных программ для сферы безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве**

Разработанные преподавателями кафедры «Техносферная безопасность» МАДИ проекты государственных стандартов для разных уровней непрерывного образования в сфере безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве — это уникальный инновационный продукт интеллектуальной и творческой деятельности команды

профессионалов. Решение проблем безопасности на транспорте имеет принципиальное значение для обеспечения обороноспособности, инновационного экономического развития и повышения качества жизни граждан. Неоспоримые факты свидетельствуют о том, что состояние безопасности на транспорте, и особенно на отечественном автомобильном транспорте, ежегодно ухудшается. Тем не менее до настоящего времени в России не осуществлялась профильная подготовка специалистов, бакалавров и магистров транспортной безопасности в системах среднего и высшего образования. Соответствующие профессии отсутствовали.

Указ Президента РФ «О создании комплексной системы обеспечения безопасности на транспорте» был издан 31 марта 2010 г. [11]. В Министерстве транспорта РФ была утверждена Концепция Программы комплексной системы обеспечения безопасности на транспорте.

Государственная Концепция обеспечения транспортной безопасности является основным (исходным) государственным документом, определяющим содержание государственной политики в области обеспечения транспортной безопасности и программу ее реализации, формирующим и приводящим в действие механизмы исполнения. В июле 2010 г. правительством РФ была принята Комплексная программа обеспечения безопасности населения на транспорте на 2010–2013 гг. [12]. В Комплексной Программе предусмотрено, что одним из основных элементов создаваемой комплексной системы станет система профессиональной подготовки специалистов в области обеспечения транспортной безопасности. Неотъемлемым компонентом ее структуры должна стать система непрерывной профессиональной подготовки выпускников образовательных программ по транспортной безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве, реализуемых в учреждениях среднего, высшего и дополнительного профессионального образования (СПО, ВПО и ДПО).

Созданию такой системы препятствовали отсутствие соответствующих государственных и профессиональных стандартов и научно обоснованной концепции создания системы, научно-методологического базиса и методического обеспечения, необходимых для проектирования и реализации педагогических процессов, обеспечивающих непрерывность уровневой подготовки специалистов по техносферной безопасности в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства. Высокий уровень отечественной инженерно-педагогической науки, многолетний успешный опыт реализации в МАДИ ноcологической подготовки студентов и специалистов, осуществляемой в условиях ее интеграции с наукой, развиваю-

щейся на кафедре техносферной безопасности МАДИ [10,13], а также наличие государственной поддержки научно-педагогический коллектив кафедры признал объективными предпосылками для разработки проектов государственных стандартов уровневой профессиональной подготовки по транспортной безопасности с учетом специфики автомобильного транспорта и дорожного хозяйства.

Разработка проектов государственных стандартов и образовательных программ для разных уровней непрерывного образования в сфере безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве была успешно выполнена. Научно-педагогическим коллективом кафедры «Техносферная безопасность» МАДИ в активном взаимодействии с рядом ведущих вузов, в частности с МГТУ им. Н.Э. Баумана, и учебно-методическим объединением вузов России по университетскому политехническому образованию были разработаны:

- образовательная программа подготовки бакалавров по профилю «Транспортная безопасность (АТ и ДХ)» направления подготовки 20.03.01 — «Техносферная безопасность», с учётом специфики АТ и ДХ;
- образовательная программа «Транспортная безопасность (АТ и ДХ)» подготовки магистров в рамках направлению 20.04.01 — «Техносферная безопасность»;
- ФГОС СПО базовой подготовки по специальности «Транспортная безопасность (АТ и ДХ)»;
- образовательная программа углубленной подготовки по специальности «Транспортная безопасность (АТ и ДХ)» для среднего профессионального образования.

Целесообразность осуществления уровневой подготовки кадров в рамках направления «Техносферная безопасность» с учётом специфики разных видов транспорта соответствует современным требованиям. Востребованность такой подготовки подтверждают конкретные данные, полученные в ходе специального статистического исследования потребности отечественного рынка труда в подобных кадрах.

#### **Концепция и проектирование непрерывной подготовки кадров по транспортной безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве**

Разработка «Концепции непрерывного образования в сфере безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве» была разработана научно-педагогическим коллективом кафедры «Техносферная безопасность» МАДИ. Концепция стала основополагающим документом, объединившим ведущие идеи и теоретико-методологический базис, которые необходимы для проектирования педагогической системы непрерывной профессиональной

подготовки, осуществляемой в контексте ее интеграции с развивающейся в МАДИ наукой и реализуемой на предприятиях автомобильно-дорожного комплекса профессиональной практикой [14].

Основная концептуальная идея состоит в том, что на современном этапе непрерывного профессионального образования в сфере безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве становится закономерной необходимостью перехода от комплексности к системной целостности интеграционного взаимодействия образования, науки и профессиональной сферы деятельности. Гносеологическим критерием такой целостности выступает уровень их взаимоопределения, взаимного изменения содержания и взаимного развития, направленного на возникновение общего результата и общего качества. Становление системной целостности трехкомпонентной системы обеспечения безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве, включающей подсистемы непрерывного образования, науки «ноксология» [15,16] и многоуровневой профессиональной деятельности, определяется уровнем взаимодействия образования с подсистемами науки и профессиональной деятельности. Непрерывная подготовка профессионала в сфере обеспечения безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве на основе интеграции профессионального образования, ноксологической науки [17,18] и профессиональной сферы деятельности означает непрерывное профессиональное развитие его личности, обусловленное высоким уровнем профессионализма научно-педагогических кадров, инновационными технологиями активного обучения и воспитания, самостоятельной учебной и научно-исследовательской активностью, обеспечивающее повышение уровня профессиональной компетентности и конкурентоспособность на современном рынке профессионального труда. Формирование профессиональной компетентности будущих выпускников образовательных программ в сфере безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве должно быть системно ориентированным и стать приоритетом согласованной образовательной деятельности научно-педагогических кадров университета и субъектов профессиональной деятельности, осуществляемой на основе полипарадигмального подхода (интегрирует системный, компетентностный, контекстный, аксиологический, акмеологический, студентоцентрированный и проектно-целевой подходы). Повышению уровня общекультурных, профессиональных и специализированных профильных компетенций субъектов непрерывного профессионального образования должно способствовать использование инновационной системы электронных

учебно-методических комплексов — эффективного средства обеспечения целостности индивидуально ориентированной профессиональной подготовки и самоподготовки.

Для разработки основных образовательных программ (ООП) высшего образования (ВО) подготовки бакалавров и магистров по транспортной безопасности для автомобильного транспорта (АТ) и дорожного хозяйства (ДХ) выполнено специальное исследование, в процессе которого осуществлена идентификация нового профиля подготовки с учётом особенностей обеспечения транспортной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры (ОТИ) и транспортных средствах (ТС) АТ и ДХ. При выполнении этой работы были уточнены области, объекты, виды и задачи профессиональной деятельности, а также сформулированы профильно-специализированные компетенции бакалавров и магистров.

Выявленные идентификационные признаки профиля «Транспортная безопасность» (АТ и ДХ) стали основой моделей бакалавра и магистра транспортной безопасности, содержащих системную информацию об объектах их деятельности, решаемых ими типовых и «опережающих» профессиональных задачах и используемых при этом видах деятельности, а также об общекультурных, профессиональных профильно-специализированных компетенциях и принципиально важных профессионально-личностных качествах.

Моделирование и проектирование профессиональной подготовки будущих бакалавров и магистров транспортной безопасности в условиях вуза осуществлялось в соответствии с моделями бакалавра и магистра, ориентирующими педагогический коллектив на обеспечение в учебном процессе контекста их будущей реальной профессиональной деятельности [14]. Формирование основных образовательных программ и учебных планов подготовки бакалавров и магистров осуществлялось с учётом государственных и профессиональных требований. При выполнении этой работы были определены учебные модули/дисциплины, обеспечивающие формирование профильных компетенций. Конкретизация содержания образовательных программ для будущих бакалавров и магистров осуществлялась с ориентацией на конкретные цели и задачи каждого уровня подготовки. При этом определялись рамки содержания профессиональной подготовки по каждому уровню, предусматривалась преемственность уровней по компетенциям и, соответственно, по содержанию подготовки, анализировались и учитывались различия в содержании профессиональной деятельности бакалавров и магистров, а также в сферах их профессиональной ответственности. Структури-

рование содержания уровневых образовательных программ осуществлялось с учетом принципов обеспечения междисциплинарных связей и межуровневой преемственности; интеграции в целостную образовательную программу непрерывного уровня образования; взаимосвязей методических принципов профессиональной подготовки и интегрированности педагогических технологий (методов, форм и средств педагогического взаимодействия).

В структуру разработанных уровневых образовательных программ были встроены учебные планы, представленные как в дисциплинарном, так и в компетентностном форматах. Дисциплинарный и компетентностный учебные планы позволили визуализировать последовательное формирование у студентов целевых компетенций при изучении ими понятийно и компетентностно связанных между собой учебных дисциплин/модулей. В учебном плане подготовки бакалавров по новому профилю удалось в полном объеме сохранить дисциплины общетеоретической подготовки (математика, физика, химия, информатика, экология, механика, инженерная графика) и увеличить общее количество изучаемых дисциплин при сохранении требуемой трудоемкости за счет широкого использования активных форм и методов обучения (деловые игры, разбор ситуационных задач и др.), обеспечить индивидуальный график подготовки каждого студента с учетом его индивидуальных предпочтений и возможностей.

## 5. Заключение

В процессе комплексного исследования достигнуты следующие результаты:

- разработаны общие концептуальные подходы к созданию системы профессиональной подготовки специалистов в области обеспечения транспортной безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве;
- разработаны учебные планы и программы непрерывной профессиональной подготовки на базе интеграции образовательных и професси-

ональных стандартов нооксологической направленности;

- предложена системная оценка профессионализма, интегрирующая качественные и количественные составляющие — основные личностные профессионально значимые качества (внутренние побудительные стимулы, обеспечивающие высокую продуктивность и стабильность деятельности, активное саморазвитие, стремление к реализации творческого потенциала), сформированные компетенции и квалификации, которые выявляются в процессе выполнения междисциплинарных тестовых заданий;
- обоснованы требования к системе результатов уровневой профессиональной подготовки в области обеспечения транспортной безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве;
- обоснованы требования к организационно-педагогическим условиям, необходимым для обеспечения отвечающей государственным и профессиональным стандартам качества уровневой профессиональной подготовки к обеспечению безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве;
- обеспечено соответствие содержания учебных планов и программ достижению цели формирования в четко определенные сроки целостной системы компетенций, необходимых для будущей профессиональной деятельности;
- сформирован коллектив высокопрофессиональных преподавателей, имеющих большой научно-методический и практический опыт, занимающихся научными исследованиями в области транспортной безопасности на АТ и в ДХ;
- в учебный процесс внедрены современные педагогические технологии;
- на основе научных подходов и с учетом международных требований для АТ и ДХ разработана структура и содержание методических и обучающих материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О новом перечне специальностей и направлений высшего образования // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 4. — С. 79–80.
2. Александров А.А., Девисилов В.А., Симакова Е.Н. Проекты федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению «Техносферная безопасность» // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 4. — С. 49–70.
3. Александров А.А., Девисилов В.А., Галямина И.Г. Проект федерального государственного образовательного стандарта подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению «Техносферная безопасность» // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 5. — С. 72–78.
4. Приходько В.М. Особенности подготовки современного преподавателя инженерного вуза // Высшее образование в России. — 2013. — № 12. — С. 45–50.
5. Сазонова З.С. Современные вызовы инженерному образованию и поиск адекватных ответов на них // Известия БГАРФ. — 2013. — № 3 (25). — С. 97–106.
6. Решение Пятого Всероссийского совещания заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в

- области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 5. — С. 79–80.
7. Голышев И.Г. Технологические аспекты проектно-целевого подхода к управлению региональной системой профессионального образования // Казанский педагогический журнал. — 2010. — № 1–2. — С. 25–31.
  8. Приходько В.М., Сазонова З.С. Инженерная педагогика: становление, развитие, перспективы // Высшее образование в России. — 2007. — № 1. — С. 10–25.
  9. Трофименко Ю.В., Сазонова З.С., Федюкина Т.В. Роль инженерной педагогики в решении проблем техносферной безопасности на автомобильном транспорте и в дорожном хозяйстве // Высшее образование в России. — 2013. — № 11. — С. 98–103.
  10. Трофименко Ю.В., Сазонова З.С., Федюкина Т.В. Формирование научно-образовательной среды при подготовке бакалавров по инженерной экологии для транспортно-дорожного комплекса // Известия БГАРФ: психолого-педагогические науки (теория и методика профессионального образования). 2013. — № 3 (25). — С. 96–102.
  11. Указ Президента РФ от 31 марта 2010 г. № 403 «О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте». [www.rg.ru/2010/04/05/bezoran-transport-dok.html](http://www.rg.ru/2010/04/05/bezoran-transport-dok.html).
  12. Комплексная программа обеспечения безопасности населения на транспорте на 2010 — 2013 гг.: утв. распоряжением Правительства РФ от 30.06.2010 г. № 1285-р. [www.rg.ru/2010/11/11/bezopasnost-site-dok.html](http://www.rg.ru/2010/11/11/bezopasnost-site-dok.html).
  13. Отчет о научно-исследовательской работе (шифр темы 109121010004) № госрегистрации И121206190621/ МАДИ, 2012, 149 с.
  14. Трофименко Ю.В., Евстигнеева Н.А., Девисилов В.А. Методические вопросы построения многоуровневой системы подготовки кадров по транспортной безопасности // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 3. — С. 75–79.
  15. Девисилов В.А. Системное ноксологическое образование как фактор обеспечения безопасности в обществе риска // Безопасность труда в промышленности. — 2010. — № 5. С. 55–61.
  16. Девисилов В.А. Ноксологические аспекты гуманизации образования // Высшее образование в России. — 2011. — № 1. — С. 129–132.
  17. Девисилов В.А. Теоретические основы ноксологического образования // Стандарты и мониторинг в образовании. — 2010. — № 3. — С. 16–21.
  18. Девисилов В.А., Кубрушко П.Ф. Ноксологическое образование в контексте гуманизации и гуманитаризации профессионального обучения в высшей школе // Безопасность в техносфере. — 2011. — № 1. — С. 59–64.

## Engineers Training for Solution of Problems related to Security in Technosphere

**Yu.V. Trofimenko**, Head of Chair, Doctor of Engineering, Professor, The Moscow State Automobile & Road Technical University – MADI

**Z.S. Sazonova**, Doctor of Pedagogy, Professor, The Moscow State Automobile & Road Technical University – MADI

**T.V. Fedjukina**, assistant, The Moscow State Automobile & Road Technical University – MADI

*Technosphere's security problems solution in the context of continuous growth of technosphere objects number is imperative for life safety and environment protection. In the present paper organizational and psychological-pedagogical conditions for engineers' professional training related to technosphere's security problems solution are discussed. An experience acquired in this area at the Moscow State Automobile & Road Technical University – MADI is analyzed.*

**Keywords:** technosphere security; engineers' professional training; engineering pedagogy; process management; organizational and psychological-pedagogical conditions.

### Авторам!

Редакция вводит новую рубрику «Аналитический обзор». Объем материала обзора до 40 000 печ. знаков (10–14 журнальных полос, включая рисунки и графики). Аналитический обзор — это научный обзор современного состояния мировых и отечественных исследований по узкой теме в рамках проблематики журнала.

Обзор должен быть хорошо структурирован, содержать обоснованные ссылки на отечественные и зарубежные источники последних лет (30–35 лит. источников), анализ состояния исследований. Материал должен быть подготовлен в соответствии с редакционными требованиями к оформлению текста, рисунков и графиков (для заимствованных рисунков в подрисуночных подписях обязательно ссылки на источник).

Авторами обзоров могут быть известные специалисты и ученые в области тематики обзора. К обзору прилагаются сведения об авторе со списком основных научных публикаций по вопросам, рассматриваемым в обзоре.

# Рейтинги российских научных журналов, специализирующихся на проблемах безопасности, защиты окружающей среды и экологии<sup>1</sup>

**В.А. Девисилов**, доцент, канд. техн. наук

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

e-mail: devisilov@bmstu.ru, magbvt@list.ru

## Ключевые слова:

научные журналы, индекс цитирования, рейтинг журналов, импакт-фактор, безопасность, экология, защита окружающей среды, научная электронная библиотека, российский индекс научного цитирования.

*Рассмотрены методики расчета индекса цитирования Science Index и импакт-факторов российских журналов с тематической ориентацией на проблемы безопасности, защиты окружающей среды и экологии. Выполнен анализ рейтинга основных российских журналов по указанной тематике. Обозначены основные проблемы российской научной периодики.*

## 1. Введение

В последнее время вопрос о качестве отечественных научных исследований, в частности диссертационных, о рейтинге российских научных организаций и вузов активно обсуждается научной общественностью. Вопрос стал особенно актуальным после ряда «диссертационных скандалов» и Указа Президента России от 7 мая 2012 г. № 599 об обеспечении вхождения к 2020 году не менее пяти российских университетов в первую сотню ведущих мировых университетов согласно мировому рейтингу. Информация о международном рейтинге университетов и научных организаций была представлена на страницах журнала [1]. К основным показателям рейтинга относятся общее число опубликованных научных работ, средний импакт-фактор журналов, где опубликованы научные работы организации, приведенный к среднемировому, число научных работ, опубликованных в самых авторитетных журналах, число работ, опубликованных в изданиях, входящих в десятку наиболее цитируемых в мире по научным областям. Количество научных публикаций и их цитирование стало одним из критериев оценки деятельности вузов и научных организаций, которую осуществляет Минобрнауки России.

Поэтому в последнее время в вузах России уделяется повышенное внимание к количеству научных публикаций сотрудников, индексу их цитирования.

Часто количество публикаций и цитирования, индекс Хирша [2] сотрудников является одним из критериев конкурсного отбора на преподавательскую или научную должность.

В соответствии с пунктом 12 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», в Минобрнауке России разработан проект Правил формирования перечня рецензируемых изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций. По проекту приказа о введении Правил Департаменту аттестации научных и научно-педагогических работников поручается в срок до 31 декабря 2014 г. в соответствии с Правилами и на основе рекомендаций Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауке России обеспечить формирование перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций.

7.02.2014 г. закончена независимая антикоррупционная экспертиза доработанного проекта Правил. Однако на момент написания статьи Правила и приказ об их введении не подписан. До введения нового Перечня журналов ВАК используется ныне действующий перечень, в который на настоящий момент включено 2269 журналов.

<sup>1</sup> При подготовке статьи использовались данные Научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).

По поводу ведения Перечня журналов ВАК существуют неоднозначные мнения. Одни вообще критикуют наличие Перечня, который ущемляет возможности журналов, усложняют открытие и становление новых периодических изданий, ставят журналы в неравное положение, другие — активно поддерживают его существования, считая, что Перечень слишком обширен. Перечень был введен как временная мера, способствующая повышению качества диссертационных исследований, хотя, безусловно, это прерогатива диссертационных советов и экспертных советов Высшей аттестационной комиссии. Но, как известно, ничего не бывает более постоянного, чем временное. Как указано в проекте Правил, «Перечень формируется с целью повышения качества диссертационных исследований путем развития механизма общественного обсуждения их научных результатов».

Поэтому рассмотрим кратко рейтинги российских научных журналов, имеющих тематическую ориентацию на безопасность, защиту окружающей среды и экологию. Хотя, конечно, существуют мультидисциплинарные журналы, в которых публикуются статьи данной тематики. Основными показателями рейтинга для российских научных журналов в настоящее время являются показатель Science Index и импакт-фактор, который рассчитывается Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

## 2. Расчет показателя научного журнала в рейтинге Science Index

Интегральный показатель журнала Science Index используется при построении рейтинга российских научных журналов и рассчитывается по определенной методике.

За основу расчетов берется количество цитирований, полученных статьями из журнала за предыдущие 5 лет, в течение года, для которого показатель рассчитывается. Например, при расчете показателя за 2012 год за основу берется суммарное число ссылок, сделанных в 2012 году на статьи, опубликованные в журнале за 2007–2011 годы. Расширенное с двух до пяти лет окно цитирования позволяет несколько уменьшить различия в хронологическом распределении ссылок для журналов различных тематических направлений. При этом журналы, которые начали издаваться ранее, получают преимущества.

Показатель не нормируется на количество статей, опубликованных в журнале в течение расчетного периода, как это делается, например, при расчете импакт-фактора. Science Index отражает не среднее количество цитирований, полученных одной статьей, а совокупный объем цитирований всех статей в журнале, то есть вклад данного журнала в общую массу цитирований, сделанных в течение года. Таким

образом, при равном среднем уровне цитирования публикаций преимущество получают более крупные журналы. Выбор в качестве основного оценочного показателя общего количества цитирований журнала позволяет рассчитать этот показатель в том числе и для журналов, не обрабатываемых или не полностью представленных в РИНЦ, в отличие от импакт-фактора, для расчета которого необходимо знать точное количество статей, опубликованных в журнале в течение периода, для которого он рассчитывается.

Показатель Science Index рассчитывается только для российских научных журналов, выходящих на русском языке, или российских журналов, выходящих сразу на английском языке и не имеющих оригинальной русскоязычной версии. Не рассматриваются реферативные журналы и журналы, не выходящие в настоящее время.

Расчет показателя Science Index осуществляется в **две стадии**. На первой стадии для совокупности статей из журнала, опубликованных в течение последних 7 лет, определяется список статей в других журналах, процитировавших их в течение этого же периода. Затем для массива этих цитирующих статей определяется медианное значение количества ссылок в списке цитируемой литературы на журналы, обрабатываемые в РИНЦ (так называемый «**потенциал цитирования**»). Эта величина показывает, сколько ссылок в среднем имеют цитирующие данный журнал статьи.

Полученные значения потенциала цитирования далее нормируются путем деления на медианное значение потенциала цитирования по всей совокупности журналов в РИНЦ. Затем количество цитирований для каждого журнала корректируется путем деления на рассчитанный таким образом нормированный потенциал цитирования.

Этот подход позволяет автоматически учесть специфику цитирования в том кластере журналов, к которому относится оцениваемый журнал. Причем учитываются не только тематические различия, но и другие факторы, влияющие на практику цитирования в конкретной референтной группе журналов. Референтная группа, к которой относится данный журнал, определяется для каждого журнала индивидуально — туда включаются журналы, процитировавшие данный в течение расчетного периода. Это позволяет учитывать специфику цитирования не только для узкоспециализированных журналов, но и для мультидисциплинарных.

Среднее число ссылок в расчете на одну цитируемую данный журнал статью зависит от того, насколько хорошо охвачено данное направление в базе данных РИНЦ. Например, если в базе данных более полно представлены журналы по экономике, чем по безопасности, то даже при одинаковом среднем количестве ссылок в статье экономические журналы

будут иметь преимущество, поскольку часть ссылок на статьи по безопасности, сделанных из необрабатываемых в РИНЦ журналов, будет потеряна. Чтобы компенсировать в какой-то степени возможную неравномерность наполнения базы данных по различным научным направлениям, при расчете потенциала цитирования учитываются только ссылки на журналы, представленные в базе данных РИНЦ.

При расчете потенциала цитирования не учитываются ссылки на монографии, материалы конференций, патенты, сборники статей и другие типы научных публикаций. Это позволяет несколько сгладить различия между естественными науками и гуманитарными, где доля ссылок на публикации в нежурнальных источниках, как правило, выше. Также не учитываются ссылки, сделанные из этого же журнала, что устраняет влияние самоцитирований на определение потенциала цитирования для журнала.

Таким образом, рассчитанный на *первой стадии* показатель журнала, по сути, представляет собой количество ссылок в расчетном году, сделанных из других журналов на статьи в данном журнале за 5 предыдущих лет, скорректированное с учетом особенностей цитирования в референтной группе данного журнала. *Следующая стадия* — учет авторитетности источника ссылки и уровня самоцитирования журнала. В качестве мерила авторитетности источника цитирования используются уже рассчитанные на первой стадии показатели журналов. Предварительно эти показатели нормируются относительно медианного значения. Полученные относительные значения показателей цитируемых журналов используются в качестве весовых коэффициентов при расчете суммарного цитирования журнала. Таким образом, ссылки, пришедшие из журналов с высоким показателем, получают больший вес, чем ссылки из малоцитируемых журналов.

При расчете взвешенного с учетом авторитетности источника количества цитирований журнала ссылки из этого же журнала (самоцитирования) обрабатываются отдельно. Для этих ссылок вводится дополнительный весовой коэффициент, который зависит от коэффициента самоцитирования журнала, то есть от отношения числа самоцитирований журнала к общему числу цитирований журнала. Чем меньше коэффициент самоцитирования журнала, тем ценнее ссылки, полученные журналом из этого же журнала.

Наконец, на *последней стадии* рассчитанное с учетом авторитетности источника количество цитирований журнала делится на определенное ранее значение нормированного потенциала цитирования для данного журнала. *Полученное в результате значение используется в качестве интегрального показателя при построении рейтинга российских научных журналов в системе Science Index.*

### 3. Расчет импакт-фактор журнала в РИНЦ

Импакт-фактор в РИНЦ рассчитывается только для российских научных журналов, выходящих на русском языке, или российских журналов, выходящих сразу на английском языке и не имеющих оригинальной русскоязычной версии. Не рассматриваются реферативные журналы и журналы, не выходящие в настоящее время.

Импакт-фактор рассчитывается на основе данных о цитировании журнала в РИНЦ за предыдущие два года (**двухлетний импакт-фактор**) или пять лет (**пятiletний импакт-фактор**). При этом данные о цитировании берутся из публикаций года, для которого рассчитывается импакт-фактор. При расчете импакт-фактора число ссылок, сделанных в расчетном году из всех обрабатываемых в РИНЦ журналов на статьи, опубликованные в данном журнале за предыдущие два года (или пять лет), делится на общее число этих статей. По сути, данный показатель отражает среднее число цитирований одной статьи в журнале. Например, при расчете пятилетнего импакт-фактора за 2012 год суммарное число ссылок, сделанных в 2012 году на статьи, опубликованные в журнале в период с 2007 по 2011 год включительно, делится на общее число статей, опубликованных в выпусках предыдущих пяти лет.

Необходимым условием для расчета двухлетнего импакт-фактора является наличие в РИНЦ всех выпусков журнала за три года (год расчета импакт-фактора плюс два предыдущих года). При расчете пятилетнего импакт-фактора допускаются пропуски отдельных выпусков журнала. В этом случае число статей в этих выпусках принимается равным среднему числу статей в выпусках журнала, представленных в РИНЦ.

При расчете импакт-фактора журнала учитываются только научные статьи, обзорные статьи и краткие сообщения (это относится как к цитирующим, так и к цитируемым статьям). Кроме того, не учитываются публикации, у которых нет авторов. Если журнал переименовывался в течение последних лет или имело место слияние нескольких журналов в один или, наоборот, расщепление журнала на отдельные серии, то учитывается суммарное количество цитирований данного журнала и его предыдущей версии. Если журнал имеет переводную английскую версию, то учитывается суммарное количество цитирований оригинальной русскоязычной и переводной версии. В случае цитирования из российского журнала, имеющего переводную версию на английском языке, которая также представлена в РИНЦ, засчитывается только ссылка из оригинальной статьи на русском языке. Это позволяет избежать дублирования ссылок из оригинальной статьи и ее переводной версии.

База данных РИНЦ постоянно растет и пополняется как новыми журналами, так и новыми выпусками уже обрабатываемых журналов, в том числе

архивными. Чтобы учесть эти обновления, импакт-факторы и Science Index журналов периодически пересчитываются и, соответственно, могут несколько меняться со временем. В таблице 1 представлены последние показатели журналов за 2012 г. (по состоянию на 14.02.2014 г.)

#### 4. Анализ и проблемы

*Анализ.* Анализ данных таблицы показывает, что журналов указанной тематической направленности, включенных в РИНЦ, не много. Не все они одинаковы по своей структуре и узкой тематической направленности (она указана в столбце 2 таблицы). Кроме того, одни

журналы в большей степени ориентированны на практические разработки, другие — на научные исследования, третьи сочетают то и другое и носят комплексный характер. Курсивом выделены журналы, близкие по своей структуре и содержанию и рассматривающие комплексно проблемы безопасности, что, как представляется автору, очень важно, так как только совместное рассмотрение всех факторов, влияющих на безопасность, может дать синергетический эффект. В столбцах 3–6 указаны места журналов по рубрикации ГРНТИ, в которые РИНЦ включил журналы. Отсутствие места журнала в какой-либо из рубрик не означает, что в журнале не публикуются статьи по данной тематике. Это

Таблица 1

Показатели российских журналов, специализирующихся на безопасности жизнедеятельности, защите окружающей среды и экологии по состоянию на 2012 ( по данным РИНЦ)

| Позиция в общем рейтинге | Наименование журнала                                 | Тематика  | Место журнала в рейтинге Science Index за 2012 г. |                                  | Тематика РИНЦ по рубрикации ГРНТИ   |  |              |            |            |
|--------------------------|--|---|---|----------------------------------|---|--|--------------|------------|------------|
|                          |  |   | Общий рейтинг                                     | Импакт-фактор журнала за 2012 г. | Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства | Охрана окружающей среды. Экология человека | Охрана труда | Двухлетний | Пятилетний |
| 1                        | Экология и промышленность России                     | Промышленная экология   | 109   | –                                | 1   | –  | 0,470        | 0,332      |            |
| 2                        | Экология   | Общая экология  | 170   | –                                | 2   | –  | 0,412        | 0,772      |            |
| 3                        | Проблемы региональной экологии                       | Экология  | 244   | –                                | 3   | –  | 0,181        | 0,161      |            |
| 4                        | Экология человека                                    | Биологическая и общая экология  | 305   | –                                | 5   | –  | 0,352        | 0,329      |            |
| 5                        | Альтернативная энергетика и экология                 | Промышленная экология   | 354   | –                                | 7   | –  | 0,275        | 0,225      |            |
| 6                        | Сибирский экологический журнал                       | Общая экология  | 363   | –                                | 8   | –  | 0,265        | 0,352      |            |
| 7                        | Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе     | Отраслевые аспекты защиты окружающей среды  | 456   | –                                | 9   | –  | 0,200        | 0,163      |            |
| 8                        | <i>Безопасность в техносфере</i>                     | <i>Комплексные проблемы безопасности: промышленной, экологической, производственной, в чрезвычайных ситуациях</i> | 495   | 10                               | 11  | –  | 0,426        | 0,317      |            |
| 9                        | <i>Безопасность труда в промышленности</i>           | <i>Промышленная и производственная безопасность</i>   | 605   | –                                | –   | 1  | 0,255        | 0,176      |            |
| 10                       | Пожаровзрывобезопасность                             | Пожарная безопасность   | 629   | 15                               | –   | –  | 0,522        | 0,495      |            |
| 11                       | Экологические системы и приборы                      | Промышленная экология   | 680   | –                                | 12  | –  | –            | 0,163      |            |
| 12                       | <i>Безопасность жизнедеятельности</i>                | <i>Комплексные проблемы безопасности: промышленной, экологической, производственной, в чрезвычайных ситуациях</i> | 753   | 19                               | –   | –  | 0,184        | 0,167      |            |
| 13                       | Экология урбанизированных территорий                 | Экология  | 765   | –                                | 13  | –  | 0,187        | 0,180      |            |
| 14                       | Поволжский экологический журнал                      | Экология  | 837   | –                                | 14  | –  | 0,267        | 0,419      |            |
| 15                       | Теоретическая и прикладная экология                  | Общая экология  | 1070  | –                                | 16  | –  | 0,218        | 0,200      |            |
| 16                       | Здоровье населения и среда обитания                  | Медицинская экология  | 1130  | –                                | 17  | –  | 0,110        | 0,068      |            |
| 17                       | Пожарная безопасность                                | Пожарная безопасность   | 1145  | 22                               | –   | –  | 0,195        | 0,269      |            |
| 18                       | Экология промышленного производства                  | Промышленная экология   | 1162  | –                                | 18  | 2  | 0,297        | 0,209      |            |
| 19                       | Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений | Сейсмическая безопасность   | 1233  | –                                | –   | –  | 0,261        | 0,237      |            |

связано либо с тем, что редакция журнала не заявила его в этой рубрике, либо РИНЦ по неизвестным причинам не включила его в рубрику (или робот не сделал этого). Например, журнал «Безопасность в техносфере» публикует много статей по охране труда (в журнале используется более правильное название — безопасность труда), редакция заявляла эту рубрику, но журнал не включен в неё. Рубрика «Общие и комплексные проблемы...» включает много журналов, которые далеки от рассматриваемой тематики. Журналы расположены в таблице в соответствии с местами в общем рейтинге, который на данный момент рассчитан для 3620 журналов из 8552, представленных в Научной электронной

библиотеке, но не имеющих рейтинга из-за нулевого показателя Science Index.

*Проблемы.* При планируемом формировании нового Перечня журналов ВАК у ряда периодических изданий, особенно новых, могут возникнуть сложности. Кратко рассмотрим их.

Журналы, включенные в «международные системы цитирования, считаются включенными в перечень» (проект Правил). Международные системы цитирования рекомендуются ВАК. Пока полный перечень таких систем не известен. Включение в международные системы цитирования не просто, требует больших затрат на подготовку и значитель-

Окончание табл. 1

| Позиция в общем рейтинге | Наименование журнала   | Тематика   | Место журнала в рейтинге Science Index за 2012 г. |   | Импакт-фактор журнала за 2012 г.           |              |       |             |            |
|--------------------------|--|--|---|---|--|--------------|-------|-------------|------------|
|                          |  |  | Тематика РИНЦ по рубрике ГРНТИ                    |   |  |              |       | Двулетний   | Пятилетний |
|                          |  |  | Общий рейтинг                                     | Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства | Охрана окружающей среды. Экология человека | Охрана труда |       |             |            |
| 20                       | Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций  | Чрезвычайные ситуации  | 1258  | 25  | –  | –            | 0,188 | 0,184       |            |
| 21                       | Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях  | Медицина чрезвычайных ситуаций   | 1362  | 27  | –  | –            | 0,192 | 0,264       |            |
| 22                       | Управление рисками   | Рискология, менеджмент рисков  | 1464  | –   | –  | 3            | –     | 0,250       |            |
| 23                       | Проблемы управления рисками в техносфере   | Рискология, менеджмент рисков  | 1723  | 35  | –  | –            | –     | 0,050       |            |
| 24                       | Технологии гражданской защиты  | Защита в чрезвычайных ситуациях  | 1741  | 36  | –  | –            | –     | 0,261       |            |
| 25                       | Проблемы анализа риска   | Рискология   | 1802  | –   | –  | –            | 0,250 | 0,342       |            |
| 26                       | Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности   | Комплексные проблемы безопасности: промышленной, экологической, производственной, в чрезвычайных ситуациях | 1823  | –   | –  | 22           | –     | 0,107 0,029 |            |
| 27                       | Вестник национального исследовательского политехнического университета: Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности | Комплексные проблемы безопасности: промышленной, экологической, производственной, в чрезвычайных ситуациях | 1858  | –   | –  | –            | 0,538 | 0,538       |            |
| 28                       | Медицина катастроф   | Медицина чрезвычайных ситуаций   | 1869  | 38  | –  | –            | 0,252 | 0,183       |            |
| 29                       | Машиностроение и безопасность жизнедеятельности  | Комплексные проблемы безопасности: промышленной, экологической, производственной, в чрезвычайных ситуациях | 1876  | –   | –  | –            | 0,692 | 0,417       |            |
| 30                       | Энергобезопасность и энергосбережение  | Энергетическая безопасность  | 2277  | –   | –  | –            | 0,112 | 0,068       |            |
| 31                       | Биосфера   | Биологическая экология   | 2393  | –   | –  | 25           | –     | 0,045 0,078 |            |
| 32                       | Ядерная и радиационная безопасность  | Радиационная безопасность  | 2786  | –   | –  | 27           | –     | 0,123       |            |
| 33                       | Научные и образовательные проблемы гражданской защиты  | Безопасность в чрезвычайных ситуациях  | 3420  | 62  | –  | –            | 0,081 | 0,057       |            |
| 34                       | Известия Иркутского государственного университета.   | Науки о земле, общая экология  | 3569  | –   | –  | 31           | –     | 0,181 0,139 |            |

ного времени на включение. Российских журналов, включенных в международные системы цитирования, немного, в основном это академические журналы, которые издаются еще с советских времен. Для журналов, издаваемых недавно, ориентированных на развитие новых научных направлений, быстрое включение в международные базы цитирования проблематично.

«Рецензии на поступившие материалы хранятся в издательстве в течение 3 лет... По запросам копии рецензий представляются в Министерство» (проект Правил). Это правило должно действовать только после включения журнала в новый Перечень, ибо не все журналы сохранили архивы за 3 года. Причем во многих случаях общение между редакцией и рецензентом осуществляется по электронной почте без использования факсимильной подписи.

«Двухлетний импакт-фактор издания в системе РИНЦ не должен быть менее критериального значения, устанавливаемого ВАК с учетом особенностей отраслей науки» (проект Правил). Критериальные значения пока не известны. К какой отрасли науки отнести безопасность, а особенно журналы комплексного характера? Может быть, имеет смысл определиться с референтной группой журналов, в которой публикуются статьи по близким научным специальностям (см. 3 полосу обложки журнала).

## 5. Заключение

Безусловно, повышение рейтинга российских периодических научных изданий — важная задача, но её решение потребует значительного времени. Во

многом это определяется не только работой редакций журналов, но и уровнем научных исследований в стране, который определяет значимость и качество научных публикаций. Уровень научных исследований в стране зависит от многих факторов, но это не предмет данной статьи. При публикации в российском журнале приоритетных научных результатов журнал без особых усилий сможет приобрести вес в международном научном сообществе. К сожалению, практика последних лет такова, что ученый значимые и приоритетные научные результаты старается опубликовать в зарубежных журналах. Ведь во многих научных организациях и вузах сейчас установлена оплата за статьи, которая значительно больше для публикаций за рубежом, а сами такие публикации имеют большую значимость при избрании по конкурсу. Такая ситуация ставит российские научные журналы в ущербное положение по сравнению с иностранными изданиями, а это, безусловно, приводит к снижению их рейтинга, падению тиражей, существованию на грани выживания, если не находится спонсоров или финансирующих организаций. Часто журналы вынуждены вводить плату за публикацию (которая в зарубежных изданиях часто значительно выше, ведь опубликоваться там престижнее), чтобы издавать журнал, а это не всегда повышает качество публикаций.

Надеемся, что Минобрнауки России и ВАК при формировании нового Перечня учтут условия, в которых существует современная российская научная периодика. Иначе лучшие научные исследования будут публиковаться не у нас в стране.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Девисиллов В.А. Международный рейтинг университетов 2012/2013. Международный рейтинг научных организаций мира / Безопасность в техносфере. — 2012. — № 5. — С. 78–80.
2. Девисиллов В.А. Импакт-факторы журналов и индекс публикационной активности авторов / Безопасность в техносфере. — 2012. — № 4. — 68–72.

## Ratings of Russian Academic Periodicals Specializing on Problems of Safety, Environment Protection and Ecology

V.A. Devisilov, Associate Professor, Ph.D. of Engineering, Bauman Moscow State Technical University

*Methods related to calculation of Science Index citation and impact-factors of Russian academic periodicals with thematic orientation to problems of safety, environment protection and ecology have been considered. Analysis related to rating of main Russian academic periodicals on the specified subject has been performed. Main problems of Russian scientific periodical press have been designated.*

**Keywords:** academic periodicals, Science Index citation, periodicals' rating, impact-factor, safety, ecology, environment protection, scientific electronic library, Russian Science Index citation.

# Десятилетний юбилей конгрессов ELPIT: опыт, результаты, перспективы

**А.В. Васильев**, директор Института химии и инженерной экологии ТГУ, д-р техн. наук, профессор

Тольяттинский государственный университет (ТГУ)

e-mail: avassil62@mail.ru

## Ключевые слова:

конференция,  
конгресс,  
экология,  
безопасность жизнедеятельности.

*Описаны опыт и результаты проведения международных экологических конгрессов «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» ELPIT, ставших одним из крупнейших по своему масштабу научных мероприятий на территории России. Рассмотрены перспективы дальнейшего развития конгрессов ELPIT.*

## 1. Введение

В 2001 году был создан Тольяттинский государственный университет (ТГУ). Это было время новых масштабных инициатив. Возникла цель впервые провести в г. Тольятти масштабное мероприятие — международную конференцию в области экологии и безопасности жизнедеятельности. Хотелось организовать действительно крупную и международную конференцию с участием ведущих отечественных и зарубежных ученых и специалистов.

В то время трудно было представить, насколько много организационных проблем придется решить, какую огромную по масштабу подготовительную работу предстоит проделать. В этом мне как научному руководителю конференции и сопредседателю оргкомитета помогли аспиранты, сотрудники научно-исследовательской лаборатории. Большую поддержку в проведении конференции оказал первый ректор ТГУ *Сергей Фёдорович Жилкин*. Первая конференция была проведена в 2003 г. С тех пор конференция проводится раз в два года. В сентябре 2013 года конгресс (конференция) ELPIT отметил свой первый юбилей — десять лет с начала проведения. В статье анализируются опыт и результаты проведения конгрессов ELPIT, а также обсуждаются возможные перспективы дальнейшего развития этого мероприятия и повышения его значимости.

## 2. Первая конференция ELPIT-2003

Первая международная научно-техническая конференция «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» (ELPIT

2003) состоялась в ТГУ с 11 по 14 сентября 2003 г. [1]. Программа работы первой конференции включала пленарное заседание и девять секционных заседаний. Уже тогда, на самой первой конференции, была организована также секция научных работ молодых ученых — аспирантов и студентов. Состоялась также выставка технологий и оборудования по обеспечению экологической и промышленной безопасности.

На пленарном заседании присутствовало около 500 человек. С докладами выступили известные российские и зарубежные ученые. Большой интерес вызвали выступления иностранных участников: профессора Серджио Луцци, технического директора компании «Виe Еn Ро Се инженерия», Италия; профессора Наваррского университета Мигуеля Араны, Испания; члена ассоциации городов-побратимов Памелы Баккен, США; представителя компании «Брюль и Кьер» Йоргена Брааша, Дания и других.

Успешно прошли и секционные заседания, на которых было заслушано свыше 50 секционных докладов. Один из важных результатов первой конференции — проведение секции научных работ аспирантов и студентов, на которой было заслушано свыше 30 докладов. По решению жюри, в состав которого входили авторитетные ученые и специалисты, было отобрано девять лучших докладов.

Были изданы программа и сборник трудов конференции, а также электронная версия трудов конференции на компакт-диске. Отдельно были изданы программа и сборник трудов секции научных работ аспирантов и студентов, где было представлено свыше 60 докладов.

Успешное проведение первой конференции, высокий интерес, проявленный к ней, со стороны как известных ученых, так и экологической общественности, пожелания участников — всё это помогло принять решение о дальнейшем регулярном проведении конференций. Было решено проводить конференции ELPIT каждые два года.

### 3. Вторая конференция ELPIT-2005

Вторая конференция (ELPIT 2005) проходила в ТГУ с 22 по 25 сентября 2005 г. На конференции начал формироваться костяк постоянных российских и зарубежных участников. В рамках программы работы конференции состоялись пленарное заседание, шесть секций и секция научных работ аспирантов и студентов. Была также организована выставка технологий и оборудования по обеспечению экологической и промышленной безопасности «ЭКО-ЛИДЕР 2005».

Очное участие в конференции приняли свыше 35 докторов наук, профессоров, свыше 50 кандидатов наук, доцентов; свыше 15 руководителей предприятий организаций и учреждений, свыше 70 молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников. Заочное участие в конференции приняли свыше 20 докторов наук, профессоров, свыше 35 кандидатов наук доцентов, свыше 10 руководителей предприятий организаций и учреждений, свыше 40 молодых ученых, аспирантов и студентов.

На пленарном заседании с докладами выступили известные российские и зарубежные ученые: Геннадий Розенберг, Юрий Трофименко, Серджио Луцци, Йорген Брааш а также другие известные ученые. Среди них — доктор Цезари Бартмански, Центральный горный институт, г. Катовице, Польша; Эдмон Кути, директор завода по сжиганию промышленных отходов, г. Лион, Франция; профессор Николай Иванов, заведующий кафедрой Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ»; профессор Иван Кобзарь, заслуженный эколог России, ФГУП «ГНЦ РФ НИИАР», г. Дмитровград и другие.

22 сентября в ТГУ состоялось торжественное открытие выставки «ЭКО-ЛИДЕР-2005», на которой было представлено более 100 экспонатов из более чем 40 организаций, предприятий и учреждений (фото 1). 23 сентября состоялись секционные заседания конференции. Всего было заслушано свыше 60 секционных докладов. 24 сентября 2005 г. состоялась секция научных работ аспирантов и студентов, были заслушаны 20 докладов, а присутствовало более 70 человек. Были определены лауреаты среди студентов и аспирантов.

Основной сборник трудов конференции был издан в качестве специального выпуска «Известий Самарского научного центра РАН» (издания ВАК)



Фото 1. Открытие выставки «Эколидер» в рамках конференции ELPIT-2005. Справа — ректор ТГУ Сергей Жилкин.

в двух томах. Также были изданы сборник аспирантов и студентов и электронная версия трудов конференции на компакт-диске.

### 4. Первый конгресс ELPIT-2007

Первый международный экологический конгресс (третья международная научно-техническая конференция) ELPIT 2007 проходил в ТГУ с 20 по 23 сентября 2007 г. К этому моменту ELPIT уже стал достаточно статусным мероприятием, в котором желали участвовать многие известные и молодые ученые. Появились новые организаторы и спонсоры. Впервые в число организаторов вошёл Самарский научный центр РАН.

Была также организована выставка технологий и оборудования по обеспечению экологической и промышленной безопасности «ЭКО-ЛИДЕР 2007». Следует отметить рост иностранных участников —



Фото 2. Итальянские участники конгресса и министр природных ресурсов и охраны окружающей среды Самарской области Александр Федоров

на конгресс ELPIT-2007 приехала целая делегация из Италии (фото 2).

Были изданы основной сборник трудов конгресса в четырех томах и сборники научных докладов молодых ученых в двух томах, секции научных докладов аспирантов, студентов и старшекласников, конкурса научно-инновационных проектов молодых ученых, а также электронная версия трудов конгресса на компакт-диске. Кроме того, по итогам конгресса были изданы два отдельных тома «Известий Самарского научного центра РАН» (издания ВАК) (серии «Экология» и «Машиностроение»), куда вошли лучшие доклады конгресса, доработанные до требований научного издания.

### 5. Конгресс ELPIT-2009

Второй международный экологический конгресс ELPIT-2009 проходил в ТГУ с 24 по 27 сентября 2009 г. К этому времени в истории развития инженерно-экологической школы ТГУ произошли важные события. В марте 2008 г. научная школа ТГУ в области инженерной экологии, экологического мониторинга и комплексных проблем машиноведения стала победителем в конкурсе ведущих научных школ России. Также в июне 2008 г. был создан Институт химии и инженерной экологии ТГУ. Всё это придало новый импульс конгрессу, позволило привлечь новые ресурсы. К сожалению, произошло и печальное событие — в ноябре 2008 г. трагически ушел из жизни первый ректор ТГУ Сергей Жилкин. В июне 2009 г. ректором ТГУ был избран Михаил Криштал.

Число участников конгресса, как российских, так и зарубежных стало рекордным — более тысячи человек. Участие в нем приняли ученые и практики из России, Италии, Латвии, Эстонии, Франции, Великобритании, Лаоса, Болгарии, Украины, Белоруссии, Казахстана и Узбекистана. Число иностранных гостей конгресса существенно увеличилось. Самой крупной по численности стала делегация из Италии, в состав которой вошли известные ученые, инженеры, а также студенты и школьники Флоренции, Неаполя и других городов Италии, всего 19 человек. По своим масштабам и уровню участников международный конгресс ELPIT-2009 стал крупнейшим международным экологическим мероприятием.

С приветственным словом к участникам и гостям конгресса обратились почетный консул Итальянской Республики в Самарской области и Республике Татарстан Джангуидо Бреддо, член Президиума Самарского научного центра РАН, директор института экологии Волжского бассейна РАН, чл.-корр. РАН Геннадий Розенберг, первый заместитель мэра г. о. Тольятти Вадим Кирпичников, президент МАНЭБ Олег Русак, главный редактор журнала «Безопасность в техносфере»

Владимир Девисилов, ректор ТГУ Михаил Криштал, главный инженер ОАО «АВТОВАЗ» Сергей Урюпин и другие почетные гости.

В рамках программы работы конгресса состоялись пленарное заседание, пять секций и секция научных работ молодых ученых (аспирантов, студентов и старшекласников). Была также организована выставка технологий и оборудования по обеспечению экологической и промышленной безопасности «ЭКО-ЛИДЕР 2009». Впервые были проведены открытый научный семинар Российской академии наук «Энергетика. Экология. Безопасность» и совместный итальянско-российский научно-практический семинар «Опыт работы инженеров-экологов в Италии и России». С докладами выступили многие известные российские и зарубежные ученые.

На секционных заседаниях конгресса, где было заслушано более 250 докладов. На секции научных работ аспирантов, студентов и старшекласников присутствовало более 350 человек и заслушано 54 доклада. Кроме того, на конгрессе впервые состоялась оценка научно-инновационных проектов молодых ученых (было представлено 15 проектов). Лауреатами конкурса докладов среди аспирантов стали Э.В. Нафикова (научный руководитель Н.Н. Красногорская) из Уфимский государственный авиационный технический университет; Розелла Натале (научный руководитель проф. Луиджи Маффей) из Второго Неаполитанский университет, Италия; П.А. Глухов (научный руководитель Г.И. Остапенко), Тольяттинский государственный университет и др. Лауреатами среди студентов стали Н.А. Рослякова, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Элеонора Томазелли, Флорентийский университет, Флоренция, Италия; В.Ю. Илларионова (научный руководитель В.Н. Подшивалина), Чувашский государственный педагогический университет, г. Чебоксары; Н. Жирнова, Евразийский национальный университет, г. Астана, Казахстан и др. Победителем среди старшекласников стала Франческа Греко из научного лицея г. Флоренции, Италия. Состоялся также конкурс научно-инновационных проектов студентов, по итогам которого первое место присуждено студентке из Пензенского государственного архитектурно-строительного университета Марии Царапкиной.

Были изданы основной сборник трудов конгресса в пяти томах и сборник научных докладов молодых ученых в двух томах, секции научных докладов аспирантов, студентов и старшекласников, семинара РАН, а также электронная версия трудов конгресса на компакт-диске. Кроме того, по итогам конгресса издан отдельный том «Известий Самарского научного центра РАН» (издания ВАК) [2].

### 6. Конгресс ELPIT-2011

Третий конгресс ELPIT 2011 проходил с 21 по 25 сентября 2011 г. не только в г. Тольятти, но и в Самаре [3]. К этому моменту были созданы отдел инженерной экологии и экологического мониторинга при президиуме Самарского научного центра РАН и научно-образовательный центр инженерной экологии. Председателем оргкомитета конгресса стал академик РАН, председатель Самарского научного центра РАН Владимир Шорин, научным руководителем — директор института химии и инженерной экологии Тольяттинского государственного университета, научный руководитель отдела инженерной экологии и экологического мониторинга Самарского научного центра РАН Андрей Васильев.

Открытие конгресса состоялось 21 сентября 2011 г. в ОАО «Дворец культуры Тольятти». С приветствием к участникам выступили заместитель председателя Самарского научного центра РАН Юрий Лазарев, Почётный консул Итальянской Республики в Самарской области и в Республике Татарстан Джангуидо Бреддо, председатель УМС «Техносферная безопасность», заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана Геннадий Павлихин, главный редактор журнала «Безопасность в техносфере» Владимир Девисилов, ректор ТГУ Михаил Криштал и другие российские и зарубежные ученые, руководители и представители ведомств, известных фирм и предприятий России и Самарской области. Консул Италии Джангуидо Бреддо также передал приветственное письмо организаторам и участникам конгресса ELPIT от посла Италии в России господина Антонио Занарди Ланди, в котором отмечаются важная роль конгресса в объединении ведущих ученых мира в области экологии и высокий уровень участников, в том числе итальянских.

На пленарном заседании были представлены как концептуальные научные доклады, так и доклады по решению экологических проблем на конкретных предприятиях. (например, доклад начальника отдела охраны окружающей среды ОАО «АВТОВАЗ» Веры Подуруевой по реализации системы экологического менеджмента в ОАО «АВТОВАЗ» на основе требований международных экологических стандартов). Заместитель директора Института экологии Волжского бассейна РАН Сергей Саксонов выступил с актуальным докладом о проблемах экологического нормирования антропогенного воздействия на качество волжских вод. Фабьен Готье из компании «Рено», Франция, затронул проблему экологии моногородов, столь близкую тольяттинцам — хозяевам конгресса. Интересны и актуальны были выступления многих других руководителей ведомств, предприятий, периодических научных журналов, научных организаций и университетов, в том числе зарубежных. В частности на

пленарном заседании были обсуждены проблемы акустического дизайна в ресторанах (профессор Серджио Луцци, Италия), мониторинга загрязнения воздуха аэропортов (Катерина Синило, Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина), исследования гидродинамического вибрационного фильтрования (Владимир Девисилов, МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва), возобновляемой энергетики в Европе и России (Сергей Симак, Международный социально-экологический союз). 21 сентября во Дворце культуры Тольятти состоялось торжественное открытие выставки «Эко-Лидер» (фото 3).

22 сентября в ТГУ и Институте экологии Волжского бассейна РАН прошли научные симпозиумы «Биотические компоненты экосистем», «Проблемы и инновационные решения в области инженерного обеспечения экологической и промышленной безопасности урбанизированных территорий», «Экологический мониторинг промышленно-транспортных комплексов», «Образование в области экологии и безопасности жизнедеятельности. Экологическая культура». Всего на симпозиумах было заслушано свыше 250 докладов.

В актовом зале Института экологии Волжского бассейна РАН состоялось выездное заседание учебно-методического совета (УМС) «Техносферная безопасность» УМО вузов по университетскому политехническому образованию (фото 4). С докладами выступили ведущие ученые и специалисты России в данной области. Председатель УМС рассказал о проблемах подготовки магистров по направлению «Техносферная безопасность» и об опыте МГТУ им. Н.Э. Баумана в подготовке магистров. Заместитель председателя УМС Владимир Девисилов остановился на особенностях подготовки кадров в области защиты окружающей среды в рамках направления «Техносферная безопасность». Он также рассмотрел особенности



Фото 3. Торжественное открытие выставки «Эко-Лидер», 2011 г.

преподавания дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» в вузах. Горячие дискуссии участников вызвали проблемы, связанные с ликвидацией направления высшего профессионального образования «Защита окружающей среды» и включением его в состав укрупненного направления «Техносферная безопасность».

23 сентября в Самарском научном центре РАН состоялся второй российско-итальянский семинар «Опыт инженерных решений в области обеспечения здоровья и безопасности в Италии и России». Итальянские и российские участники семинара поделились опытом в решении проблем обеспечения здоровья и безопасности и представили собственные инженерные разработки. В тот же день в торгово-промышленной палате Самарской области состоялся международный круглый стол, на котором был рассмотрен как международный, так и российский опыт в области защиты окружающей среды.

Кульминацией конгресса стал состоявшийся 24 сентября форум молодых ученых «Young ELPIT», на который было представлено свыше 150 докладов и научно-инновационных проектов. В номинации «аспиранты и магистранты» первое место разделили Наталья Цудечка-Пурина (Салфордский университет, Великобритания) и Франческо Алетта (Второй Неаполитанский университет, Италия). В номинации «Студенты» сильнейшими стали Валентина Рябова (Самарский государственный университет путей сообщения) и Евгений Васильев (Тольяттинский государственный университет). В номинации «Школьники» победил ученик лицея № 19 г.Тольятти Алексей Черепанов, представивший интересный и актуальный проект по сохранению лесов. Состоялся также конкурс научно-инновационных проектов, по итогам которого были определены лучшие проекты.



**Фото 4.** Выездное заседание УМС «Техносферная безопасность». В президиуме: Геннадий Павлихин и Владимир Девисиллов

Были изданы основной сборник трудов конгресса в семи томах и сборник научных докладов молодых ученых в двух томах, программы конгресса, форума молодых ученых, итоги форума молодых ученых, а также электронная версия трудов конгресса на компакт-диске. Кроме того, по итогам конгресса был издан отдельный том «Известий Самарского научного центра РАН» (издания ВАК) [4].

## 7. Конгресс ELPIT-2013

Конгресс ELPIT-2013 стал особенно знаменательным: юбилейным — 10 лет с начала проведения и проводимым в Год охраны окружающей среды в России [5]. Генеральным партнером конгресса стала корпорация «Тольяттиазот». Вновь конгресс проходил в Тольятти и Самаре. Зрителям была предложена демонстрация цифровой и видеопрезентации «История конгресса ELPIT».

С приветствием к участникам выступили сенатор Совета Федерации России Константин Титов, мэр г.о. Тольятти Сергей Андреев, заместитель председателя Самарского научного центра РАН Юрий Лазарев, Почётный консул Итальянской Республики в Самарской области и в Республике Татарстан Джангуидо Бреддо, депутат Самарской губернской Думы Константин Ряднов, Президент МАНЭБ Олег Русак (г. Санкт-Петербург), главный редактор журнала «Экология и промышленность России» Вениамин Кальнер (г. Москва) и другие, а также иностранные гости — руководитель проекта по промышленной недвижимости компании «Рено» Фабьен Готье, технический директор фирмы Vie En.Ro.Se. Ingegneria Серджио Луцци (Италия), директор Института Рижского технического университета Янис Иевиньш (Латвия) и др.

В рамках программы работы конгресса состоялись пленарное заседание, пять симпозиумов и международный форум молодых ученых «Young ELPIT». Была также организована выставка технологий и оборудования по обеспечению экологической и промышленной безопасности «ЭКО-ЛИДЕР 2013». В Самарском научном центре РАН состоялся третий российско-итальянский семинар «Опыт инженерных решений в области обеспечения здоровья и безопасности в Италии и России», на котором выступили с докладами итальянские и российские специалисты и ученые.

В Самарском научном центре РАН был также проведен международный круглый стол «Проблемы обращения с отходами и использования вторичных ресурсов».

По своим масштабам и уровню участников международный конгресс ELPIT-2013 вновь стал одним из крупнейших экологических мероприятий

в России. Очное и заочное участие в нем приняли ученые и практики из Италии, Франции, Латвии, ФРГ, Великобритании, Литвы, Болгарии, Греции, Украины, Беларуси, Казахстана, а также известные российские ученые и специалисты.

К началу проведения конгресса были изданы основной сборник трудов конгресса в шести томах, программа конгресса, а также электронная версия трудов конгресса на компакт-диске. По итогам конгресса готовится к изданию отдельный том «Известий Самарского научного центра РАН».

### 8. Итоги и перспективы конгрессов ELPIT

Десятилетний опыт проведения международных экологических конгрессов ELPIT подтверждает необходимость и актуальность этого мероприятия. За годы проведения конгресс стал одним из крупнейших по своему масштабу экологических мероприятий на территории России. Конгресс в полной мере является международным: в его работе за 10 лет проведения принимали участие ученые из Италии, США, Франции, Латвии, ФРГ, Великобритании, Мозамбика, Лаоса, Литвы, Эстонии, Болгарии, Греции, стран СНГ и др.

Следует также отметить, что помимо официальной программы, в рамках проведения конгрессов традиционно организуется и культурная программа. Участники и гости знакомятся с природными красотами Самарской Луки, совершают прогулку на теплоходе по Волге, экскурсии на Молодецкий курган и в Жигулёвский заповедник, посещают Царев курган, знакомятся с достопримечательностями городов Са-

мара и Тольятти, знакомятся с природой и историей России.

Работа конгресса активно освещается в средствах массовой информации разного уровня. Разработан сайт конгресса ELPIT в сети Интернет (<http://elpit.tltsu.ru>), на котором представлена развёрнутая и текущая информация о конгрессе, истории его проведения, фотогалереи по каждому из проведенных конгрессов.

Среди дальнейших перспектив конгресса: расширение количества иностранных и российских участников, включение трудов конгресса в международные индексы цитирования. Представляется необходимым дальнейшее развитие форума молодых ученых в рамках конгресса, в том числе получение и эффективное использование грантов на его проведение. Одной из возможных идей является создание клуба ELPIT, в который планируется принимать постоянных участников конгресса, предоставляя им при этом значительные привилегии, в том числе существенное снижение размера оргвзноса за участие.

Важной миссией конгресса является дальнейшее обеспечение высокой интеграции фундаментальной науки, образования и практики, донесение фундаментальных экологических знаний и современных научных подходов к обеспечению защиты окружающей среды до широкого круга специалистов, учащихся и экологической общественности. Всё это позволит не только продолжить традицию проведения конгрессов ELPIT как широкомасштабного мероприятия, но и придать этому событию новый уровень развития.

### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев А.В. ELPIT 2003: впервые — международная // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2003. — Т. 5. — №2. — С. 430–433.
2. Васильев А.В. Предисловие ответственного редактора // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010. — Т. 12. — № 1–9. — С. 2175.
3. Васильев А.В. Конгресс ELPIT 2011: интеграция фундаментальной науки, практики и образования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14. — № 5–1. — С. 282.
4. Васильев А.В. Предисловие ответственного редактора // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14. — № 1–3. — С. 715.
5. Васильев А.В. 10-летний опыт проведения конгрессов ELPIT: опыт и перспективы // Сборник пленарных докладов IV Международного экологического конгресса (VI Международной научно-технической конференции). — 2013. — С 4–49.

## Ten-Year Anniversary of ELPIT Congresses: Experience, Results, Prospects

**A.V. Vasiliev**, Director of TSU's Chemistry and Engineer Ecology Institute, Doctor of Engineering, Professor, Togliatti State University (TSU)

*Experience and results related to carrying out of international ecological ELPIT congresses "Ecology and health and safety of industrial and transport complexes" which have become one of the largest scientific actions in scale in the Russia's territory have been described. The ELPIT congresses' further development prospects have been considered.*

**Keywords:** conference, congress, ecology, health and safety