



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

**Редакционный совет:**

АКИМОВ В. А.  
БАЛЫХИН Г. А.  
БЕЛОВ С. В.  
ГРИГОРЬЕВ С. Н.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.  
(председатель)  
КЛИМКИН В. И.  
КОТЕЛЬНИКОВ В. С.  
ПАВЛИХИН Г. П.  
СОКОЛОВ Э. М.  
ТЕТЕРИН И. М.  
ТИШКОВ К. Н.  
УШАКОВ И. Б.  
ФЕДОРОВ М. П.  
ЧЕРЕШНЕВ В. А.  
АНТОНОВ Б. И.  
(директор издательства)

**Главный редактор**  
РУСАК О. Н.

**Зам. главного редактора**  
ПОЧТАРЕВА А. В.

**Ответственный секретарь**  
ПРОНИН И. С.

**Редакционная коллегия:**

БЕЛИНСКИЙ С. О.  
ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАЧАНОВ С. А.  
КАЧУРИН Н. М.  
КЛЕЙМЕНОВ А. В.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАЛАЯН К. Р.  
МАСТРЮКОВ Б. С.  
МАТЮШИН А. В.  
МИНЬКО В. М.  
МИРМОВИЧ Э. Г.  
ПАНАРИН В. М.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

2(146)  
2012

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Малаян К. Р. Проблемы охраны труда на фоне демографической ситуации. . . . . 2
- Драган С. П. Метод расчета интегральной оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума . . . . . 10
- Минько В. М., Титаренко И. Ж., Бондарь Е. А. Методология разработки оптимальной годичной программы снижения профессиональных рисков. . . . . 17
- Сидоров А. И., Тряпицын А. Б., Зыкина Е. В. Дробный факторный эксперимент по исследованию влияния шума на величину порогового осязаемого тока и сопротивление тела человека . . . . . 22

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Красногорская Н. Н., Зельдова А. И. Изменение нормативно-правовой базы в области безопасности производственных объектов . . . . . 26
- Мироненкова Н. А. Радиационная обстановка на угольных шахтах . . . . . 33

### БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

- Минниханов Р. Н. Теоретические основания формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения . . . . . 37

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Федосов В. В., Федосова А. В. Полубесконечная модель фильтров многокомпонентных выбросов для группы промышленных источников территории . . . . . 42

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Матвеев А. В., Ефремов С. В. Модель процесса аварийной эвакуации из здания в случае пожара при нестационарном потоке людей . . . . . 46

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Ткаченко Ю. Л. Перспективы экологического развития России . . . . . 51
- Приложение. Малышев В. П. Применение тестирования для проверки уровня знаний студентов

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

УДК 658.345

**К. Р. Малаян**, канд. техн. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
E-mail: bgdspbgpy2003@list.ru

## Проблемы охраны труда на фоне демографической ситуации

*Констатируется, что одной из основных причин демографического кризиса в России является высокая смертность трудоспособного населения, обусловленная в значительной мере производственными факторами. Анализируется состояние охраны труда, которое по многим компонентам не соответствует необходимым критериям и не способствует сохранению здоровья и жизни работающего населения. Отмечена необходимость разработки новой Федеральной программы охраны труда.*

**Ключевые слова:** охрана труда, сбережение народа, демографический кризис, здоровье трудоспособного населения, статистика, производственный травматизм, профзаболеваемость, условия труда, управление охраной труда, нормативно-правовая база, техническое регулирование, мероприятия по охране труда, контроль и надзор в сфере безопасности, экономические аспекты охраны труда

**Malayan K. R. Problems of Labour Safety and Situation Demographic**

*It is stated that one of the main causes of the demographic crisis in Russia is a high mortality rate of working population due to a large extent the production factors. The condition of safety, which in many of its components do not meet the eligibility criteria and is not conducive to the maintenance of health and life of the working population. Proposed developed new Federal program for protection of labour.*

**Keywords:** health and safety, preservation of the people, the demographic crisis, the health of working people, statistics, accidents, occupational diseases, working conditions, health and safety management, regulatory and legal framework, technical regulations, labor protection measures, monitoring and supervision in the field of security, economic aspects of health and safety

Основное богатство любого государства — это не его недра или леса, а народ, населяющий его территорию. Желательно, чтобы территория была обширной, а людей было побольше. А еще важно, чтобы люди были здоровые, способные создавать

материальные и духовные ценности. Здоровое население — это бесценный капитал. Однако условия, в которых люди живут и трудятся, не всегда способствуют сохранению и воспроизводству этого капитала.

Проблема сбережения народа, резко заявившая о себе в России с 1992 г., проявилась устойчивым сокращением численности населения, когда естественный прирост населения сменился его убылью, а страна вошла в фазу "открытой депопуляции". О сохранении и размножении российского народа писал еще М. В. Ломоносов [1]. Развиваемые им идеи не потеряли своего значения и сейчас. В настоящее время решение возникшей демографической проблемы становится важным фактором для обеспечения жизнеспособности общества и сохранения государственности.

Особенностью постигшего Россию демографического кризиса, связанного с резким изменением социально-экономических отношений, стал тот факт, что рождаемость в стране упала до уровня развитых стран, в то время как смертность осталась на уровне развивающихся. Каждую минуту в России в 1990-е годы рождалось 3 человека, а умирало 5. Количественно этот процесс выразился следующим образом. В течение 15 лет в стране ежегодно умирало более 2 млн человек, что в расчете на 1000 человек в два раза больше, чем в европейских странах и США, а рождалось ежегодно в этот период 1,2...1,5 млн человек. Демографы называли это явление "русский крест", так как кривые падающего уровня рождаемости и растущей смертности, пересекаясь, образуют крест.

За время с 1990 по 2007 г. численность населения России снизилась на 6 млн человек, несмотря на значительный приток мигрантов, причем снижение численности обусловлено не только очень низкой рождаемостью, но и чрезвычайно высокой смертностью. Для ослабления этого процесса, стабилизации численности населения и создания условий для ее роста Указом Президента РФ от 9 октября 2007 г. № 1351 была утверждена "Концепция

демографической политики РФ на период до 2025 года" (далее — Концепция) [2].

Одним из интегральных показателей демографической ситуации в стране и качества жизни населения является продолжительность жизни, которая в России заметно уменьшилась. В результате анализа статистических данных стало ясно, что, как указано в Концепции: "Основной причиной низкой продолжительности жизни населения в РФ является высокая смертность граждан **трудоспособного возраста** (выделено автором). Из общего числа умерших почти треть составляют граждане трудоспособного возраста, около 80 % — мужчины". Сравнение с аналогичными данными зарубежных стран показывает, что смертность среди российских мужчин в трудоспособном возрасте в 10 раз выше средневропейского показателя, а женщин — в 4 раза.

Главной причиной смертности россиян, в том числе и лиц трудоспособного возраста, являются заболевания сердечно-сосудистой системы, составляющие 55 % всех причин. Это в 3—4 раза выше, чем в европейских странах. В то же время, как отмечается в Концепции: "Среди причин смерти в трудоспособном возрасте значительную долю (более 30 %) составляют внешние причины — случайные отравления, самоубийства, убийства, транспортные происшествия, прочие несчастные случаи".

По данным Федеральной службы государственной статистики, общая смертность населения России в 2006 г. составила 2 млн 100 тыс. человек, а трудоспособного возраста — около 650 тыс. человек. Из них более 550 тыс. составили мужчины! Это огромное количество мужчин, которые ушли из жизни в цветущем возрасте и имели потенциальную способность производить потомство, т. е. способствовать решению кардинальной проблемы — сбережения народа.

Бесплодных пар в нашей стране, по данным экспертов, около 15 %. И число это год от года растет. В 40 % случаев, как считают медики, причиной бесплодия являются мужчины. Среди разных факторов бесплодия не последнюю роль у мужчин играют травмы и неблагоприятные условия труда. Еще большее влияние вредные факторы производственной среды оказывают на здоровье женщин. Как отмечают статистики, в России более 100 тыс. женщин репродуктивного возраста заняты тяжелым физическим трудом. Каждая шестая женщина, работающая в условиях нагревающего микроклимата и под воздействием химических веществ, страдает бесплодием, а у каждой седьмой женщины — выкидыши. А ведь добавились еще новые вредные факторы трудового процесса: стресс, высокая напряженность труда, боязнь потерять работу и т. д. Как же остановить демографический спад при таких последствиях влияния

негативных факторов производственной среды и трудового процесса, не говоря уже о социально-экономических, медико-экологических и других условиях?

Увеличивается общее количество людей, признанных органами социальной защиты инвалидами. С 1992 по 2002 г. оно выросло в полтора раза и составило 12,5 млн человек в 2006 г. Продолжает расти и численность инвалидов трудоспособного возраста. Если в 1995 г. впервые признаны инвалидами 507 тыс. человек, то в 2006 г. — уже 600 тыс. И естественно, среди факторов, негативно влияющих на здоровье трудоспособного населения, значительное место принадлежит вредным и опасным условиям труда.

Одной из главных стратегических угроз национальной безопасности России на долгосрочную перспективу в области экономического роста названа прогрессирующая трудонедостаточность, обусловленная как малочисленностью родившихся в 1990-е гг., так и выходом из трудоспособного возраста большого количества лиц, родившихся в послевоенное время, т. е. после 1945 г. Проблема недостатка рабочей силы, в первую очередь, компенсируются легальной и нелегальной миграцией, что несет массу негативных последствий. Как отметил на заседании Правительства РФ 9.08.2012 г. его глава Д. А. Медведев, "к нам едут разнорабочие, которые с трудом объясняются на русском языке, не знают ни наших законов, ни нашей культуры". Понятно, что надо менять миграционную политику. Вот реализовать ее на практике будет очень непросто.

Решение одной из шести основных, намеченных в Концепции задач демографической политики РФ, а именно "сокращение уровня смертности не менее чем в 1,6 раза, прежде всего в трудоспособном возрасте от внешних причин", связывается, в частности, с реформированием сферы охраны труда, предполагающем переход к системе управления профессиональными рисками, а также с усилением экономической мотивации работодателей для улучшения условий труда.

Для реализации поставленных Концепцией задач Правительство РФ утвердило план мероприятий по их реализации на 2008—2010 гг., в котором под пунктом 12 значилось: "Разработка и реализация Программы действий по улучшению условий охраны труда".

Официальные отчетные данные о выполнении первого этапа до 2010 г. реализации Концепции свидетельствуют в основном о позитивных результатах запланированных мероприятий, прежде всего в области рождаемости. С помощью мер по стимулированию рождаемости и улучшению материального положения семей с маленькими детьми удалось, по официальным данным, увеличить рождаемость и уменьшить младенческую смертность



(с 10,2 на 1000 родившихся живыми в 2006 г. до 7,5 в 2010 г.). Ежегодный прирост рождаемости составил 35 тыс. детей, а за 2008—2010 гг. родилось в России около 5 млн 300 тыс. детей.

Однако динамика общей смертности была негативной. По-прежнему более 35 % умерших составляли граждане трудоспособного возраста. И хотя по отчетным данным произошла стабилизация численности населения, есть в этих данных некоторое лукавство. По данным Минздравсоцразвития России, в 2009 г. умерло 2 млн 13 тыс. человек, родилось 1 млн 764 тыс. детей. Таким образом, депопуляция составила 249 тыс. человек. Численные потери населения России компенсировались увеличившимся миграционным приростом, составившим более 10 %. В результате население страны увеличилось на 23,3 тыс. человек. Другими словами, коренное население страны по-прежнему вымирает, а его замещает пришлое население — мигранты, зарегистрировавшееся на год и более. В 2010 г. численность населения с учетом мигрантов удалось сохранить на достигнутом уровне, который планировался Концепцией. Следует признать, что демографическая ситуация в стране продолжает оставаться напряженной и коренного перелома добиться пока не удалось. В настоящее время, как отметил на заседании Правительства РФ 09.08.2012 г. Д. А. Медведев, сейчас в стране находится более 10 млн мигрантов.

После завершения первого этапа (их намечено в Концепции до 2005 г. всего три) Правительство РФ своим Распоряжением от 10.03.2011 г. № 367-р утвердило план на второй этап (2011—2015 гг.), в котором среди мероприятий по сокращению смертности населения, прежде всего граждан трудоспособного возраста, имеются два пункта, связанные с охраной труда. В соответствии с п. 15 планируется разработка комплекса мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников на производстве, а также их реализация. П. 16 предлагает подготовку нормативных правовых актов, предусматривающих внедрение системы финансовых и страховых стимулов к сохранению здоровья — для граждан, к повышению ответственности за здоровье работников — для работодателей.

Новые планы ждут своего решения. Однако нас интересует в первую очередь нынешнее состояние охраны труда, рассматриваемое в качестве одной из составляющих комплекса мероприятий, способных улучшить демографическую ситуацию, прежде всего определяемую здоровьем трудоспособного населения, на что ориентирует и Концепция демографической политики РФ на период до 2025 г. Анализ актуальных проблем охраны труда начнем с терминологических аспектов.

Отметим, что в Трудовом кодексе Российской Федерации [3] в ст. 210 среди основных направлений государственной политики в области охраны труда первым указано: "Обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников", что является безусловно важным для понимания и реализации идеи сбережения народа. Однако в определении охраны труда, приведенном в ст. 209 ТК РФ, после слов "работников" присутствуют три дополнительных слова, и они вполне уместны для понятия "охрана труда", но резко сужают и нивелируют провозглашенный приоритет. Дело в том, что в соответствии со ст. 209 ТК РФ: "Охрана труда — система сохранения жизни и здоровья работников **в процессе трудовой деятельности...**" (*выделено автором*). А что, здоровье и жизнь работника вне трудовой деятельности (дома, на даче и т. д.) не представляет общественной ценности? Конечно, нет. Статус работника для общества и государства в рыночном измерении (затраты на обучение, потери от недополученной продукции и т. д.) каким был, таким и остался. Меняется лишь ответственность работодателя и механизм компенсации выплат за возмещение ущерба здоровью. При двойном подходе к здоровью работника в социальном плане ощущается определенный диссонанс.

Если отойти от терминологических исследований и перейти к анализу состояния охраны труда, то начать его следует с общепринятых показателей, которые при их достоверности позволяют дать объективную оценку уровня производственного травматизма и профзаболеваний, характеризующих весь комплекс мероприятий, включаемых в понятие охраны труда.

К сожалению, официальные данные не совсем адекватно отражают реальное состояние, особенно при сравнении с аналогичными зарубежными показателями, но других данных для анализа нет. А в цифрах картина выглядит так. Ежегодно погибает от травм на производстве, по различным официальным источникам, от 2 до 3 тыс. человек, по оценке экспертов Международной организации труда, 5...7 тыс., официально регистрируется 8...10 тыс. случаев профзаболеваний и более 14 тысяч человек становятся инвалидами вследствие трудового увечья и профзаболеваний. В 2007 г. тогдашним первым вице-премьером Д. А. Медведевым на встрече с представителями бизнеса было впервые озвучено, что в России в год от воздействия опасных и вредных производственных факторов умирает 180 тыс. человек ("Российская газета", № 42 от 01.03.2007 г.). Впервые публично было признано на столь высоком уровне губительное влияние неблагоприятных условий труда на жизнь и здоровье работающего населения.

Рассмотрим подробнее, что скрывается за приведенными выше цифрами. Прежде всего надо отметить, что сохраняется устойчивая тенденция ухудшения условий труда. По данным Росстата, продолжается увеличение количества работников, которые трудятся в неблагоприятных условиях. К концу 2011 г. таких работников стало 30,5 % (в 2010 г. — 29 %), т. е. практически каждый третий работник в России трудится в неудовлетворительных условиях труда. А в начале 1990-х гг. было 18,5 %. Таким образом, прослеживается неуклонный рост числа работников, занятых во вредных условиях труда, несмотря на активное внедрение аттестации рабочих мест, призванной способствовать улучшению условий труда, и которая с 2002 г. является обязательной для работодателей, но своей основной миссии — улучшение условий труда — почему-то не достигает.

Интересно, что в информативной статье [4] о деятельности Фонда социального страхования РФ по финансовому обеспечению предупредительных мер, направляемых на сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний работников, указано, что в 2010 г. на проведение аттестации рабочих мест по условиям труда было израсходовано 22,8 % от общей суммы выделенных на все мероприятия средств, в то время как на мероприятия по непосредственному улучшению условий труда на рабочих местах — всего 1,29 % от общих расходов на предупредительные меры. Примечательно, что наиболее затратной статьей оказалось приобретение работникам средств индивидуальной защиты — 35,8 %. Известно, что улучшение условий труда в первую очередь необходимо обеспечивать средствами коллективной защиты (вентиляция, освещение, отопление и др.), но это затратно, и лишь в последнюю очередь прибегать к СИЗ, что существенно дешевле.

Неблагоприятные условия труда порождают высокий уровень производственного травматизма. Несмотря на подчеркиваемое официальной статистикой некоторое снижение производственного травматизма по стране, тут не все однозначно. Его уровень остается довольно высоким, а по самокритичной оценке Минздравсоцразвития — "крайне высоким". По данным Роструда, в результате несчастных случаев на производстве в 2011 г. в России погибло 3063 работника, что существенно превышает аналогичный показатель в развитых странах. Как отмечалось на заседании Правительства РФ 27.10.2011 г., уровень смертельного травматизма в России больше, чем в Германии — в 4 раза, во Франции — в 5,5 раза, в Японии — в 2,5 раза.

В то же время один из главных показателей производственного травматизма — коэффициент частоты  $K_{\text{ч}}$ , характеризующий количество несчаст-

ных случаев, приходящееся на 1000 работников, — у нас примерно равен 3 [5], а в Германии — 30! Получается какая-то несуславица, если сопоставить данные общего и смертельного травматизма. Напрашивается вывод, что данные об общем травматизме сильно занижены. Летальные случаи труднее скрыть, хотя это тоже применяется на практике. И это характерно для нашей статистики, которая давно не отражает реального положения дел в области охраны труда. С середины 1990-х гг. сведения о производственном травматизме получают от организаций не всех отраслей экономики, а только от травмоопасных отраслей и крупных предприятий. Данные собираются от 10 % предприятий, которые охватывают менее 35 % всех работников, а затем их экстраполируют. Вне поля статистического наблюдения остаются организации малого и среднего бизнеса со своей спецификой условий и охраны труда, многочисленные бюджетные организации. При таком подходе ни о какой достоверности получаемых результатов нельзя говорить.

Если анализировать наблюдаемую по официальной статистике тенденцию сокращения производственного травматизма, то она во многом обусловлена за счет уменьшения объемов производства и соответствующего снижения численности работников, занятых в травмоопасных отраслях (добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, строительство, транспорт).

Следует заметить, что работодатели часто пытаются скрыть от учета произошедшие несчастные случаи на производстве путем договоренности с пострадавшим или в случае смерти работника с его родственниками. Так, в 2011 г. государственными инспекторами Роструда было выявлено 1484 скрытых несчастных случаев на производстве, в том числе 316 смертельных.

Неблагоприятные условия труда являются причиной высокого уровня профзаболеваний. Всего, по данным центров профпатологий, в России насчитывается около 160 тыс. работников, страдающих различными формами профзаболеваний. При этом численность заболевших на производстве, по официальной статистике, ежегодно увеличивается на 8 тыс. человек. Чтобы понять, насколько эти данные далеки от истины, достаточно сравнить их с зарубежными показателями. Например, в США, по литературным данным, ежегодно выявляется около 20 тыс. случаев онкологических профессиональных заболеваний, в России — считанные единицы: в 2009 г. было зарегистрировано только 32(!) случая профессиональных новообразований [6]. Ясно, что количество профзаболеваний многократно занижено по сравнению с аналогичными показателями в развитых странах. По уровню



профзаболеваний, по официальным данным, наша страна занимает 24-е место в Европе. Частота профзаболеваний у нас в 40 раз ниже по сравнению с Данией, в 38 раз — с США, в 13 раз — с Финляндией, в 7,3 раза — с Японией, в 3,5 раза — с Германией! Объясняется это, по мнению специалистов [7], в первую очередь несовершенством статистики профзаболеваемости в нашей стране, а также несопоставимостью систем диагностики и экспертизы профзаболеваемости в других странах.

Надо заметить, что блок вопросов, связанных с совершенствованием работы профпатологической службы России, намеченный по плану мероприятий по реализации Концепции в 2008—2010 гг., включал совершенствование диагностики профессиональных заболеваний, а также разработку подходов к социально-трудовой и психологической реабилитации граждан. В итоге этот план оказался полностью провален.

Всего в РФ 605 действующих профильных специалистов профпатологической службы (вместо требуемых 4500 человек), что крайне недостаточно при значительном числе работников, занятых во вредных условиях труда [8]. Низким остается качество проведения периодических медицинских осмотров. Закрывшие в 1990-е гг. медсанчастей, сокращение числа здравпунктов, свертывание профилактической работы на предприятиях привело к нарушению системы медицинского обеспечения и, соответственно, к неполному учету лиц, подлежащих медосмотру. Отсутствие необходимого диагностического оборудования и подготовленных специалистов приводит к низкому качеству проводимых осмотров, особенно в небольших городах и сельских районах.

Следует отметить, что ежегодно почти треть всех выявленных профессиональных заболеваний и отравлений в стране регистрируется при обращении работников за медицинской помощью, а не в ходе осмотров. Одной из существенных проблем является выявление профзаболеваний на поздних стадиях, когда работник уже стал инвалидом.

По данным Федерального бюро медико-социальной экспертизы, в 2005 г. контингент инвалидов трудоспособного возраста составлял 4,2 млн человек, или 4,9 % от численности данной возрастной группы. В 2003—2006 гг. ежегодное число первичных инвалидов трудоспособного возраста составляло почти 550 тыс. человек [9]. Около трети инвалидов трудоспособного возраста утрачивают трудоспособность в возрасте до 45 лет. Это обстоятельство делает актуальной не только медико-социальную, но и профессиональную реабилитацию, с чем у нас дела обстоят также неважно.

Увеличение коэффициента тяжести  $K_T$ , характеризующего длительность временной нетрудо-

способности на одного работника, свидетельствует о позднем обращении работников за медицинской помощью, когда болезнь запущена и времени на выздоровление требуется больше. Действительность показывает, что многие работники стараются не брать больничный лист о временной утрате трудоспособности. И этому есть объяснение.

Во-первых, на ряде предприятий практикуется "серая зарплата", и поэтому работнику невыгодно выходить на больничный, так как он понесет определенные убытки.

Во-вторых, из-за частых больничных появляется страх быть уволенным, особенно на предприятиях негосударственных форм собственности.

В-третьих, это низкая экономическая и территориальная доступность медицинской помощи в условиях разрушенной системы медико-профилактического обеспечения работающего населения. А несвоевременное выявление заболеваний и позднее обращение к врачам свидетельствует также о невысокой оценке здоровья и жизни у населения, которое стремится обеспечить экономический достаток ценой своего собственного здоровья.

Среди многочисленных недостатков существующей системы статистики, которая, по словам экс-министра Т. Голиковой, дает разницу в показателях травматизма и профзаболеваний, получаемых от различных источников, в 30 %, следует указать также на неучет скрытого ущерба здоровью работника, а именно: производственно обусловленную заболеваемость, снижение иммунитета, ускоренное старение, нарушение репродуктивных функций, суммарный уровень которых превышает 70 % всех рисков утраты здоровья под влиянием неблагоприятных производственных факторов.

Большим тормозом в регулировании вопросов охраны труда на всех уровнях управления стали административная реформа 2004 г. и введение в действие с середины 2003 г. Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании" [10].

В полномочиях федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ) в результате реформы не оказалось функций по охране труда, и до настоящего времени эта ошибка исправляется без особого энтузиазма. Соответственно, резко сократилась численность специалистов по охране труда в органах государственной власти всех уровней. Существенный удар был нанесен по управлению охраной труда, когда в соответствии с реформой был расформирован Минтруд, а его функции по охране труда были переданы вновь созданному Минздравсоцразвития России, в котором количество специалистов по охране труда было сведено к минимуму, а государственную политику в области охраны труда доверили экономистам, которые, за-

быв о бесценности жизни и здоровья людей, стали все мерить денежным аршином.

Положение с охраной труда ухудшилось и в связи с отменой Федерального закона "Об основах охраны труда в Российской Федерации". Это автоматически снизило значимость охраны труда. К сожалению, в Трудовом кодексе РФ, который вобрал в себя большую часть норм этого Закона, охрана труда стала второстепенной, одной из 14 разделов Кодекса. Что касается Федерального закона "О техническом регулировании", несмотря на принятые впоследствии меры и внесение изменений, до настоящего времени не устранены негативные последствия от его принятия для охраны труда.

Вместо государственных стандартов Закон ввел понятие национального стандарта, носящего не обязательный, а рекомендательный характер. И это в области безопасности, где нарушения норм и правил сопряжены не только с ущербом для здоровья, но и с утратой жизни. Косвенные результаты такого отношения проявляются в многочисленных авариях и катастрофах, обусловленных нарушениями норм охраны труда, в первую очередь ряда требований техники безопасности. Вот где одна из многочисленных подножек сбережению народа.

Кроме того, закон "О техническом регулировании" внес путаницу в нормативно-правовое регулирование охраны труда, поскольку де-юре и де-факто было отменено право ФОИВ разрабатывать документацию, содержащую государственные нормативные требования по охране труда. А существовавшие на тот момент нормативные правовые акты, содержащие требования по техническим мерам, предполагались действующими до принятия соответствующих технических регламентов. Однако разработка и принятие технических регламентов сильно затянулись. А ясности в этом вопросе, т. е. легитимности нормативных актов, оказалось мало.

Следуя рассуждениям автора статьи [11] А. Г. Федорца: "Из состава нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, часто упоминаемые государственные стандарты безопасности труда, строительные нормы и правила, своды правил по проектированию и строительству выбыли автоматически еще с момента введения в действие ФЗ "О техническом регулировании". По мнению А. Г. Федорца, из числа действующих нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда, следует также исключить своевременно не пересмотренные Правила по охране труда и типовые инструкции по охране труда, так как согласно постановлению Правительства РФ от 23.05.2000 г. № 398 эти акты имеют срок действия 5 лет. И, стало быть, если они не пролонгированы в законодательном порядке, то потеряли

юридическую легитимность. Это коснулось подавляющего большинства Правил охраны труда и Типовых инструкций межотраслевых и отраслевых, а также Правил безопасности, Правил устройства и безопасной эксплуатации, Строительных норм и правил, Санитарных правил.

Гигиенические нормативы и санитарные правила тоже оказались в подвешенном состоянии, так как в соответствии с Положением о Министерстве здравоохранения и социального развития РФ, среди полномочий этого ведомства разработка санитарных норм не значилась. Получился бы полный коллапс в правоприменительной практике, если бы придерживались действующих на тот момент законов. Но в нашем менталитете нет обязательности исполнения всех нормативных документов, тем более что в 2007 г. появилось уточнение, позволяющее вместо разработки новых нормативных актов дополнять действующие документы.

Впоследствии появилась новая интрига, связанная с Системой стандартов безопасности труда (ССБТ), которая действовала с 1974 г. Правительство РФ (не без активного лоббирования со стороны Минздравсоцразвития) приняло Постановление от 27.12.2010 г. № 1160 [12], которое согласно утвержденному Положению вернуло санитарные правила и нормы, санитарные нормы, санитарные правила и гигиенические нормативы в состав нормативно-правовых актов. Заметим, что в новом Положении срок действия нормативных актов не определен. К ним были отнесены также правила и инструкции.

Кроме того, был введен по инициативе Минздравсоцразвития совершенно новый вид документов — стандарты безопасности труда (СБТ), которые, как выяснилось, никакого отношения к стандартам ССБТ не имеют. Соответственно, с неясным правовым статусом ССБТ было покончено. Согласно принятому Положению, ССБТ можно считать упраздненной и исключенной из числа нормативных правовых актов, содержащих государственные требования по охране труда. Вряд ли это решение продумано с общегосударственных позиций, просматривается явный ведомственный подход. В обстоятельной аналитической статье [13] указано, что было бы логично сохранить их статус до введения соответствующих технических регламентов на продукцию общепромышленного значения. Хотя более грамотным решением было бы оставить ССБТ действующей независимо от введения технических регламентов, так как эти разработки прошли проверку временем, себя еще не исчерпали и могли бы и дальше поддерживать необходимый уровень требований ко всем аспектам безопасности труда, заложенных в эту систему, в том числе производственному оборудованию и процессам.



Введение нового вида нормативно-правовых актов СБТ привело к смешению понятий. На самом деле СБТ представляет лишь новый формат для многочисленных документов ныне реформированного ведомства — Минздравсоцразвития России, который запутал не только абсолютное большинство работодателей, но и часть специалистов по охране труда. После введения в ст. 209 ТК РФ определения нового понятия СБТ стало ясно, что СБТ к ССБТ никакого отношения не имеет. Надо отметить, что в ГОСТ Р 1.0—2004 "Стандартизация РФ. Основные положения" термин СБТ отсутствует.

Следует обратить внимание, что в соответствии с упомянутым выше постановлением в разработке нормативно-правовых актов, содержащих государственные требования охраны труда, существенную роль играет позиция отраслевых объединений работодателей, т. е. влияние производителей продукции может стать определяющим не только в случае разработки технических регламентов, но и при разработке правовых документов по охране труда. Корпорация производителей и практически тождественная им корпорация работодателей имеют больше возможностей устанавливать свои правила игры, защищать свои интересы в противовес работникам и потребителям. А интерес у большинства работодателей один — извлечение прибыли любым путем.

Следует подчеркнуть, что если ТК РФ регулирует социально-трудовые отношения между работниками и работодателями, то закон "О техническом регулировании" определяет отношения между производителем и потребителем.

Целью закона "О техническом регулировании", как указано в статье [9], является "ликвидация каких-либо конкретных требований к конструкции машин и оборудования, в том числе направленных на обеспечение их безопасной эксплуатации, при условии выполнения требований технических регламентов". Несколько абсурдная мысль, особенно с точки зрения безопасности. Главное, получается, потребительские свойства продукции.

Представленный анализ правового регулирования охраны труда показал, что от стройной системы, действовавшей до административной реформы и введения Закона о техническом регулировании, остались разрозненные фрагменты, которые придется собрать новому Министерству труда и социальной защиты РФ.

В данной статье остались незатронутыми ряд механизмов и мероприятий, которые вместо ослабления социальной напряженности, улучшения условий и охраны труда оборачиваются обузой для работодателя и зачастую вредом для работника, источником коррупции и лишних расходов, кото-

рые могли быть направлены на реальное улучшение условий труда. Речь идет в первую очередь об аттестации рабочих мест, которой в мире больше нигде нет. Другая проблема — компенсация за вредные и опасные условия труда. Вместо взаимоприемлемого урегулирования проблемы компенсаций за неблагоприятные условия труда с научных позиций с учетом медицинских рекомендаций некоторые руководители бывшего Минздравсоцразвития договорились об отчислениях в Фонд социального страхования с зарплаты работников при нарушении ими требований охраны труда.

Изменения, вносимые в санитарно-гигиенические правила и нормы и другие правовые нормативные документы, свидетельствуют об односторонних уступках работодателям со стороны официальных структур. Это происходит еще из-за того, что профсоюзы неактивно защищают интересы работников, в том числе и в сфере охраны труда. Они не полностью используют права, предоставленные законодательством РФ в осуществлении общественного контроля за реализацией законодательства об охране труда. Снижению эффективности общественного контроля во многом способствовало и то, что в Трудовой кодекс РФ не включены гарантии уполномоченных по охране труда и членов комитетов (комиссий) по охране труда в организациях. В то же время значительно ослаб контроль за состоянием охраны труда и со стороны органов исполнительной власти и местного самоуправления.

Следует заметить, что статус Федеральной инспекции труда снижен, численность ее сокращена. Это отрицательно сказывается на эффективности государственного контроля за соблюдением законодательства о труде и об охране труда. Численность работников Федеральной инспекции труда на 01.02.2012 г. составляла около 3000 человек. При этом в стране насчитывается более 4 млн хозяйствующих субъектов. На плановую работу в таких условиях трудно рассчитывать. При всем желании, если не произошло ЧП на предприятии, вход туда контролирующим органам закрыт, в первую очередь, в организации малого бизнеса.

Надо признать, что за последнее десятилетие не изменилось прохладное отношение к охране труда со стороны как обывателя, так и должностных лиц. Уже отмечалось, что во всех министерствах и ведомствах были упразднены отделы охраны труда и утрачена связь с предприятиями. В отраслевых НИИ были ликвидированы направления по охране труда. Среди критериев оценки деятельности министерств, ведомств, регионов отсутствует такой показатель, как состояние производственного травматизма, профессиональной заболеваемости, аварийности. Вот если бы утром на столе руководи-



теля региона в ежедневной сводке, кроме данных о жертвах происшествий и других чрезвычайных ситуаций, приводились сведения о тяжелых, групповых и смертельных случаях на производстве, наверное, отношение к охране труда со стороны многих руководителей изменилось бы к лучшему.

О недооценке охраны труда со стороны властных структур убедительно свидетельствует и то, что в "Перечне направлений подготовки (специальностей) в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, специальностей научных работников, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технического развития российской экономики", утвержденном Распоряжением Правительства РФ от 03.11.2011 № 1944-р, как в перечне подготовки бакалавров из 38 наименований и в перечне подготовки магистров из 38 наименований, так и в перечне подготовки специалистов из 33 наименований и в списке специальностей научных работников из 79 наименований, нет профильных направлений подготовки и специальностей: "Техносферная безопасность", "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", "Безопасность технологических процессов и производств", "Охрана труда" (по отраслям). Есть лишь специальность по ядерной и радиационной безопасности. Поэтому как падали самолеты, тонули корабли, взрывались шахты, терялись ракеты, так и дальше будут продолжаться техногенные аварии и катастрофы, связанные с нарушением правил техники безопасности. К сожалению, горький опыт ничему не учит.

Сбережение народа, связанное с охраной труда, останется под большим вопросом, пока не изменится отношение государства, работодателя да и работников в сфере охраны труда к безопасности жизнедеятельности в целом.

Одним из ключевых факторов неудовлетворительного состояния охраны труда являются экономические аспекты. Стоимость рабочей силы в конечной стоимости продукции в нашей стране составляет от силы 25 %. Это видно из сопоставления стоимости валового продукта (ВВП), который у нас составляет 40 трлн руб., и фонда оплаты труда, который составляет 10 трлн руб. [14]. В развитых странах стоимость рабочей силы доходит до 50...60 % ВВП, т. е. единица продукции, произведенная в России, оплачивается государством и бизнесом вдвое дешевле.

Работник в нашей стране производит продукции в год на 40 тыс. долл. США, это в среднем в 2 раза меньше, чем в развитых странах, что характеризует разницу в производительности труда. Стало быть, и зарплата должна быть ниже в 2 раза. Но с учетом низкой оплаты труда экономическое состояние российских работников в 4—5 раз хуже, чем у их зарубежных коллег. Такая ситуация не очень мотивирует

участников социального партнерства к повышению производительности и улучшению условий труда.

Законодательство не принуждает работодателя улучшать условия труда. Законом не предусмотрена ответственность работодателя за состояние здоровья работников, за привлечение их к сверхурочным работам и сокращение времени отдыха. Современное законодательство разработано в интересах крупных корпораций. А главное — работодатель экономически не заинтересован в проведении профилактических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и охрану здоровья работников.

Маленькая надежда на какое-то улучшение дел в сфере охраны труда появилась с воссозданием Министерства труда и социальной защиты РФ и с появлением специалистов по охране труда в его руководстве.

Подытоживая изложенное выше, можно сделать приведенные ниже выводы.

- Отсутствует достоверная статистика производственного травматизма и профессиональных заболеваний.
- Разрушена нормативно-правовая база охраны труда.
- Нет экономической заинтересованности работодателей в соблюдении нормативных государственных требований в области охраны труда.
- Общественность не имеет практических рычагов в выработке решений в сфере охраны труда.
- Профсоюзы не используют своих возможностей для защиты интересов работников по улучшению условий и охраны труда.
- Охрана труда и демографические процессы находятся в кризисном состоянии.
- Нет стратегии сохранения людей трудоспособного возраста.

В русле стратегии сбережения народа необходимо разработать с участием всех сторон социального партнерства, научной общественности и независимых экспертов новую Федеральную программу охраны труда и реализовать весь комплекс необходимых системных мероприятий в сфере охраны труда в полном объеме.

В заключение нужно признать, что до тех пор, пока ситуация в области охраны труда и здоровья работающих не изменится, нельзя говорить всерьез не только о решении демографических проблем, но и о дальнейших возможностях экономического роста в стране, поскольку это во многом зависит от состояния здоровья и производительности труда работников.

Надо создавать благоприятные условия работникам не только в процессе трудовой деятельности, но и вне ее. Тогда демографическая ситуация в стране, несомненно получит положительный импульс, что безусловно, отразится на экономике страны!



#### Список литературы

1. Ломоносов М. В. О сохранении и размножении российского народа // Полное собрание сочинений. — Т. 6. — Гл. 13. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1952. — С. 382—403.
2. Указ Президента РФ от 09.10.2007 № 1351 "Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года".
3. Федеральный закон "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001. № 197-ФЗ (с изменениями).
4. Барановский И. Финансовое обеспечение предупредительных мер // Охрана труда и социальное страхование. — 2011. — № 6. — С. 17—20.
5. Кузнецов Г. Реальный травматизм и официальная отчетность // Охрана труда и социальное страхование. — 2005. — № 10. — С. 43—46.
6. Широкова О. Статистика риска // Охрана труда. Практикум. Медицина труда и экология. — 2011. — № 5. — С. 9—12.
7. Низяева И. Нужна объективная оценка // Охрана труда. Практикум. Медицина труда и экология. — 2011. — № 5. — С. 3—8.
8. Гниденко Т., Кравченко Е. Изменение модели управления // Охрана труда. Практикум. Медицина труда и экология. — 2012. — № 2. — С. 3—11.
9. Измеров Н. Ф. Резервы сохранения трудовых ресурсов // Охрана труда. Практикум. Медицина труда и экология. — 2010. — № 5. — С. 3—9.
10. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 22.12.2002 № 184-ФЗ (с изменениями).
11. Федорев А. Г. О нормативном регулировании и стандартизации в охране труда // Безопасность в техносфере. — 2011. — № 4. — С. 24—32.
12. Постановление Правительства РФ от 27.12.2010 № 1160 "Об утверждении Положения о разработке, утверждении и изменении нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда".
13. Козьяков А. Ф., Пышкина Э. П., Симакова Е. Н. Нормативно-правовые основы обеспечения безопасности жизнедеятельности // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 6. — С. 52—56.
14. Шенин О. В. Арифметика не в пользу работника // Охрана труда и социальное страхование. — 2011. — № 6. — С. 30—31.

УДК 613.644:614.89

С. П. Драган, канд. техн. наук,

Федеральный медицинский биофизический центр имени А. И. Бурназяна, Москва

E-mail: s.p.dragan@mail.ru

## Метод расчета интегральной оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума

*Изложен оригинальный метод расчета интегральной оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума, позволяющий оценить акустическую эффективность шумозащитных наушников, шумозащитного шлема и их совместного использования; показаны практические примеры применения этого метода.*

**Ключевые слова:** защита от шума, акустическая эффективность, средства и методы индивидуальной шумозащиты

**Dragan S. P. The Method of Calculating the Integral Evaluation of the Acoustic Performance of Personal Protection Against Noise**

*The method of calculating the integral evaluation of the acoustic performance of personal protection against noise, allowing to evaluate the effectiveness of acoustic noise-reducing headphones and noise helmet and effectiveness of their joint use; shows practical examples of application of the developed method.*

**Keywords:** noise, noise protection, engineering acoustics, tools and techniques of individual noise protection

Анкетирование авиационных специалистов и жителей, проживающих вблизи аэропортов, показало, что наиболее неблагоприятными факторами для них являются акустический шум (100 % опрошенных), выхлопные газы (81 %), работа с горюче-смазочными материалами (65 %), микроклиматические условия (55 %), электромагнитные излучения радиодиапазона (20 %) [1—5]. Авиационный шум является на сегодня одной из наиболее актуальных проблем крупных городов России. Количество жалоб населения на шум от пролетающих самолетов неуклонно увеличивается [6—11]. Несмотря на определенные меры, принимаемые по борьбе с шумом, количество специалистов различных профессий, подвергающихся его некомпенсированному воздействию, не уменьшается [12—15]. На рабочих местах, где организационно-техническими мероприятиями не удается добиться снижения уровня шума до нормативных величин или это невозможно по технико-эксплуатационным причинам, в соответствии с ГОСТ 12.1.003—83; ГОСТ Р 12.4.212—99 следует применять средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума, которые, в зависимости от конструктивного исполнения, подразделяются на:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, которые носят во внутренней части слухового прохода или в ушной раковине;
- противошумные шлемы, закрывающие ушную раковину и часть головы.

К настоящему времени разработано значительное количество модификаций СИЗ, отличающихся как внешним видом и качеством изготовления, так и эффективностью. Акустическая эффективность образцов СИЗ различных производителей неодинакова, разброс величин шумопоглощения составляет:

— в области низких (63...250 Гц) частот — 2...27 дБ для наушников и 1...22 дБ для шлемов;

— в области средних (500...1000 Гц) частот — 4...36 дБ для наушников и 14...39 дБ для шлемов;

— в области высоких (свыше 1000 Гц) частот — 23...42 дБ для наушников и 22...56 дБ для шлемов.

Установлено, что величина шумоглушения чашками наушников на низких частотах наиболее существенно зависит от характеристик уплотняющего слоя (амбишюров), на средних частотах — от характеристик наполнителя и особенностей конструкции корпуса чашки, а на высоких частотах — от характеристик материала, из которого изготовлены корпус чашек наушников. В соответствии с этим проводятся работы по совершенствованию образцов СИЗ. Существенное значение для эффективного проведения таких работ имеет использование корректного метода оценивания акустической эффективности (заглушающей способности) СИЗ, под которой понимается уменьшение уровня шума, обеспечиваемое СИЗ, на исследуемых октавных частотах или в определенном частотном диапазоне.

#### **Стандартизированные количественные характеристики акустической эффективности шумозащитных наушников**

В настоящее время оценка акустической эффективности СИЗ осуществляется путем сравнения численных значений показателей в каждой из октавных полос с частотами от 63 Гц до 8 кГц. Таких октавных полос 8, разные наушники могут обладать высокой акустической эффективностью в одних частотных полосах и низкой — в других частотных полосах. Поэтому для характеристики акустической эффективности разрабатываемого образца СИЗ необходим интегральный показатель, объединяющий оценки акустической эффективности в каждой октавной полосе.

Действующим ГОСТ Р 12.4.212—99 (ИСО 4869-2—94) определены три показателя, характеризую-

щих акустическую эффективность шумозащитных наушников для высоких, средних и низких частот (соответственно  $H$ ,  $M$  и  $L$ ), а также показатель  $SNR$  (Single Number Rating) — одиночный показатель поглощения шума. Эти показатели устанавливают критерии для отбора или сравнения противошумов, а также определяют требования минимально приемлемого поглощения шума для диапазона частот 63 Гц...8 кГц, не позволяя дать такую оценку для диапазона частот ниже 63 Гц.

Следует отметить, что общепринятые (стандартизированные) показатели акустической эффективности шумозащитных шлемов к настоящему времени не разработаны.

#### **Методика расчета оценки одиночного показателя поглощения шума шумозащитными наушниками**

Показатель  $SNR$  используется для характеристики эффективности защиты и определения действующего  $A$ -корректированного уровня звукового давления ( $УЗД$ ) СИЗ. Показатель  $SNR$  определяется как разность между значениями  $УЗД$  эталонного розового шума в 8 октавных полосах (согласно ГОСТ Р 12.4.212—99, в табл. 3 которого приведены  $A$ -корректированные  $УЗД$  в октавных полосах частот розового шума, имеющего  $C$ -корректированный  $УЗД$  100 дБ) и показателями минимального значения поглощения шума СИЗ ( $APV_{f(k)x}$ ) в тех же полосах частот (63 Гц...8 кГц). Показатель  $SNR_x$ , дБ, не зависит от спектра реального шума и вычисляется по формуле:

$$SNR_x = 100 \text{ дБ} - 10 \lg \sum_{k=1}^8 10^{0,1(L_{Af(k)} - APV_{f(k)x})}, \quad (1)$$

где индекс  $x$  соответствует выбранной эффективности защиты, в %;  $L_{Af(k)}$  —  $A$ -корректированный  $УЗД$ , который следует брать из табл. 3 ГОСТ Р 12.4.212—99;  $APV_{f(k)x}$  — показатель минимального значения поглощения шума, дБ, рассчитываемый по формуле:

$$APV_{f(k)x} = M_f - \alpha s_f, \quad (2)$$

где индекс  $f$  соответствует средней частоте в октавной полосе;  $M_f$  — акустическая эффективность, дБ;  $s_f$  — стандартное отклонение акустической эффективности;  $\alpha$  — константа (для эффективности защиты 80 % ее значение равно 0,84).

Метод расчета показателя  $SNR$  основан на оценке  $A$ -корректированного  $УЗД$ , которая используется для того, чтобы приблизить объективные измерения к субъективному восприятию шума человеком. Стандартизированный метод расчета оценки  $SNR$  не учитывает акустической эффективности СИЗ на частотах ниже 64 Гц, в том числе и в инфразвуковой области, в то время как отечествен-



ными санитарными нормами предусмотрено нормирование шума в диапазоне 2 Гц...8 кГц.

Экстраполяция частотного диапазона до 2 Гц методически некорректна, так как нижняя частота стандартной коррекции шкалы "А" шумомера составляет 16 Гц и на более низких частотах А-коррекция не определена. Следует отметить, что расширение диапазона частот для вычисления оценки  $SNR$  мало изменит значение этого показателя даже при высокой акустической эффективности в октавных полосах ниже 64 Гц, что делает этот показатель малоприменимым для обоснования выбора образца СИЗ, более эффективного во всем диапазоне частот 2 Гц...8 кГц. Кроме того, использование А-корректированных УЗД вносит элемент неопределенности при переходе к интегральному показателю акустической эффективности.

#### Анализ чувствительности и корректности метода расчета оценки одиночного показателя поглощения шума шумозащитными наушниками

Для исследования чувствительности и корректности метода расчета оценки  $SNR$  использованы данные об акустической эффективности шумозащитных наушников ведущих зарубежных и отечественных фирм (предприятий) (табл. 1):

- 1) Peltor Optime 2;
- 2) ATI/David Clark DCAT Flight Deck Cranial;
- 3) СИЗ, приведенное в качестве примера в ГОСТ Р 12.4.212—99;
- 4) наушники ЗАО "НПО "Динафорс";
- 5) СИЗ с равновесными значениями шумопоглощения, под которым понимается такое распределение акустических эффективностей в октавных

полосах частот, увеличение которых на 10 дБ в каждой полосе приводит к равному увеличению оценки  $SNR$  (на 0,5 ед.).

Для каждого образца шумозащитных наушников рассчитаны значения  $SNR$ . Далее поочередно на каждой частоте значения акустической эффективности были увеличены на 10 дБ и рассчитаны новые оценки  $SNR$ , т. е. определена чувствительность метода к изменению акустической эффективности шумозащитных наушников на разных частотах, характеризуемая оценкой среднего значения акустической эффективности ( $M_f$ ) и разностью оценок  $SNR$  при увеличении акустической эффективности шумозащитных наушников на каждой частоте на 10 дБ ( $\Delta SNR$ ).

Наушники типа Peltor Optime 2 (образец 1) имеют такие характеристики, что усиление акустической эффективности на 10 дБ на частоте 125 Гц приводит к увеличению оценки показателя  $SNR$  на 2,5 дБ, хотя увеличение эффективности на других частотах не приведет к столь значимому увеличению показателя  $SNR$ .

Для наушников фирмы David Clark (образец 2) изменение показателя  $SNR$  другое: имеется две частоты (250 и 4000 Гц), на которых увеличение акустической эффективности приводит к максимальному изменению показателя  $SNR$ .

Для наушников, приведенных в качестве примера в ГОСТ Р 12.4.212—99 (образец 3), установлено, что на значение  $SNR$  в большей степени влияют значения акустической эффективности на частоте 500 Гц ( $\Delta SNR = 1,24$  дБ). На частотах 63 Гц, 4000 Гц, 8000 Гц увеличение акустической эффективности на значение  $SNR$  практически не влияет.

Таблица 1

Чувствительность показателя  $SNR$  к изменению акустической эффективности  $M_f$  в соответствующей полосе частот на 10 дБ

| Номер образца СИЗ | Характеристики чувствительности | Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                   |                                 | 63                                               | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1                 | $M_f$                           | 16,0                                             | 10,0 | 24,0 | 41,0 | 45,0 | 45,0 | 33,0 | 28,0 |
|                   | $\Delta SNR$                    | 0,05                                             | 2,5  | 0,45 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,52 | 1,1  |
| 2                 | $M_f$                           | 16,0                                             | 16,0 | 23,0 | 30,0 | 38,0 | 34,0 | 32,0 | 32,0 |
|                   | $\Delta SNR$                    | 0,06                                             | 0,68 | 0,77 | 0,52 | 0,17 | 0,57 | 0,9  | 0,53 |
| 3                 | $M_f$                           | 7,4                                              | 10,0 | 14,4 | 19,6 | 22,8 | 29,6 | 38,8 | 34,1 |
|                   | $\Delta SNR$                    | 0,07                                             | 0,44 | 0,95 | 1,24 | 1,09 | 0,43 | 0,06 | 0,07 |
| 4                 | $M_f$                           | 5,2                                              | 7,8  | 16,5 | 39,0 | 45,5 | 44,4 | 48,5 | 47,1 |
|                   | $\Delta SNR$                    | 0,37                                             | 2,64 | 1,84 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| 5                 | $M_f$                           | 14,5                                             | 22,6 | 31,1 | 34,5 | 40,0 | 40,8 | 42,0 | 41,0 |
|                   | $\Delta SNR$                    | 0,5                                              | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |

Для наушников ЗАО НПО "Динафорс" (образец 4) максимальная чувствительность показателя  $SNR$  зарегистрирована для частоты 125 Гц: увеличение акустической эффективности на 10 дБ приводит к увеличению показателя  $SNR$  на 2,64 дБ. На остальных же частотах увеличение акустической эффективности наушников на оценку  $SNR$  существенно не оказывает влияния.

Для наушников с равновесным распределением значений шумопоглощения (образец 5) увеличение акустической эффективности на 10 дБ на любой частоте увеличивает  $SNR$  на 0,5 дБ. Повышение же акустической эффективности СИЗ на всех частотах на 1 дБ увеличивает значение  $SNR$  также на 1 дБ.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что увеличение акустической эффективности наушников на разных частотах приводит к разным и неравнозначным изменениям показателя  $SNR$ , что не позволяет объективно судить об акустической эффективности наушников во всем частотном диапазоне, что обусловлено введением частотной А-коррекции УЗД. Вследствие этого нельзя объективно сравнивать наушники с разной акустической эффективностью на различных частотах. Для сравнения разных типов СИЗ необходимо учитывать вид кривой приращения значения  $SNR$  от изменения акустической эффективности.

### Общие требования к методу комплексного исследования акустической эффективности СИЗ

Для корректного сравнения защитных свойств вновь разрабатываемых СИЗ и их сопоставления с существующими образцами необходимо разработать такой метод, который учитывал бы специфические характеристики авиационных шумов во всем нормируемом диапазоне частот. Кроме того, этот метод должен объединять не только характеристики акустической эффективности используемых наушников, но также и характеристики акустической эффективности шумозащитных шлемов, определяемой в подшлемном пространстве.

Шумозащитный шлем может быть упругим (жестким) и мягким, и в зависимости от этого характеристики используемых в его составе наушников также могут быть совершенно разными. При использовании мягких шлемов акустическая эффективность наушников может быть выше, чем у наушников, которые используются в упругих шлемах, поскольку с использованием мягких шлемов воздушная проводимость снижается гораздо лучше, чем костная, а при использовании упругих шлемов, наоборот, костная проводимость снижается значительно лучше, чем воздушная. Поэтому вопрос о том, какой шлем более эффективно защищает от шума по показателям как воздушной, так и костной проводимости, остается открытым.

Для корректного сопоставления образцов наушников и шлемов, выпускаемых предприятиями (фирмами) различных государств, необходимо учесть, что данные об акустической эффективности образцов в России представляются в диапазоне 2 Гц ...8 кГц, а в странах Европы и Америки — 63 Гц (в некоторых странах 125 Гц) ...8 кГц. Поэтому метод должен корректно учитывать это обстоятельство.

### Метод расчета интегральной характеристики акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума

Разработанный с учетом вышеизложенных особенностей метод основан на сопоставлении данных о максимальных уровнях шумов в местах пребывания человека с требованиями санитарных норм [16, 17].

Несомненно, что полная защищенность от шума при использовании СИЗ может быть достигнута в том случае, когда акустическая эффективность в каждой октавной частоте обеспечивает защиту от самых высоких значений шума как по воздушной, так и по костной проводимости. Но значения максимальной акустической эффективности для воздушной проводимости определяют акустическую эффективность СИЗ.

В табл. 2 для каждой нормируемой октавной частоты приведены значения предельно допусти-

Таблица 2

Предельно допустимые и максимальные УЗД на рабочих местах ИТС, значения максимальной акустической эффективности для воздушной и костной проводимости

| Показатели                                  | Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц |     |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                             | 2                                                | 4   | 8   | 16  | 31,5 | 63,5 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| ПДУ УЗД, дБ (1)                             | 100                                              | 95  | 90  | 85  | 107  | 95   | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |
| Максимальные УЗД, дБ (2)                    | 104                                              | 112 | 113 | 112 | 116  | 118  | 121 | 123 | 126 | 127  | 127  | 128  | 123  |
| Максимальная акустическая эффективность, дБ |                                                  |     |     |     |      |      |     |     |     |      |      |      |      |
| для воздушной проводимости (3)              | 4                                                | 17  | 23  | 27  | 9    | 23   | 34  | 41  | 48  | 52   | 54   | 57   | 54   |
| для костной проводимости (4)                | 0                                                | 0   | 3   | 7   | 0    | 3    | 14  | 21  | 28  | 32   | 34   | 37   | 34   |



мых (ПДУ) уровней звукового давления, дБ, и максимальные УЗД, зарегистрированные на рабочих местах инженерно-технического состава (ИТС), обслуживающего воздушные суда.

Следует отметить, что в настоящее время в мире не разработаны СИЗ, обеспечивающие необходимую степень защиты от шума как в нижней, так и в верхней части его спектра.

Коэффициент защиты СИЗ (наушников)  $k_3^H$ , дБ, определяют как логарифм от соотношения количества используемых октавных полос к сумме акустических эффективностей образца СИЗ в каждой используемой октавной полосе частот:

$$k_3^H = 20 \lg \frac{n_1}{\sum_{i=1}^{n_1} 10^{\Delta_i/20}}, \quad (3)$$

где  $n_1$  — количество используемых октавных полос (в действующем ГОСТ Р 12.4.212—99 используется оценка в октавных полосах от 125 Гц до 8 кГц, т. е.  $n_1 = 7$ , а с учетом всего спектра воздействия оценку следует производить в октавных полосах частот от 2 Гц до 8 кГц, т. е.  $n_1 = 13$ );  $\Delta_i$  — разница между максимальной акустической эффективностью образца СИЗ (строка 3, табл. 2) и экспериментально зарегистрированным значением акустической эффективности разрабатываемых СИЗ для каждой октавной частоты ( $\Delta_{СИЗi}$ );

$$\Delta_i = \Delta_{в.пр.маxi} - \Delta_{СИЗi}$$

здесь  $\Delta_{в.пр.маxi}$  — максимальная акустическая эффективность для воздушной проводимости, дБ.

Отметим, что показатель  $\Delta_i$  определяется результатами акустических измерений в подзаглушечном пространстве, т. е. учитывает степень защиты по воздушной проводимости.

Весовые коэффициенты компонентов  $k_3$  СИЗ по каждой октавной частоте учтены предельно допустимыми уровнями (ПДУ). Когда акустическая эффективность разрабатываемых СИЗ достигнет требуемых значений для полной защиты от максимальных уровней шума (строка 4, табл. 1), то величина коэффициента защиты примет значение 1, что в логарифмическом масштабе соответствует значению 0 дБ. В том случае, когда акустическая эффективность СИЗ в какой-либо полосе частот оказывается выше максимальных значений, т. е.  $\Delta_{в.пр.маxi} - \Delta_{СИЗi} < 0$ , то  $\Delta_i = 0$ , т. е. избыточная защищенность на одной частоте не приводит к увеличению защитных свойств на других частотах и, соответственно, к увеличению оценки коэффициента защиты СИЗ.

Можно отметить, что коэффициент защиты современных образцов СИЗ находится в диапазоне от –15,7 дБ и ниже, т. е. ни одно СИЗ не способно полностью защитить от шума, имеющего выраженные высоко- и низкочастотные компоненты (табл. 3).

Очевидно, что для защиты от воздействия шума через костную проводимость необходимо применять

Таблица 3

Показатели акустической эффективности современных образцов шумозащитных наушников

| Производитель, марка, тип          | Минимальное поглощение шума, дБ,<br>на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц |   |    |    |    |    |     |     |     |      |      |      |      | $k_3^H$ ,<br>дБ | SNR,<br>дБ |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----------------|------------|
|                                    | 2                                                                                       | 4 | 8  | 16 | 32 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                 |            |
| ЗАО «НПО «Динафорс»                | 2                                                                                       | 9 | 11 | 5  | 4  | 5  | 8   | 17  | 39  | 46   | 44   | 49   | 47   | –15,7           | 29         |
| Peltor Optime 2                    | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | 16 | 10  | 24  | 41  | 45   | 45   | 33   | 28   | –18,6           | 31         |
| ATI/David Clark                    | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | 16 | 16  | 23  | 30  | 38   | 34   | 32   | 32   | –19,0           | 33         |
| DCAT Flight Deck Cranial           | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | —   | —   | —   | —    | —    | —    | —    | —               | —          |
| Aearo/Peltor E—A—R 3000            | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 15  | 22  | 32  | 41   | 34   | 35   | 36   | –18,4           | 33         |
| Aearo/Peltor H7A                   | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 10  | 21  | 32  | 36   | 35   | 34   | 33   | –20,3           | 31         |
| Aearo/Peltor Low Profile Clear Cup | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 9   | 11  | 24  | 27   | 31   | 35   | 34   | –24,7           | 25         |
| Aearo/Peltor Twin Cup H10A         | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 12  | 18  | 27  | 34   | 35   | 36   | 35   | –20,6           | 31         |
| David—Clark 10A                    | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 11  | 19  | 24  | 30   | 27   | 35   | 31   | –23,5           | 28         |
| David—Clark 310                    | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 12  | 18  | 27  | 34   | 30   | 39   | 36   | –20,9           | 30         |
| Elvex Value Muff HB—25             | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 11  | 17  | 26  | 32   | 33   | 32   | 33   | –22,4           | 29         |
| Howard Leight LM—77 Folding        | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 13  | 16  | 26  | 34   | 34   | 38   | 35   | –20,9           | 30         |
| Howard Leight Thunder 29           | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 11  | 14  | 19  | 32   | 34   | 38   | 32   | –23,6           | 27         |
| MSA Mark IV                        | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 14  | 16  | 22  | 32   | 30   | 40   | 34   | –22,2           | 29         |
| MSA Sound Blocker 26               | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 18  | 22  | 31  | 38   | 35   | 39   | 33   | –18,0           | 34         |
| MSA Apex 30                        | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 19  | 24  | 33  | 40   | 38   | 39   | 36   | –16,1           | 36         |
| Tasco Golden Eagle 2950            | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 16  | 21  | 31  | 41   | 37   | 38   | 34   | –17,8           | 34         |
| Tasco Pioneer 2500                 | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 7   | 17  | 26  | 35   | 31   | 29   | 30   | –24,2           | 27         |
| Tasco Sound Shield 2900            | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 14  | 20  | 28  | 38   | 35   | 39   | 35   | –18,9           | 32         |
| Willson 365—Sound Barrier          | —                                                                                       | — | —  | —  | —  | —  | 13  | 19  | 24  | 38   | 32   | 34   | 36   | –21,1           | 30         |

шумозащитные шлемы, защищающие поверхность головы от непосредственного акустического воздействия. Для разработки метода расчета оценки коэффициента защиты таких шлемов необходимо учесть, что уровень шума, передаваемого костной проводимостью, на 20...30 дБ меньше уровня, воспринимаемого ухом за счет воздушной проводимости.

Коэффициент защиты шлемов (упругих или мягких) может быть оценен аналогичным образом, однако вместо данных о максимальной эффективности по воздушной проводимости (строка 3, табл. 2) следует использовать данные по костной проводимости, которые на 20 дБ ниже. В строке 4 табл. 2 приведены максимальные значения по костной проводимости, причем для частот 2, 4 и 31,5 Гц, когда максимальная акустическая эффективность для воздушной проводимости составляет менее 20 дБ, эти значения равны 0. В этом случае суммирование в знаменателе приведенной ниже формулы (4) осуществляется только по 10 частотам ( $n_2 = 10$ ), т. е. оценка коэффициента защиты шлема ( $k_3^{\text{III}}$ ) по измерениям акустической эффективности в подшлемном пространстве вычисляется по формуле:

$$k_3^{\text{III}} = 20 \lg \frac{n_2}{\sum_{i=1}^{n_2} 10^{\Delta_{\text{к.пр.}i}/20}}, \quad (4)$$

где  $n_2$  — количество используемых октавных полос для оценки эффективности;  $\Delta_{\text{к.пр.}i}$  — разность между максимальной эффективностью по костной проводимости (строка 4, табл. 2)  $\Delta_{\text{к.пр.}i}$  и экспериментально зарегистрированным значением акустической эффективности разрабатываемого СИЗ в подшлемном пространстве на каждой соответствующей октавной частоте ( $\Delta_{\text{СИЗш.}i}$ );

$$\Delta_{\text{к.пр.}i} = \Delta_{\text{к.пр.}i} - \Delta_{\text{СИЗш.}i}$$

В этом случае также следует воспользоваться условием: если  $\Delta_{\text{к.пр.}i} - \Delta_{\text{СИЗш.}i} < 0$ , то  $\Delta_{\text{к.пр.}i} = 0$ , т. е. избыточная защищенность на одной частоте не приводит к усилению защитных свойств шлема во всем диапазоне частот.

Если акустическая эффективность разрабатываемых СИЗ (шлемов) достигнет требуемых значений для защиты от максимальных уровней шума (строка 4, табл. 2), то величина коэффициента защиты примет значение 1, что в логарифмическом масштабе соответствует значению 0 дБ.

Итак, исходя из формул для расчета оценок коэффициента защиты наушников (3) и шлема (4) выражение для расчета комплексной (интеграль-

ной) оценки защитных свойств шлема с наушниками ( $k_3$ ) имеет вид:

$$k_3 = 20 \lg \frac{n_1 + n_2}{\sum_{i=1}^{n_1} 10^{\Delta_{i/20}} + \sum_{i=1}^{n_2} 10^{\Delta_{\text{к.пр.}i/20}}}. \quad (5)$$

### Сравнительный анализ акустической эффективности современных образцов шумозащитных наушников

Рассмотренные показатели применены для сопоставления акустической эффективности современных образцов шумозащитных наушников, выпускаемых разными фирмами (см. табл. 3).

Обращает внимание, что значения всех коэффициентов защиты  $k_3^{\text{H}}$  находятся приблизительно в одном диапазоне:  $-25...-16$  дБ, а значения  $SNR$  — в диапазоне  $25...36$  дБ. Видно, что динамика изменения значения коэффициента защиты ( $k_3^{\text{H}}$ ) не противоречит динамике изменения показателя  $SNR$ .

Анализ данных табл. 3 свидетельствует, что наушники ЗАО "НПО "Динафорс" лучше защищают от воздействия шума, чем наушники других производителей, хотя по показателю  $SNR$  они не так эффективны:  $SNR = 29$  дБ (среднее значение из всей совокупности наушников), но  $k_3^{\text{H}} = -15,7$  дБ (самое высокое значение). И действительно, у наушников ЗАО "НПО "Динафорс" эффективность шумозащиты в октавных полосах частот от 500 Гц до 8 кГц значительно (на 10 дБ и более) выше, чем у других наушников. Только на частотах 63, 125 и 250 Гц акустическая эффективность наушников ЗАО "НПО "Динафорс" ниже либо равна акустической эффективности других образцов наушников.

Результаты исследования интегральной эффективности мягкого и упругого шумозащитных шлемов по результатам измерений их акустической эффективности в подшлемном пространстве приведены в табл. 4. Как видно, коэффициент защиты для упругого (жесткого) шлема составил  $-5,4$  дБ, а для мягкого  $-12,6$  дБ, т. е. защита хуже на 7,2 дБ. Однако наушники, встраиваемые в упругий шлем, обладают худшими характеристиками, чем встраиваемые в мягкий шлем, так как они, как правило, имеют меньшую массу.

Оценим интегральную акустическую эффективность мягкого шлема с наушниками ЗАО "НПО "Динафорс" и упругого шлема с наушниками зарубежных фирм (табл. 5), используя для расчетов данные табл. 3 и табл. 4.

Мягкий шлем в совокупности с наушниками производства ЗАО "НПО "Динафорс" обладает коэффициентом защиты  $k_3^{\text{III}} = -15,2$  дБ. Лучшую защиту ( $k_3^{\text{III}} = -14,6$  дБ, т. е. на 0,6 дБ выше) в составе упругого шлема обеспечивают наушники фирмы



Таблица 4

## Показатели акустической эффективности мягкого и упругого шлемов

| Характеристика                 | Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц |    |    |    |     |    |     |     |     |      |      |      |      | $k_3^{\text{ш}}$ , дБ |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|----|----|----|-----|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----------------------|
|                                | 2                                               | 4  | 8  | 16 | 32  | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |                       |
| ПДУ шума, дБ                   | 100                                             | 95 | 90 | 85 | 107 | 95 | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |                       |
| Акустическая эффективность, дБ |                                                 |    |    |    |     |    |     |     |     |      |      |      |      |                       |
| упругого шлема                 | 0                                               | 0  | 0  | 1  | 4   | 11 | 9   | 20  | 18  | 21   | 23   | 26   | 38   | –5,4                  |
| мягкого шлема                  | 0                                               | 0  | 0  | 0  | 0   | 1  | 2   | 4   | 5   | 9    | 20   | 29   | 39   | –12,6                 |

Таблица 5

## Акустическая эффективность мягких и упругих шлемов со встроенными наушниками

| Шлемы шумозащитные со встроенными наушниками                                                                                               | Минимальное поглощение шума, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц |   |    |    |    |    |     |     |     |      |      |      |      |       | $k_3^H$ , дБ | $k_3^Ш$ , дБ | SNR, дБ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|--------------|--------------|---------|
|                                                                                                                                            | 2                                                                                    | 4 | 8  | 16 | 32 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |       |              |              |         |
| Мягкий шлем + наушники ЗАО «НПО «Динафорс»                                                                                                 | 2                                                                                    | 9 | 11 | 5  | 4  | 5  | 8   | 17  | 39  | 46   | 44   | 49   | 47   | –15,7 | –15,2        | 29           |         |
| Упругий шлем + наушники ATI/David Clark DCAT Flight Deck Cranial                                                                           | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 16  | 23  | 30  | 38   | 34   | 32   | 32   | –19,9 | –14,6        | 33           |         |
| Упругий шлем + наушники HGU-25/P Flight Deck Helmet/S                                                                                      | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 16  | 22  | 28  | 39   | 32   | 33   | 34   | –20,0 | –14,6        | 32           |         |
| Упругий шлем + наушники Gentex HGU-53/P                                                                                                    | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 15  | 8   | 19  | 26   | 39   | 50   | 53   | –24,0 | –17,8        | 24           |         |
| Упругий шлем + наушники Gentex HGU-55/P                                                                                                    | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 10  | 5   | 19  | 31   | 44   | 49   | 50   | –25,1 | –18,7        | 21           |         |
| Упругий шлем + наушники Gentex HGU-55/P w/mask/Oregon Aero Zetaliner/Standard Earcups                                                      | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 9   | 8   | 15  | 28   | 37   | 50   | 54   | –25,6 | –19,2        | 22           |         |
| Упругий шлем + наушники Gentex HGU-55/P w/mask (no valve)/Oregon Aero Zetaliner/Standard Earcups                                           | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 2   | 2   | 11  | 25   | 34   | 47   | 52   | –30,6 | –23,6        | 17           |         |
| Упругий шлем+наушники Gentex HGU-55/P w/mask (no valve)/Oregon Aero Zetaliner & Softcups                                                   | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 5   | 2   | 10  | 26   | 35   | 50   | 57   | –30,3 | –23,4        | 17           |         |
| Упругий шлем + наушники Gentex HGU-55/P w/mask/Oregon Aero Zetaliner & Softcups/Standard Speaker                                           | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 9   | 6   | 12  | 27   | 35   | 50   | 55   | –27,5 | –20,9        | 20           |         |
| Упругий шлем + наушники Gentex HGU-55/P w/mask (no hose) & visor/Oregon Aero Zetaliner/Acousticom H-154-ENC earcups—Passive Only (ANR off) | —                                                                                    | — | —  | —  | —  | —  | 9   | 5   | 11  | 25   | 33   | 50   | 56   | –28,6 | –21,8        | 19           |         |

David Clark и Flight Deck (строки 3 и 4, табл. 5) — эти модели обладают и лучшими значениями показателя SNR (33 дБ и 32 дБ соответственно). Все остальные марки шлемов характеризуются гораздо худшими значениями  $k_3$  и SNR.

В заключение следует отметить, что разработанный метод расчета интегральной оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума дополняет существующие стандартные методы оценок и позволяет адекватно оценивать акустическую эффективность во всем диапазоне частот, заданном санитарными нормами (2 Гц...8 кГц). Кроме того, метод позволяет дать объективную количественную характеристику акустической эффективности отдельно шлемов (по измерениям в подшлемном пространстве) и

шлемов в комплекте с наушниками. Предложенная методология может быть использована и для анализа акустической эффективности всего комплекта средств защиты (наушники, шлемы, виброкостюмы) от акустического воздействия во всем диапазоне частот.

## Список литературы

1. Крылов Ю. В. Шум и вибрация как экологические факторы среды обитания // Человек в измерениях XX века. Прогресс человечества в двадцатом столетии. Т. 4. — Россия—Украина, 2002. — С. 263—314.
2. Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Ахметзянов И. М., Шешегов П. М. Авиационный шум: специфические особенности биологического действия и защиты // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2012. — Т. 46, № 2. — С. 9—16.



3. Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Ахметзянов И. М., Шешегов П. М. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Теоретическая и прикладная экология. — 2011. — № 3. — С. 97—101.
4. Солдатов С. К., Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Аверьянов А. А., Россельс А. В., Пацкин Г. А., Соколов Б. А. Средства и методы защиты от авиационного шума: состояние и перспективы развития // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2011. — Т. 45, № 5. — С. 3—11.
5. Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А., Солдатов С. К. Медико-социальные аспекты экологической безопасности населения, подвергающегося кумулятивному действию авиационного шума // Экология промышленного производства. — 2011. — № 2. — С. 9—14.
6. Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Драган С. П., Ахметзянов И. М. Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука // Экология и промышленность России. — 2012. — № 3. — С. 46—49.
7. Зинкин В. Н., Солдатов С. К., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А., Ахметзянов И. М., Шешегов П. М. Риски здоровью, обусловленные кумулятивным действием авиационного шума, и мероприятия по борьбе с ним // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2011. — № 1. — С. 80—88.
8. Защита населения от повышенного шумового воздействия // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 10. — Приложение.
9. Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Солдатов С. К., Богомолов А. В. Медико-биологическая оценка эффективности средств индивидуальной защиты от шума // Медицина труда и промышленная экология. — 2011. — № 4. — С. 33—34.
10. Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Драган С. П., Ахметзянов И. М. Анализ рисков здоровью, обусловленных сочетанным действием шума и инфразвука // Проблемы анализа риска. — 2011. — Т. 8, № 4. — С. 82—92.
11. Зинкин В. Н., Богомолов А. В., Еремин Г. И., Драган С. П. Технология исследования акустической эффективности средств защиты от низкочастотного шума и инфразвука // Мир измерений. — 2011. — № 10 (218). — С. 40—45.
12. Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Драган С. П., Богомолов А. В. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 9 — С. 2—10.
13. Зинкин В. Н., Кукушкин Ю. А., Богомолов А. В., Солдатов С. К., Шешегов П. М. Анализ эффективности средств защиты от шума во взаимосвязи с профессиональной надежностью специалистов "шумовых" профессий // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2011. — № 3. — С. 70—76.
14. Звукоизоляция и звукопоглощение / Под ред. Л. Г. Осипова и В. Н. Бобылева. — М.: Астрель, 2004. — 450 с.
15. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Под ред. Н. И. Иванова. — М., 2008. — 422 с.
16. СН 2.2.4/2.1.8.562—96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
17. СН 2.2.4/2.1.8.583—96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.

УДК 658.382.3

**В. М. Минько**, д-р техн. наук, проф., **И. Ж. Титаренко**, канд. техн. наук,  
**Е. А. Бондарь**, канд. техн. наук, Калининградский государственный технический  
 университет  
 E-mail: mcotminko@mail.ru

## Методология разработки оптимальной годичной программы снижения профессиональных рисков

*Изложен порядок разработки годовой программы снижения профессионального риска, обеспечивающей минимальное значение дозы воздействия на работников опасных и вредных производственных факторов, с учетом результатов аттестации рабочих мест по условиям труда и объемов финансирования мероприятий по охране труда.*

**Ключевые слова:** профессиональные опасности, оценка риска, оптимальное управление, снижение риска

**Minko V. M., Titarenko I. Zh., Bondar E. A. Methodology of Working out Optimum Annual Programs of Decrease in Professional Risks**

*The order of working out of the annual program of decrease professional risks, a dose of influence providing the minimum value on workers of dangerous and harmful production factors is stated. Results of certification of workplaces on working conditions and volumes of financing of actions for a labour safety are considered.*

**Keywords:** professional dangers, an estimation of risk, optimum management, decrease in risk



Действующие в настоящее время в России стандарты по управлению охраной труда [1–4] ориентируют все организации на количественную оценку имеющихся профессиональных рисков и их снижение или устранение. Однако конкретные методики подготовки соответствующих программ или планов не предлагаются. Применяемые методики дают противоречивые результаты [5] и в большинстве являются достаточно субъективными. Это ставит практических работников в сложное положение, сдерживает внедрение в полном объеме систем управления охраной труда.

По мнению авторов, при разработке программ снижения профессиональных рисков необходимо ориентироваться на максимальное снижение дозы воздействия выявленных, например, в ходе аттестации рабочих мест (АРМ) по условиям труда, опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ). Хорошо известно, что не текущие значения повышенных уровней шума, вибрации или других факторов определяют соответствующие вредные эффекты, а продолжительность воздействия этих факторов. То же относится и к опасным факторам: чем продолжительнее какая-либо работа, например, на высоте с подмостей без ограждения, тем вероятнее несчастный случай.

Для количественной оценки дозы воздействия ОВПФ, ед., предлагается выражение

$$D = RT, \quad (1)$$

где  $R$  — общий уровень риска, ед.;  $T$  — продолжительность воздействия (в качестве единиц измерения может быть принят месяц, квартал, год).

Общий уровень риска (или интенсивность ОВПФ), ед., определяется следующим образом:

$$R = \sum_{i=1}^m x_i N_i, \quad (2)$$

где  $m$  — число выявленных ОВПФ;  $x_i$  — оценка уровня риска в баллах (по шестибальной шкале) по отношению к  $i$ -му ОВПФ;  $N_i$  — число работников, находящихся под воздействием  $i$ -го ОВПФ.

Принимается, что отклонения в неблагоприятную для человека сторону любого фактора условий труда, т. е. повышенный шум, повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, пониженная освещенность, травмоопасность оборудования и т. п., представляют разновидность ОВПФ.

Подставив выражение (2) в формулу (1), получаем

$$D = \left( \sum_{i=1}^m x_i N_i \right) T, \quad (3)$$

из которого следует, что для уменьшения дозы  $D$  необходимо уменьшить уровень риска по отдельным факторам (оценивается по величине  $x_i$ ), число работ-

Таблица 1

Таблица перевода классов условий труда в баллы риска

| Классы условий труда | Оптимальный 1 | Допустимый 2 | Вредный 3 по подклассам |     |     |     | Опасный 4 |
|----------------------|---------------|--------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----------|
|                      |               |              | 3.1                     | 3.2 | 3.3 | 3.4 |           |
| Балл риска $x_i$     | 1             | 2            | 3                       | 4   | 5   | 6   | —         |

ников  $N_i$ , занятых в опасных или вредных условиях, время работы  $T$  в опасных и вредных условиях.

Балльные оценки риска  $x_i$  могут быть получены либо по психофизическим формулам [6], либо исходя из переводной табл. 1.

В качестве примера приведем психофизическую формулу для оценки риска  $x_{ш}$  воздействия повышенного шума

$$x_{ш} = 2 \cdot 10^{0,1 n_{ш} (L_{ф} - L_{ПДУ})}, \quad (4)$$

где  $n_{ш}$  — психофизический коэффициент, который для повышенного шума равен 0,3;  $L_{ф}$  и  $L_{ПДУ}$  — фактический и предельно допустимый уровни шума соответственно, дБА.

Из формулы (4) следует, что если  $L_{ф} = L_{ПДУ}$ , то  $x_{ш} = 2$  (допустимые условия), если  $L_{ф} < L_{ПДУ}$ , то  $x_{ш} < 2$  и условия труда будут приближаться к оптимальным.

Для опасного класса условий труда 4 в табл. 1 оценка риска в баллах не указана, так как рабочие места с такими условиями должны либо ликвидироваться, либо оперативно приводиться в более безопасное состояние.

При расчете общего уровня риска  $R$  должны учитываться и факторы, получившие оценки  $x_i = 2$ , так как допустимые уровни не гарантируют охрану здоровья лицам с повышенной чувствительностью.

Выполненные исследования показали, что уменьшение дозы  $D$  ведет к снижению общего числа различных отклонений в состоянии здоровья работников [7].

Максимальное снижение дозы  $D$  обеспечивается соблюдением оптимальной последовательности реализации предупредительно-профилактических мероприятий, которая устанавливается по величине коэффициента социально-экономической эффективности профилактических мероприятий

$$E_i = \frac{x_{hi} - x_{pi}}{W_{pi}} N_i, \quad (5)$$

где  $x_{hi}$  и  $x_{pi}$  — оценка риска в баллах в начале периода планирования (по данным АРМ) и планируемые оценки соответственно;  $W_{pi}$  — планируемые по смете затраты на выполнение мероприятия по  $i$ -му ОВПФ.

Чем выше значение  $E_i$ , тем раньше по срокам должно выполняться соответствующее мероприятие.

При планировании снижения профессиональных рисков приоритетными являются мероприятия, обеспечивающие оптимальные или допустимые условия труда, т. е.  $x_{pi} = 1$  или  $x_{pi} = 2$ .

Естественно, что при разработке программы снижения профессиональных рисков должны учитываться и соответствующие общие допустимые затраты на снижение риска в организации.

Все расчеты могут выполняться по формам (табл. 2 и 3) путем заполнения их вручную или с помощью ЭВМ. Формы подготовлены авторами для условного примера, включающего девять выявленных ОВФ. На годичную программу снижения рисков организация планирует выделить 750 тыс. руб. с равномерной разбивкой по кварталам, т. е. на один квартал может быть выделено 750 тыс. руб. : 4 = 187,5 тыс. руб.

В табл. 2 класс условий труда по травмоопасности оценен 5 баллами, хотя по действующему порядку проведения АРМ по условиям труда [8] этот фактор оценивается по трехбалльной шкале. Следует отметить, что применение разных шкал для оценки состояния условий труда (по степени соответствия гигиеническим нормативам, по травмоопасности, по обеспеченности СИЗ) является очевидным недостатком указанного нормативного акта. Получается, что одним и тем же баллом оцениваются совершенно различные состояния, хотя применение единых шкал для оценки всех факторов условий труда (шестibalльная шкала) давно известно [9], [10].

В гр. 10 табл. 2 по формуле (5) определены показатели социально-экономической эффективности  $E_i$  профилактических мероприятий, которые существенно различаются по своим значениям. В частности, мероприятие 8 характеризуется эффективностью, равной 0,870, а мероприятие 3 имеет эффективность 0,212, разница в 4,1 раза. Важно подчеркнуть, что показатель  $E_i$ , исходя из формулы (5), представляет собой отношение эффекта, т. е. снижения уровня риска  $(x_{hi} - x_{pi})N_i$ , к затратам, т. е. мы имеем эффект на единицу затрат. Чем он больше, тем в более ранние сроки должны выполняться соответствующие мероприятия.

В табл. 3 (гр. 1) все мероприятия размещены в порядке убывания величины  $E_i$ : 8-5-7-6-1-4-9-2-3 (см. табл. 2). В гр. 2 табл. 3 указаны нарастающим итогом затраты, что сделано для определения периода времени (квартал, месяц), в течение которого необходимо выполнить мероприятие (или группу мероприятий) — см. гр. 3. Для рассматриваемого примера объем финансирования на один квартал составляет 187,5 тыс. руб. Следовательно, мероприятия 8, 5, 7 и частично 6 могут быть выполнены в I квартале. Финансирование на два квартала составляет  $2 \cdot 187,5 = 375$  тыс. руб. Следовательно, мероприятия 6, 1 и частично 4 могут быть выполнены во II

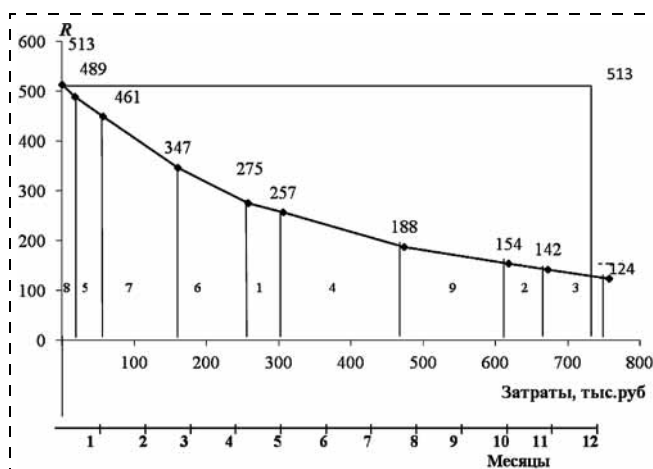
квартале. Аналогичным образом определяются группы мероприятий, выполняемых в III и IV кварталах.

Сроки реализации профилактических мероприятий могут быть определены и с разбивкой по месяцам. Их порядковые номера указаны в гр. 3 табл. 3 в скобках. Для определения этого нужно учесть нарастание финансирования по месяцам года. При равномерном финансировании в расчете на 1 месяц имеем для рассматриваемого примера: 750 тыс. руб. : 12 = 62,5 тыс. руб., на два месяца —  $2 \cdot 62,5 = 125$  тыс. руб. Поэтому в гр. 3 табл. 3 указано, что мероприятия 8 и 5 должны выполняться в 1-й месяц года, а мероприятие 7 — во 2-м, 3-м месяцах года. Аналогично определяются сроки реализации по месяцам года для остальных мероприятий.

Соблюдение оптимальной последовательности реализации профилактических мероприятий обеспечивает минимальный остаточный риск (точнее — минимальную остаточную дозу воздействия ОВФ).

По данным табл. 3 построен график (см. рисунок), отражающий изменение общего риска  $R$  по мере вложения средств в проведение профилактических мероприятий. На рисунке горизонтальных осей две: на верхней обозначены затраты на проведение мероприятий в тыс. руб., на нижней — месяцы года, т. е. ось времени. Важным является то, что масштабы для обеих осей — одинаковые, т. е. если на один месяц объем финансирования составляет 62,5 тыс. руб., то, обозначив указанную сумму на верхней горизонтальной оси и опустив полученную точку на нижнюю ось, получим, что расстояние от начала координат до этой точки будет соответствовать одному месяцу. Такой подход дает возможность построить ось времени, благодаря которой легко видеть, как снижается общий риск по месяцам года и какие мероприятия должны быть выполнены в том или ином месяце (см. рисунок).

Площадь под кривой изменения риска  $R$  по месяцам года пропорциональна остаточной дозе воз-



Изменение общего риска  $R$  по месяцам года при оптимальной последовательности реализации профилактических мероприятий



Таблица 2

## Форма записи исходных данных к разработке годичной программы снижения профессиональных рисков

| Идентифицированный ОВПФ                                     | Класс и подкласс условий труда по данным АРМ | Балл профессионального риска $x_{pi}$ по табл. 1 | Число работников $N_i$ , находящихся под воздействием $i$ -го ОВПФ | Риск $R_{pi}$ , ед., на начало периода по $i$ -му ОВПФ $R_{pi} = x_{pi} N_i$ | Профилактическое мероприятие                                            | Планируемый балл профессионального риска $x_{pi}$ | Остаточный риск $R_{ост}$ , ед., по $i$ -му ОВПФ $R_{ост} = x_{pi} N_i$ | Планируемые затраты на выполнение мероприятия $W_{pi}$ , тыс. руб. | Коэффициент $E_i$ по формуле (5) |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1                                                           | 2                                            | 3                                                | 4                                                                  | 5                                                                            | 6                                                                       | 7                                                 | 8                                                                       | 9                                                                  | 10                               |
| 1. Повышенная физическая нагрузка                           | 3.2                                          | 4                                                | 9                                                                  | 36                                                                           | 1. Установка транспортера                                               | 2                                                 | 18                                                                      | 48,0                                                               | 0,375                            |
| 2. Повышенная травмоопасность                               | 3.3                                          | 5                                                | 4                                                                  | 20                                                                           | 2. Восстановление блокировочных устройств                               | 2                                                 | 8                                                                       | 55,0                                                               | 0,218                            |
| 3. Повышенная загазованность в цехе № 1                     | 3.1                                          | 3                                                | 18                                                                 | 54                                                                           | 3. Устройство местной вытяжной вентиляции                               | 2                                                 | 36                                                                      | 85,0                                                               | 0,212                            |
| 4. Повышенная загазованность в цехе № 2                     | 3.1                                          | 3                                                | 23                                                                 | 69                                                                           | 4. Устройство общеобменной вентиляции                                   | 1                                                 | 0                                                                       | 167,5                                                              | 0,275                            |
| 5. Повышенный шум                                           | 3.2                                          | 4                                                | 14                                                                 | 56                                                                           | 5. Установка акустического экрана                                       | 2                                                 | 28                                                                      | 38,0                                                               | 0,737                            |
| 6. Недостаточная освещенность в цехе № 1                    | 3.2                                          | 4                                                | 18                                                                 | 72                                                                           | 6. Реконструкция системы общего освещения                               | 1                                                 | 0                                                                       | 98,0                                                               | 0,551                            |
| 7. Несоответствие санитарно-бытового обеспечения работников | 3.1                                          | 3                                                | 38                                                                 | 114                                                                          | 7. Увеличение числа умывальников и душевых сеток до нормативного уровня | 1                                                 | 0                                                                       | 103,5                                                              | 0,734                            |
| 8. Неисправное местное освещение                            | 3.1                                          | 3                                                | 8                                                                  | 24                                                                           | 8. Восстановление местного освещения                                    | 1                                                 | 0                                                                       | 18,4                                                               | 0,870                            |
| 9. Повышенная температура                                   | 3.2                                          | 4                                                | 17                                                                 | 68                                                                           | 9. Реконструкция общеобменной вентиляции                                | 2                                                 | 34                                                                      | 144,0                                                              | 0,236                            |
| Суммы                                                       | —                                            | —                                                | 149                                                                | $R_{pi} = 513$                                                               | —                                                                       | —                                                 | $R_{ост} = 124$                                                         | 757,4                                                              | —                                |

Итоговая таблица-решение к оптимальной годичной программе снижения профессионального риска

| Оптимальная последовательность осуществления мероприятий               | Затраты $W_{\pi i}$ нарастающим итогом | Квартал (месяц), в котором необходимо осуществить мероприятие | Снижение риска, ед., $\Delta R_i = x_{\pi i} N_i - x_{\pi i-1} N_i$ | Снижение риска $\Delta R$ , ед., нарастающим итогом | Риск $R_{\text{ост}}$ , ед., убывающим итогом $R_{\text{ост}} = R_{\pi} - \Delta R$ |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                      | 2                                      | 3                                                             | 4                                                                   | 5                                                   | 6                                                                                   |
| 8. Восстановление местного освещения                                   | 18,4                                   | I (1-й)                                                       | 24                                                                  | 24                                                  | 489                                                                                 |
| 5. Установка акустического экрана                                      | 56,4                                   | I (1-й)                                                       | 28                                                                  | 52                                                  | 461                                                                                 |
| 7. Увеличение числа умывальников и душевых сеток до нормального уровня | 159,9                                  | I (2-й—3-й)                                                   | 114                                                                 | 166                                                 | 347                                                                                 |
| 6. Реконструкция системы общего освещения                              | 257,9                                  | I—II (3-й—4-й)                                                | 72                                                                  | 238                                                 | 275                                                                                 |
| 1. Установка транспортера                                              | 305,9                                  | II (4-й—5-й)                                                  | 18                                                                  | 256                                                 | 257                                                                                 |
| 4. Устройство общеобменной вентиляции                                  | 473,4                                  | II—III (6-й—8-й)                                              | 69                                                                  | 325                                                 | 188                                                                                 |
| 9. Реконструкция общеобменной вентиляции                               | 617,4                                  | III—IV (8-й—10-й)                                             | 34                                                                  | 359                                                 | 154                                                                                 |
| 2. Восстановление блокировочных устройств                              | 672,4                                  | IV (10-й—11-й)                                                | 12                                                                  | 371                                                 | 142                                                                                 |
| 3. Устройство местной вытяжной вентиляции                              | 757,4                                  | IV (11-й—12-й)                                                | 18                                                                  | 389                                                 | 124                                                                                 |

действия ОВПФ. Полная доза воздействия  $D_0$  в течение года равна произведению общего уровня риска на продолжительность воздействия (число месяцев в году), т. е. для рассмотренного примера  $D_0 = R_{\pi} \cdot 12 = 513 \cdot 12 = 6156$  ед. Остаточная доза воздействия  $D_{\text{ост}}$ , ед., может быть определена по формуле

$$D_{\text{ост}} = \sum_{i=0}^n \frac{R_i + R_{i+1}}{2} \frac{W_i}{W_{\pi}}, \quad (6)$$

где  $n$  — число профилактических мероприятий;  $R_i$  — общий остаточный риск после выполнения мероприятия с порядковым номером  $i$ ; при  $i = 0$  учитывается общий риск  $R_{\pi}$ , полученный непосредственно после АРМ;  $R_{i+1}$  — общий остаточный риск перед реализацией мероприятия с номером  $i + 1$ ;  $W_i$  — затраты на выполнение мероприятия с порядковым номером  $i$ ;  $W_{\pi}$  — объем финансирования мероприятий по снижению риска, соответствующий одному месяцу.

Очевидно, отношение  $W_i : W_{\pi}$  характеризует длительность воздействия ОВПФ в месяцах.

Применяя формулу (6), имеем для рассмотренного примера

$$D_{\text{ост}} = \left( \frac{513 + 489}{2} \right) \frac{18,4}{62,5} + \left( \frac{489 + 461}{2} \right) \frac{38,0}{62,5} + \left( \frac{461 + 347}{2} \right) \frac{103,5}{62,5} + \left( \frac{347 + 275}{2} \right) \frac{98,0}{62,5} + \left( \frac{275 + 257}{2} \right) \frac{48,0}{62,5} + \left( \frac{257 + 188}{2} \right) \frac{167,5}{62,5} + \left( \frac{188 + 154}{2} \right) \frac{144,0}{62,5} + \left( \frac{154 + 142}{2} \right) \frac{55,0}{62,5} + \left( \frac{142 + 124}{2} \right) \frac{85,0}{62,5} = 3100 \text{ ед.}$$

Относительное снижение дозы воздействия определяется по формуле

$$\Delta D = \frac{D_0 - D_{\text{ост}}}{D_0} 100 \%. \quad (7)$$

Для рассмотренного примера получаем

$$\Delta D = \frac{6156 - 3100}{6156} 100 \% = 49,6 \%.$$

Таким образом, при выполнении профилактических мероприятий в оптимальной последовательности доза воздействия может быть снижена на 49,6 %, т. е. наполовину. При любой иной последовательности реализации мероприятий остаточная доза воздействия будет больше и, соответственно, уменьшается относительное снижение дозы воздействия.

В рассмотренном примере общие затраты на выполнение всех профилактических мероприятий практически были равны объему финансирования. Важно отметить, что актуальность определения оптимальной последовательности реализации профилактических мероприятий только возрастает, если имеющихся средств недостаточно для финансирования всей программы снижения профессиональных рисков.

#### Список литературы

- ГОСТ 12.0.230—2007 ССБТ Системы управления охраной труда. Общие требования.
- ГОСТ Р 12.0.007—2009 ССБТ Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.
- ГОСТ Р 12.0.009—2009 ССБТ Системы управления охраной труда на малых предприятиях.
- ГОСТ 12.0.010—2009 ССБТ Системы управления охраной труда. Определение опасностей и рисков.
- Бойко С. В., Каравайков В. М. Проблемы оценки профессиональных рисков на практике // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 12. — С. 2—6.
- Минько В. М. Математическое моделирование в охране труда. — Калининград: изд-во ФГОУ ВПО "КГТУ", 2008. — 248 с.
- Титаренко И. Ж. Об оптимальном управлении процессом повышения безопасности рабочей среды в организациях // Актуальные проблемы охраны труда XXI века. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО "КГТУ", 2008. — С. 138—160.
- Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда / Утв. приказом Минздравсоцразвития России от 26 апреля 2011 г. № 342н.
- Количественная оценка тяжести труда. Межотраслевые методические рекомендации. — М.: Экономика, 1988. — 120 с.
- Минько В. М. Безопасность труда в промышленном рыболовстве. — М.: Агропромиздат, 1990. — 175 с.



**А. И. Сидоров**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
**А. Б. Тряпицын**, канд. техн. наук, доц. **Е. В. Зыкина**, асп.,  
Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет), г. Челябинск  
E-mail: tryapitsyn@mail.ru

## Дробный факторный эксперимент по исследованию влияния шума на величину порогового осязаемого тока и сопротивление тела человека

*Представлены основные элементы экспериментальной установки, разработанной и изготовленной на кафедре "Безопасность жизнедеятельности" Южно-Уральского государственного университета, для исследования влияния шума на величину порогового тока и сопротивление тела человека. Рассмотрены пять варьируемых факторов для проведения эксперимента, основные уровни и интервалы их варьирования, план дробного факторного эксперимента для проведения исследования.*

**Ключевые слова:** дробный факторный эксперимент, факторы, уровни факторов, шум, пороговые токи, сопротивление тела человека

**Sidorov A. I., Tryapitsyn A. B., Zykina E. V.**  
*Fractional Factorial Experiment on the Effect of Noise on the Value of Threshold Tangible Current and the Resistance of the Human Body*

*The article describes the main elements of the experimental setup, designed and manufactured at the Life Safety Department of South Ural State University, to study the effect of noise on the value of threshold currents and the resistance of the human body. The authors have suggested five varied factors for the experiment, the main levels and intervals of their variation, the plan of fractional factorial experiments for the study.*

**Keywords:** fractional factorial experiment, factors, factor levels, noise, threshold currents, resistance of the human body

### Введение

Одним из факторов, приводящих к травмам персонала горнодобывающей отрасли, является электрический ток. Решение вопросов безопасной эксплуатации электрооборудования невозможно без учета критериев электробезопасности. В научно-технической литературе представлена информация о первичных и вторичных критериях электробезопасности. К первым относятся пороговые

значения электрического тока, соответствующие определенным ответным реакциям организма человека [1], а ко вторым — электрическое сопротивление тела человека [2]. На данные критерии электробезопасности могут оказывать влияние различные вредные и опасные производственные факторы, характерные для рабочих мест при работах в электроустановках, однако ни в принятых технических регламентах, устанавливающих требования безопасности к электроустановкам в Российской Федерации, ни в доказательной базе к ним этот факт не учитывается.

### Описание экспериментальной установки

Поскольку воздействие шума на человека зависит от уровня звука, на первом этапе исследования было проведено планирование эксперимента, с помощью которого может быть оценено влияние уровня звука на первичные и вторичные критерии электробезопасности. Для исследования в лабораторных условиях воздействия уровня звука на величину порогового осязаемого тока и сопротивление тела человека была создана заглушенная камера. Эта камера представляет собой хорошо изолированное от внешних шумов и вибраций помещение, в котором звуки почти полностью (90 %) поглощаются при падении на ограждающие поверхности [3]. Звук поглощают специальные облицовочные материалы, обеспечивающие плавный переход от малого акустического сопротивления воздуха в камере к большому акустическому сопротивлению стен. На боковых стенках и потолке камеры смонтированы пять динамиков. Более подробно конструкция камеры представлена в работах [4, 5].

Для исследования первичных и вторичных критериев электробезопасности при сочетанном действии электрического тока и уровня звука была разработана экспериментальная установка, внешний вид и функциональная схема которой представлены на рис. 1, 2 соответственно.



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

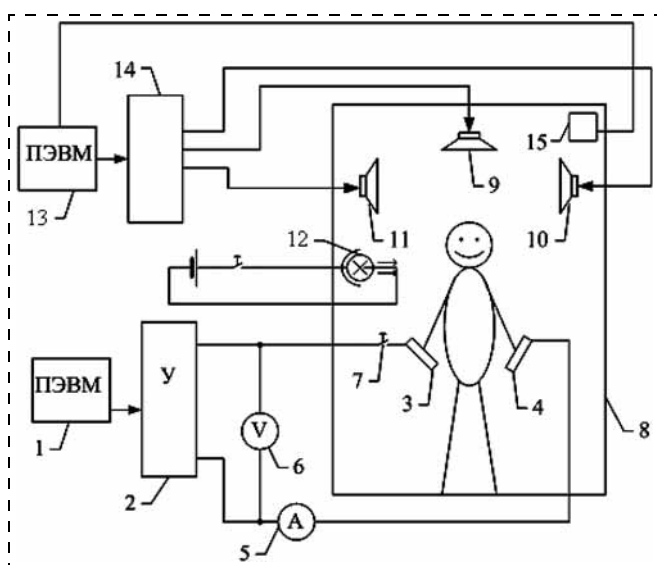


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки

Установка содержит ПЭВМ 1, с помощью которой моделируется сигнал, подаваемый через усилитель 2 на цилиндрические электроды 3, 4, выполненные из стали. Один из электродов оборудован специальной кнопкой 7, позволяющей испытуемому самостоятельно блокировать подаваемое на электроды напряжение. Контроль за напряжением на электродах осуществляется с помощью цифрового вольтметра 6, контроль за током — с помощью миллиамперметра 5. Звук моделируется с помощью ПЭВМ 13, усиливается по мощности усилителем 14 и подается на динамики 9—11, расположенные на каждой из стен заглушенной камеры 8 и на ее потолке над головой испытуемого. Звуковая нагрузка и форма напряжения на электродах моделируются с помощью свободно распростра-

няемого программного комплекса Audacity, который позволяет использовать в экспериментах неизменную скорость нарастания воспроизводимых сигналов.

Камера оборудована световым сигнализатором 12 для сообщения испытуемому о готовности к началу эксперимента. Для визуального контроля за испытуемым используется WEB-камера 15. Для измерения уровня звука в камере применяется анализатор шума и вибрации SVAN-912M.

### Выбор варьируемых факторов для проведения эксперимента

Первым шагом в планировании эксперимента является выбор варьируемых факторов. В качестве варьируемых факторов, характеризующих шум, воздействующий на испытуемого, были выбраны: уровень звука ( $x_1$ ), частота звука ( $x_2$ ), направление звука ( $x_3$ ), а также частота прикладываемого напряжения ( $x_4$ ), наличие высших гармоник, которые появляются в электрической сети при использовании, например, устройств контроля изоляции ( $x_5$ ). Таким образом, при проведении эксперимента варьировалось пять факторов ( $k = 5$ ). В процессе эксперимента фиксировались значения порогового ошутимого тока ( $y$ ) и значение тока при напряжении 2,5 В для дальнейшего расчета полного сопротивления тела человека ( $z$ ). Предварительно проведенные эксперименты показали, что при уровне напряжения на электродах 2,5 В более чем у 95 % испытуемых ток, проходящий по пути рука-рука, ниже порогового ошутимого.

### Выбор диапазона варьирования для каждого фактора

Вторым шагом в планировании эксперимента является установка основных уровней и интервалов варьирования факторов. Напомним, что основным, или нулевым, уровнем фактора называют значение, принятое за исходное в плане эксперимента, а интервалом варьирования фактора называют число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному дает верхний уровень фактора, а вычитание — нижний [6]. Интервал варьирования не может быть выбран меньше той ошибки, с которой экспериментатор фиксирует уровень фактора, а также не может быть большим настолько, чтобы верхний и нижний уровни выходили за пределы области определения фактора. Следует отметить, что увеличение интервала варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации.

Решение задачи целесообразно начать с выбора области эксперимента, который производится на основе априорной информации. Для удобства записи условий эксперимента и обработки экспери-



ментальных данных уровни факторов кодируют. В кодированном виде верхний уровень обозначают +1, нижний –1, а основной 0. При кодировании качественных факторов, имеющих два уровня, верхний обозначается +1, нижний –1. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, называется полным факторным экспериментом.

Целью первого этапа проводимого эксперимента является получение линейной модели. Достижение этой цели предусматривает варьирование факторов на двух уровнях. Возможное количество сочетаний факторов в этом случае равно для данного эксперимента  $2^5 = 32$  опыта.

Рассмотрим диапазоны варьирования для каждого из факторов. Применительно к уровню звука ( $x_1$ ) зададимся двумя уровнями. В качестве верхнего уровня принят предельно допустимый уровень звука для работников горной отрасли, скорректированный с учетом того, что продолжительность воздействия шума на испытуемого в ходе эксперимента составит 1/16 рабочего дня в соответствии с рекомендациями в ГОСТ 12.1.003–83 [7]. Полученный верхний уровень звука составил 97 дБА. Для установления нижнего уровня звука были проведены дополнительные измерения после завершения сборки заглушенной камеры. Измерения уровня звука в течение рабочего дня внутри самой камеры проводились с интервалом 15 мин. Полученные результаты представлены на рис. 3 [4]. Большую часть времени уровень звука внутри камеры не превышает норму для жилых помещений ночью, а именно 30 дБА. В качестве нижнего уровня звука в эксперименте был принят уровень звука в 40 дБА. Это позволяет обеспечить постоянство нижнего уровня звука на всем протяжении эксперимента и дает возможность варьирования частоты и направления шума.

Частота звука ( $x_2$ ) также варьировалась на двух уровнях. В качестве нижнего значения была выбрана частота 50 Гц. В качестве верхнего значения была принята частота 1000 Гц, поскольку наиболь-

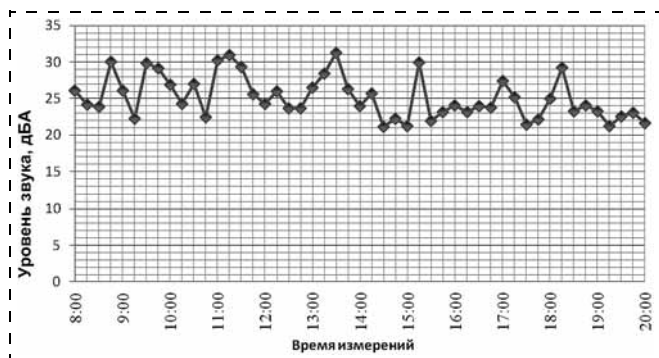


Рис. 3. Изменения уровня звука в камере в течение рабочего дня

шей чувствительностью человеческое ухо обладает на частотах от 1 до 4 кГц, где чувствительность практически постоянна. В диапазоне частот выше 4 кГц чувствительность человеческого уха уменьшается [8].

Направление звука ( $x_3$ ) варьировалось на двух уровнях. Эти уровни задавались качественно. Нижний уровень соответствовал одному источнику звука, находящемуся перед испытуемым, верхний уровень создавался пятью источниками звука, один из которых находились перед испытуемым, второй сзади него, два по бокам от испытуемого и один над его головой. Это обусловлено прежде всего тем, что источник шума машины, с которой работает человек, как правило, находится перед ним. Шум же, создаваемый другими машинами и механизмами, распространяется во всех направлениях и действует на человека со всех сторон. Следует отметить, что уровень звука при использовании как одного, так и пяти источников звука сохранялся постоянным и составлял 40 или 97 дБА в точке пространства, где при проведении эксперимента находилась голова испытуемого.

Частота прикладываемого напряжения ( $x_4$ ) изменялась на двух уровнях. Нижний уровень соответствовал частоте 50 Гц, на которой работает значительная часть машин и оборудования в горной отрасли. Верхний уровень составил 5000 Гц и соответствовал частоте, на которой осуществляется электроснабжение шахтных бесконтактных электровозов.

Наличие высших гармоник ( $x_5$ ) варьировалось на двух уровнях. Нижний уровень соответствовал чисто синусоидальному напряжению, верхний уровень — напряжению с коэффициентом искажения синусоидального напряжения 4 %.

Продолжительность каждого опыта 30 мин. Значение предельного уровня звука, как отмечалось выше, было пересчитано в соответствии с этой продолжительностью [7]. Уменьшение времени воздействия с 8 ч до 30 мин, по мнению авторов, является возможным для получения линейной зависимости влияния шума на пороговый осязаемый ток и полное сопротивление тела человека.

### Планирование дробного факторного эксперимента

При большом числе факторов ( $k > 3$ ) проведение полного факторного эксперимента связано с большим числом опытов, значительно превосходящим число коэффициентов линейной модели. Если при получении модели можно ограничиться линейным приближением, то число опытов можно резко сократить. Эксперимент, предусматривающий реализацию части опытов полного факторного эксперимента, называют дробным факторным экспериментом [6].



В связи с тем что в дробных репликах часть взаимодействий заменена новыми факторами, найденные коэффициенты уравнения регрессии являются совместными оценками линейных эффектов и эффектов взаимодействия. Для числа факторов, равного 3, для определения коэффициентов линейного уравнения достаточно провести 4 опыта вместо 8 в полном факторном эксперименте. План эксперимента, предусматривающий реализацию половины опытов полного факторного эксперимента, называют полуреplikой. При увеличении числа факторов возможно применение реплик большей дробности. Так, например, если два эффекта взаимодействия заменить факторами  $x_4$  и  $x_5$ , то получим четверть реплики.

Таким образом, использование дробного факторного эксперимента позволяет сократить количество опытов исследования в 4 раза. План эксперимента в этом случае представлен в таблице.

Для компенсации влияния случайных погрешностей каждый опыт рекомендуется повторить  $n$  раз. Опыты, повторенные несколько раз при одних и тех же значениях факторов, называются параллельными [6]. Под дублированием понимают постановку параллельных опытов. Обычно число  $n$  параллельных опытов принимают равным 2...3, иногда 4...5 [6].

Следует отметить, что когда в качестве испытуемого в эксперименте выступает человек, проявляется целый ряд случайных факторов, связанных как с индивидуальными особенностями испытуемого, так и с его физическим и эмоциональным состоянием во время проведения эксперимента. Исходя из этого, целесообразно провести опыты с каждым человеком не менее 2 раз. При этом в эксперименте должно участвовать от 5 до 50 человек.

При проведении исследования приходится иметь дело с тремя вариантами дублирования: 1) эксперимент проведен при равномерном дублировании опытов; 2) эксперимент выполнен при неравномерном дублировании опытов; 3) эксперимент поставлен без дублирования опытов. Первый вариант предпочтительнее, так как в этом случае

План дробного факторного эксперимента

| № опыта | $x_0$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $Y$   | $Z$   |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | +1    | +1    | +1    | -1    | -1    | -1    | $y_1$ | $z_1$ |
| 2       | +1    | -1    | +1    | -1    | +1    | -1    | $y_2$ | $z_2$ |
| 3       | +1    | +1    | -1    | -1    | +1    | +1    | $y_3$ | $z_3$ |
| 4       | +1    | -1    | -1    | -1    | -1    | +1    | $y_4$ | $z_4$ |
| 5       | +1    | +1    | +1    | +1    | +1    | +1    | $y_5$ | $z_5$ |
| 6       | +1    | -1    | +1    | +1    | -1    | +1    | $y_6$ | $z_6$ |
| 7       | +1    | +1    | -1    | +1    | -1    | -1    | $y_7$ | $z_7$ |
| 8       | +1    | -1    | -1    | +1    | +1    | -1    | $y_8$ | $z_8$ |

эксперимент отличается повышенной точностью, а математическая обработка экспериментальных данных — простотой. Недостатком такого варианта проведения эксперимента является большое число испытаний. В рассматриваемом случае пришлось бы провести до 1600 опытов. Третий вариант, в соответствии с которым число опытов было бы равно восьми, для проводимого эксперимента неприемлем, поскольку не позволяет учесть ряд случайных факторов, связанных с психофизиологическими особенностями человека и его индивидуальными особенностями. Наиболее подходящим является второй вариант с неравномерным дублированием опытов. Количество параллельных опытов в этом случае определяется результатами, полученными ранее в ходе эксперимента.

### Заключение

Для совершенствования доказательной базы технических регламентов, устанавливающих основные требования по обеспечению безопасности при обслуживании электроустановок в горнодобывающей отрасли, была разработана и создана специальная установка, а также подготовлен план дробного факторного эксперимента. Предварительные результаты, полученные в ходе эксперимента, указывают на необходимость корректировки действующих предельно допустимых уровней токов и напряжений прикосновения в длительном режиме с учетом совместного действия электрического тока и шума.

### Список литературы

1. Ревякин А. И., Кашолкин Б. И. Электробезопасность и противопожарная защита в электроустановках. — М.: Энергия, 1980. — 160 с.
2. Шуцкий В. И., Николайшвили Н. Е. Электрическое сопротивление живого организма как один из критериев электробезопасности // Горный журнал. — 1980. — № 1. — С. 64—67.
3. Борьба с шумом / Под ред. Е. Я. Юдина. — М.: Стройиздат, 1964. — 704 с.
4. Зыкина Е. В., Елисеева Т. Л., Тряпицын А. Б. Установка для исследования влияния шума на электрическое сопротивление тела человека // Электробезопасность. — 2010. — № 2—3. — С. 67—70.
5. Зыкина Е. В., Елисеева Т. Л., Тряпицын А. Б. Защита населения от повышенного шумового воздействия: III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, 22—24 марта 2011.: сб. докладов // Балт. Гос. тех. ун-т "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. — Санкт-Петербург, 2011. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — С. 232—236.
6. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1981. — 184 с.
7. ГОСТ 12.1.003—83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением № 1). — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 15 с.
8. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / Под ред. А. И. Сидорова. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: КНОРУС, 2012. — 552 с.

УДК 340.132.6:658.004

**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
**А. И. Зельдова**, канд. техн. наук, доц., Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
E-mail: zeldova@mail.ru

## Изменение нормативно-правовой базы в области безопасности производственных объектов

*Рассмотрено современное состояние нормативно-правовой базы в области безопасности производственных объектов. Показана роль технического регулирования как нормативной и методологической основы управления рисками и повышения уровня промышленной безопасности.*

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, производственный объект, нормативно-правовая база, техническое регулирование, управление риском, пожарная безопасность

**Krasnogorskaya N. N., Zeldova A. I. Modification of the Regulatory and Legal Framework in the Field of Production Facilities Safety.**

*The current status of the regulatory and legal framework in the field of production facilities safety was considered. The role of technical regulation as regulatory and methodological framework of risk management and improvement of industrial safety was presented.*

**Keywords:** industrial safety, production facilities, regulatory and legal framework, technical regulation, risk management, fire safety

В настоящее время проблемам обеспечения безопасности уделяется повышенное внимание. Это связано, с одной стороны, с ростом числа и масштабов аварий, чрезвычайных ситуаций в промышленности, а с другой стороны, — разработкой целого ряда законодательно-нормативных актов, регламентирующих правовые вопросы обеспечения безопасности населения и защиты окружающей среды.

Существующая нормативно-правовая база в области безопасности производственных объектов на федеральном и региональном уровнях несовершенна. На сегодняшний день в России разработано и введено в действие огромное число нормативных и методических документов, применяемых при осуществлении деятельности по регулированию безопасности.

Однако, несмотря на такое обилие существующих и разрабатываемых нормативных документов, эффективность их применения на практике для

повышения уровня безопасности производственных объектов до сих пор очень низка, что подтверждается статистикой количества аварий на опасных производственных объектах и несчастных случаев на производстве.

Данные обстоятельства обосновывают необходимость создания совершенной законодательной и нормативно-правовой базы, обеспечивающей в новых экономических условиях устойчивое и безопасное функционирование опасных промышленных объектов и стимулирующей мероприятия по снижению риска чрезвычайных ситуаций и смягчению их последствий.

В основу изменений, вносимых в систему нормативно-правового обеспечения промышленной безопасности, должны быть заложены следующие требования:

- уменьшение количества нормативно-правовой документации, устанавливающей минимально необходимые требования безопасности;
- исключение дублирования и противоречий в требованиях нормативных документов;
- обеспечение уровня безопасности, отвечающего современному состоянию развития общества, национальной экономики, материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития.

Обеспечение производственной безопасности невозможно без реализации одного из наиболее эффективных инструментов управления в экономике — управления риском или риск-менеджмента. Значительная роль в управлении безопасностью промышленных объектов отводится международному стандарту ISO 31000:2009 Риск Менеджмент — Принципы руководства, устанавливающему основополагающие принципы и процессы в области управления рисками, а также российским стандартам в области риск менеджмента, введенным в действие с 1 сентября 2011 г.:

— ГОСТ Р 54145—2010. "Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Общая методология";

— ГОСТ Р 54144—2010 "Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных

мер безопасности и оценки рисков. Идентификация инцидентов";

— ГОСТ Р 54142—2010 "Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий";

— ГОСТ Р 54141—2010 "Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Эталонные сценарии инцидентов";

— ГОСТ Р 54138—2010 "Проведение самооценки деятельности предприятий на соответствие систем менеджмента качества предприятий требованиям ГОСТ Р ИСО 9001—2008".

### Техническое регулирование в Российской Федерации

На сегодняшний день основой управления рисками в России является техническое регулирование. Многие сферы жизни человека связаны с техническими и технологическими нормами, правилами эксплуатации машин и механизмов, обеспечения безопасности различных участков деятельности, охраны здоровья и жизни населения. Роль этих правил становится особенно значимой в настоящее время, когда пренебрежение техническими нормами может привести к катастрофическим последствиям, к нанесению ущерба здоровью людей, имуществу и окружающей природной среде.

Принятие 27 декабря 2002 г. Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании", который, по сути, является нормативной и методологической основой управления рисками, обозначило наступление нового этапа существования технико-юридических норм, заложило основы правового фундамента технического регулирования.

Закон о техническом регулировании (рис. 1) стал генератором проведения реформы технического регулирования в стране.

Целями нового законодательства о техническом регулировании являются:

— ликвидация препятствий в виде необоснованных административных барьеров для развития бизнеса;

— снятие ограничений для внедрения новой продукции, технического прогресса и инноваций;

— стимулирование предпринимательской инициативы, в том числе путем активного вовлечения бизнеса в нормотворческий процесс.

Предполагалось создать национальную систему технического законодательства, охватывающую основные аспекты хозяйственной деятельности (безопасность продукции, процессов производства, эксплуатации, транспортировки, хранения, утилизации, экологическая безопасность), построенную на единых принципах и направленную на обеспече-

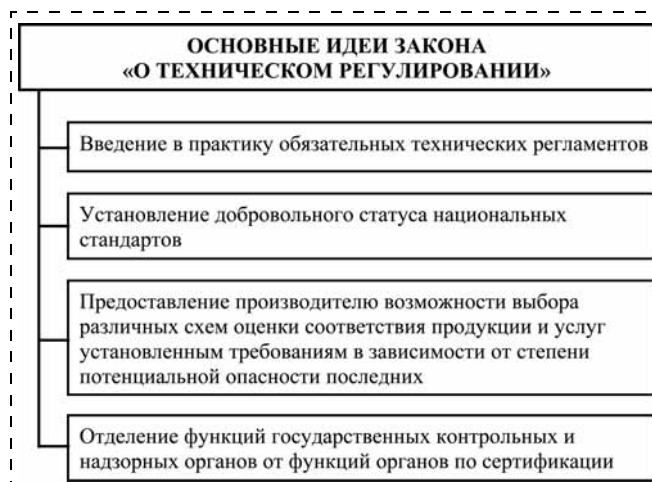


Рис. 1. Основные идеи Федерального закона "О техническом регулировании"

ние безопасности граждан. Однако в ходе ревизии сфера действия закона была урезана изъятием из нее процессов, не связанных с требованиями к безопасности продукции, и вопросов охраны окружающей среды, что сделало границу между процессами, входящими либо не входящими в сферу технического регулирования, крайне размытой, а поле технического регулирования фрагментированным.

Тем не менее настоящий закон определил новую систему установления и применения требований к продукции, процессам производства, работам и услугам и создал основы единой политики в областях технического регулирования, стандартизации и сертификации, отвечающей современным международным требованиям.

Реорганизация системы технических отношений мотивирована в значительной степени вступлением России в ВТО и выполнением обязательств по Соглашению о сотрудничестве с ЕЭС.

Основными инструментами технического регулирования являются технические регламенты, которые содержат обязательные для исполнения требования (к безопасности продукции, услуг, работ, производственным процессам, правилам эксплуатации, хранения, перевозки и транспортирования, реализации, утилизации), вводимые Федеральными законами, исполнение которых контролирует государство. Стандарты же должны быть разработаны в развитие требований технических регламентов и содержать в себе конструктивные решения, требования к исполнению, рекомендации по использованию определенных материалов и т. п., т. е. требования, обеспечивающие выполнение технических регламентов. Другими словами, в технических регламентах должна быть четко сформулирована цель — ЧТО должно быть обеспечено, а в стандартах — КАК это может быть обеспечено, при этом стандарты являются добровольными к исполнению (рис. 2).



Рис. 2. Схема технического регулирования

Закон "О техническом регулировании" изменил не только юридический статус стандартов, но и документальную базу стандартизации. С принятием данного закона вся система стандартизации подверглась поэтапному реформированию:

1-й этап — начальный (2002 г.) — оценка состояния Государственной системы стандартизации (ГСС), функционирующей с 1992 г.;

2-й этап — переходный (с 2003 г.) — преобразование ГСС в Национальную систему стандартизации с изменением правового статуса системы с государственного на добровольный;

3-й этап — окончание формирования национальной системы стандартизации — системы, возглавляемой негосударственной организацией и ба-

зирующей на национальных стандартах только добровольного применения.

Изначально планировалось к 2010 году завершение 3-го этапа, на котором обязательными к исполнению перестанут быть все стандарты и нормативные документы, касающиеся безопасности и качества продукции и услуг, а также сертификация, декларирование продукции и другие формы оценки соответствия, не предусмотренные техническими регламентами. Однако данный этап продолжается и по сей день.

Если ранее согласно Закону РФ "О стандартизации" фонд нормативных документов по стандартизации представлял собой четырехуровневую систему (рис. 3),



Рис. 3. Уровни государственной системы стандартизации (ГСС)

то с 1 июля 2003 г. — дня вступления в силу ФЗ "О техническом регулировании":

- признаны национальными действующие государственные и межгосударственные стандарты;

- впредь до вступления в силу соответствующих технических регламентов действующие государственные и межгосударственные стандарты рекомендовано применять в добровольном порядке, за исключением обязательных требований;

- с принятием технических регламентов перейдут в разряд добровольных документов нормы и правила федеральных органов исполнительной власти (СанПиН, СНиП и т. д.);

- ОСТы будут трансформированы в национальные стандарты, а также стандарты ассоциаций, союзов и объединений предпринимателей, общественных организаций.

В итоге на заключительном этапе возможно существование двух систем: национальной — действующей в общероссийском масштабе, и локальной — действующей в рамках организации.

Теперь же к документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся:

- национальные стандарты;
- межгосударственные стандарты, введенные в действие в РФ;
- правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- стандарты организаций.

Техническое регулирование предполагает единые подходы к управлению процессами производства, установлению требований к уровню развития национальной экономики, материально-экономической базы и научно-технического прогресса. Техническое регулирование необходимо для решения комплекса задач, связанных с обеспечением безопасности промышленных объектов, системной надежности и экономической эффективности производства.

Таким образом, главными задачами технического регулирования являются:

- замена устаревших стандартов, ставших барьерами в расширении инновационной деятельности предприятий;

- последовательное и предсказуемое на долгосрочную перспективу ужесточение требований к эффективности использования природных ресурсов, обеспечению безопасности продукции для окружающей среды, для здоровья людей, снижение энерго- и материалоемкости, определение соответствующей системы поощрений и санкций;

- гармонизация российских стандартов с международными, в первую очередь по тем направлениям, где существуют перспективы расширения экспорта продукции.

Разработка технических регламентов позволит системно охватить вопросы безопасности применения продукции, безопасности опасных производственных объектов, оценки соответствия, аккредитации органов по оценке соответствия при одновременном стимулировании роста промышленного производства.

Целями технического регулирования и контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов в промышленности являются обеспечение надежного и безопасного функционирования промышленных объектов и предотвращение возникновения на них аварийных ситуаций.

Важно отметить, что процедура принятия технических регламентов Федеральными законами предполагает вовлекать в процесс их обсуждения максимальное число заинтересованных сторон — исполнительную власть, специалистов предприятий, научную общественность, а также соответствующие структуры представительной власти, что закладывает гарантии максимального сопряжения интересов производителей, общества и государства, что в корне отличает этот процесс от келейных процедур принятия обязательных требований на уровне исполнительной власти.

### **"Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"**

Описанные выше требования к изменению нормативно-правовой базы в области технического регулирования, необходимые для обеспечения высокого уровня промышленной безопасности, можно наглядно продемонстрировать на примере принятого 22 июля 2008 г. и вступившего в силу 1 мая 2009 г. Федерального закона № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Данный документ свел в один законодательный акт большинство устанавливаемых государством требований к бизнесу и собственникам, в том числе к промышленным объектам, по обеспечению пожарной безопасности.

До вступления в силу настоящего технического регламента в сфере пожарной безопасности действовало более 2000 нормативных правовых актов, содержащих около 150 тыс. противопожарных норм, имеющих различный юридический статус, часто противоречивых и дублирующих друг друга. Данное обстоятельство затрудняло их применение как со стороны собственников объектов противопожарной защиты, так и со стороны надзорных органов. Принятие Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" позволило сократить количество нормативных документов почти в 10 раз (рис. 4).

Отличительной особенностью настоящего документа является то, что, возможно, впервые в области обеспечения безопасности установлены чет-

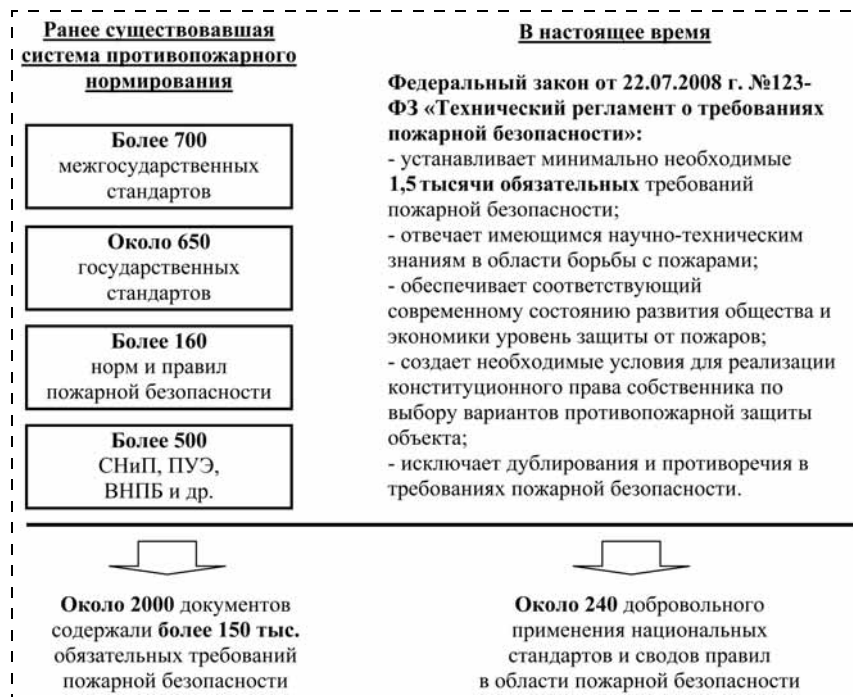


Рис. 4. Сравнительная характеристика системы противопожарного нормирования

кие понятия "нормативный правовой акт" и "нормативный документ". К нормативным правовым актам по пожарной безопасности относятся документы, соответствующие уровню федерального закона. К нормативным документам по пожарной безопасности относятся стандарты, нормы, правила, инструкции, технические условия и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности. В табл. 1 приведен перечень нормативных документов, разработанных в развитие данного закона.

Таблица 1

**Нормативные правовые акты РФ и нормативные документы по пожарной безопасности, разработанные в развитие Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"**

| № п/п                                                                                                  | Нормативно-правовые документы по пожарной безопасности                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации, определяющие (устанавливающие)</b> |                                                                            |
| 1                                                                                                      | Перечень национальных стандартов (237 шт.)                                 |
| 2                                                                                                      | Порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска                      |
| 3                                                                                                      | Порядок независимой оценки пожарного риска                                 |
| 4                                                                                                      | Порядок аккредитации органов, осуществляющих сертификацию продукции        |
| 5                                                                                                      | Список продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия      |
| <b>Приказы МЧС России, утверждающие</b>                                                                |                                                                            |
| 1                                                                                                      | Форму и порядок регистрации декларации пожарной безопасности               |
| 2                                                                                                      | Методики определения расчетных величин пожарного риска (два документа)     |
| 3                                                                                                      | Свод правил, содержащие требования пожарной безопасности (13 наименований) |

Цель рассматриваемого технического регламента — обеспечить соответствующий современному состоянию развития общества и экономики уровень защиты жизни и здоровья людей, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров, а также создание необходимых условий для реализации конституционного права собственника по выбору вариантов противопожарной защиты объекта.

Эта цель достигается путем решения ряда задач, основными из которых являются:

— комплексное обеспечение пожарной безопасности объектов защиты, включая территорию, здания, сооружения, транспортные средства, технологические установки, оборудование, агрегаты, изделия и иное имущество;

— установление минимально необходимых требований пожарной безопасности к различным видам продукции;

— внедрение системы гибкого нормирования в области пожарной безопасности в результате использования механизмов оценки пожарного риска и др.

Данный закон позволит привести нормативную базу требований пожарной безопасности в соответствие с требованиями Федерального закона "О техническом регулировании", сохранив преемственность подходов по обеспечению защиты объектов, проверенных многолетней практикой.

В регламенте вводится новая форма оценки соответствия — декларация пожарной безопасности. Подавая декларацию в уведомительном порядке, собственник объекта принимает на себя ответственность за выполнение мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, при этом ему предоставляется право самому выбирать способ обеспечения пожарной безопасности объекта защиты путем разработки декларации пожарной безопасности, включающей в себя:

— либо перечень нормативных документов по пожарной безопасности, требования которых он обязуется выполнять;

— либо расчеты пожарных рисков и перечень мероприятий, обеспечивающих допустимый уровень рисков, установленный техническим регламентом.

Кроме этого, предусмотрены и другие формы оценки соответствия требованиям пожарной безопасности объектов защиты, среди которых: независимая оценка пожарного риска (аудит пожарной безопасности), государственный пожарный надзор, подтверждение соответствия объектов защиты (продукции) и др.

Важнейшими особенностями настоящего Технического регламента является введение понятия пожарного риска, разработка методик определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382) и на производственных объектах (приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404) и четко определенные нормативные значения пожарного риска.

Вступление в силу рассматриваемого закона позволило создать необходимые нормативные, правовые, организационные и технические основы эффективного регулирования вопросов обеспечения пожарной безопасности.

Фактически для собственников объектов защиты сформированы инструменты и приведены критерии, при помощи которых можно самостоятельно производить разработку, внедрение либо модернизацию общей концепции противопожарной защиты и по результатам провести оценку соответствия объекта защиты требованиям нормативных технических документов в области обеспечения пожарной безопасности. Если давать общую оценку этому нововведению, то это первый шаг к гибкому индивидуальному механизму обеспечения собственной безопасности и управлению ответственностью перед третьими лицами, иными словами, начало становления системы менеджмента рисков в сфере противопожарной защиты.

В последние годы в России активно рассматриваются вопросы, связанные с нормативным обеспечением системы обязательного страхования гражданской ответственности как эффективного экономического инструмента повышения безопасности. Так, помимо принятого 27.07.2010 г. и вступившего в силу с 1 января 2012 г. закона № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте", в целях комплексного решения проблемы защиты от негативных последствий, которые могут быть причинены в результате пожара, разработан и находится в стадии согласования проект ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности за причинение вреда в результате пожара".

Принятие этого документа станет шагом, позволяющим обеспечить гарантированное возмещение материальных потерь, связанных с причинением вреда жизни, здоровью и (или) имуществу потерпевших в результате пожара. Важно, что в систему противопожарной защиты встраивается новый субъект (страховая компания), экономически заинтересованный в повышении уровня противопожарной защиты и имеющий возможность экономически же влиять на него.

Нельзя не отметить ряд технических регламентов, действующих в РФ в настоящее время и иг-

рающих значительную роль в области обеспечения безопасности промышленных объектов, а именно: "О безопасности зданий и сооружений" (декабрь 2009 г.), "О безопасности машин и оборудования" (сентябрь 2010 г.) и др.

Рассматривая вопросы технического регулирования деятельности в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, можно выделить целый ряд разрабатываемых технических регламентов, таких как: "Общие требования к продукции, обеспечивающие гражданскую оборону", "Общие требования к продукции, обеспечивающие защиту населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", "О безопасности маломерных судов", "О требованиях к продукции, обеспечивающей безопасность на водных объектах".

Однако, несмотря на то что Федеральный закон "О техническом регулировании" является одним из крупномасштабных и долгосрочных законодательных инициатив, практика его применения показала довольно низкую эффективность заложенных в нем правовых институтов — до 2010 г., т. е. за 7-летний период реформы технического регулирования принято всего лишь 11 технических регламентов. Основными причинами называют: неэффективный механизм принятия технических регламентов — согласование документов на межведомственном уровне осуществляется в течение весьма длительного периода; неудовлетворительное современное состояние системы стандартизации; отсутствие возможности ориентации отечественной промышленности на передовые мировые стандарты, что создает серьезные барьеры для технологического перевооружения и т. п.

В этой связи в декабре 2009 г. появился законопроект, предусматривающий возможность применения иностранных (в частности, принятых в ЕС) регламентов по желанию производителя.

В 2010 г. три страны — Республика Беларусь, Республика Казахстан и Российская Федерация — приступили к созданию единой системы технического регулирования и подписали соглашение "О единых принципах и правилах в области технического регулирования...", положившее начало разработке технических регламентов Таможенного союза (ТС). В момент вступления в силу технических регламентов ТС национальные нормы прекращают свое действие.

В 2012—2013 гг. все технические регламенты, действующие в РФ, должны быть заменены едиными нормами ТС. С 15 февраля 2012 г. начал действовать первый единый технический регламент ТС "О безопасности пиротехнических изделий". Среди технических регламентов ТС, вступивших в силу в 2012 г., можно выделить следующие: "О безопасности средств индивидуальной защиты", "О безопасности упаковки", "О требованиях к автомобильному



Таблица 2

## Принятые технические регламенты Таможенного союза

| № п/п | Наименование технического регламента ТС                                                                                          | Дата вступления в силу |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 1     | О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту | 31 декабря 2012 г.     |
| 2     | О безопасности низковольтного оборудования                                                                                       | 15 февраля 2013 г.     |
| 3     | О безопасности машин и оборудования                                                                                              | 15 февраля 2013 г.     |
| 4     | О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах                                                                   | 15 февраля 2013 г.     |
| 5     | О безопасности аппаратов, работающих на газообразном топливе                                                                     | 15 февраля 2013 г.     |
| 6     | Электromагнитная совместимость технических средств                                                                               | 15 февраля 2013 г.     |
| 7     | Безопасность лифтов                                                                                                              | 18 апреля 2013 г.      |
| 8     | О безопасности маломерных судов                                                                                                  | 1 февраля 2014 г.      |
| 9     | О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям                                                             | 1 марта 2014 г.        |
| 10    | О безопасности взрывчатых веществ и изделий на их основе                                                                         | 1 июля 2014 г.         |
| 11    | О безопасности железнодорожного подвижного состава                                                                               | 2 августа 2014 г.      |
| 12    | О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта                                                                     | 2 августа 2014 г.      |
| 13    | О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта                                                                        | 2 августа 2014 г.      |
| 14    | О безопасности колесных транспортных средств                                                                                     | 1 января 2015 г.       |
| 15    | Безопасность автомобильных дорог                                                                                                 | 15 февраля 2015 г.     |

и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту".

На сегодняшний день более двух десятков технических регламентов утверждены Комиссией ТС, одобрены правительством РФ и вступают в силу в ближайшие годы (табл. 2), что позволит в значительной степени совершенствовать нормативно-правовую базу в области промышленной безопасности.

Таким образом, анализируя современное состояние технического регулирования в РФ, следует отметить, что, несмотря на несовершенство закона "О техническом регулировании", объективные и субъективные трудности в его практической реализации, несмотря на многочисленные недостатки принятых и принимаемых технических регламентов, нельзя не отметить прогрессивную направленность развития законодательства в области технического регулирования.

**О стандарте ISO 50001:2011  
"Системы энергменеджмента.**

**Требования с руководством по использованию"**

Как было отмечено выше, применение технических регламентов не отменяет использования стандартов, позволяющих развивать требования техрегламентов. В частности, это относится к национальным и международным стандартам серии ИСО в области безопасности как уже внедренным и действующим на промышленных предприятиях РФ (ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001), так и появившимся в России совсем недавно. В послед-

нем случае речь идет о стандарте ISO 50001:2011 "Системы энергменеджмента — Требования с руководством по использованию", появившемся в марте 2011 г. Этот стандарт, являющийся прообразом европейского стандарта EN 16001:2009, стал ответом на требования повышения энергоэффективности современных производств, поскольку энергоэффективность в современной промышленности достигается сегодня большей частью не за счет внедрения новых энергосберегающих технологий, а за счет изменений в методах и способах управления.

Стандарт ISO 50001:2011 — это:

— срез наилучшей практики ведущих американских, европейских и азиатских компаний;

— некая "планка", к которой стремятся ("подтягиваются") как к наилучшей практике в области энергменеджмента;

— некий консенсус, достигнутый в профессиональной среде среди экспертов и специалистов, работающих в технической и менеджерской области;

— некие "костыли" для поддержки, которые являются ценным и незаменимым инструментом практической помощи, а также хорошим ориентиром для энергменеджеров по всему миру.

Этот стандарт призван установить и предложить пользователям четкие, ясные, понятные и прозрачные требования, а также рекомендации и процедуры, позволяющие каждому пользователю на основе собственного опыта попытаться решить проблему энергосбережения.

На сегодняшний день еще не появились национальные версии стандарта ISO 50001:2011. Однако с 1 января 2012 г. введена в действие целая серия отечественных стандартов, область применения которых близка к энергменеджменту:

— ГОСТ Р 54195—2010 "Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по определению показателей (индикаторов) энергоэффективности";

— ГОСТ Р 54196—2010 "Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по идентификации аспектов энергоэффективности";

— ГОСТ Р 54197—2010 "Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по планированию показателей (индикаторов) энергоэффективности".

В результате принятия настоящих стандартов промышленные предприятия получают инструмент опоры и поддержки, с которыми решение проблемы повышения энергоэффективности приобретает системный и комплексный подход, основанный на наилучшей мировой практике.

В заключение хотелось бы отметить, что развитие законодательства в области технического регулирования и стандартизации и те изменения, которые в последние годы претерпевает нормативно-правовая база, являются мощным инструментом повышения уровня безопасности производственных объектов.



**Н. А. Мироненкова**, канд. техн. наук, доц., Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", г. Санкт-Петербург  
E-mail: natalie1@inbox.ru

## Радиационная обстановка на угольных шахтах

*В системе оценки радиационной обстановки важное значение приобретают вопросы определения уровня радиации на месторождениях твердых полезных ископаемых, поскольку при их разработке и нарушении целостности толщи пород подземными выработками интенсивность радиационного облучения за счет естественных радионуклидов (ЕРН) может значительно возрасти. На основании результатов радоновой съемки на поверхности определяются участки геологических нарушений, которые могут представлять опасность при добыче угля.*

**Ключевые слова:** естественные радионуклиды, эквивалентная равновесная объемная активность радона (ЭРОА), напряженность горного массива

**Mironenkova N. A. Radiation Situation in Coal Mines of Kuzbas**

*The issue of radiation level determination on solid commercial deposits take on enormous significance in the evaluation system of radioactivity situation since the fact that deposit's excavation and rock mass integrity violation define the steep curve of radiation exposure by natural radionuclides growth. On the basis of results of radonic shooting in sites of geological infringements which can have dangers at coal mining are specified.*

**Keywords:** the natural radio nuclides, equivalent equilibrium volume activity of radon (EEVA), hills intensity

В земной коре и гидросфере наряду с атомами стабильных изотопов химических элементов находятся в небольших количествах природные радиоактивные изотопы химических элементов. К ним относятся группы естественных радионуклидов: радионуклиды уранорадиевого и ториевого семейств периодической системы элементов и долгоживущие радионуклиды калий ( $^{40}\text{K}$ ), кальций ( $^{48}\text{Ca}$ ), рубидий ( $^{87}\text{Rb}$ ) и др.

Основная доля  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучений в окружающей среде связана с распадом элементов трех естественных радиоактивных семейств (урана, тория, актиноурана), а также калия ( $^{40}\text{K}$ ) и в меньшей степени рубидия. Количество других радиоактивных изотопов в балансе ионизирующего излучения земной коры незначительно. Члены радиоактивных семейств же-

стко связаны между собой. Каждое звено радиоактивного ряда образуется со скоростью, определяемой периодом полураспада предыдущего нуклида, а распадается в соответствии с собственным периодом полураспада. Таким образом, через некоторое время в цепочках распада устанавливается равновесие, т. е. сколько дочерних элементов распадается, столько же и рождается в соответствии с периодами полураспада материнских нуклидов. После длинной цепи преобразований образуются стабильные изотопы свинца (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки).

Единственным газообразным продуктом, который рождается в процессе распада трех семейств ЕРН, является радон. Наибольший вклад в газовую составляющую ЕРН вносят радиоактивные семейства урана ( $^{238}\text{U}$ ) и тория ( $^{232}\text{Th}$ ), в процессе распада которых образуются радиоактивные радон ( $^{222}\text{Rn}$ ) и радон ( $^{220}\text{Rn}$ ) (последний часто называют торон по имени исходного материнского нуклида).

Подсчет вклада радона в формирование средней дозы облучения человека в процессе его жизни существенен. Общий вклад естественного облучения в дозовую нагрузку составляет около 72 %. Вклад радона от естественных источников излучения оценивается в 54 %.

Радон и торон, как и его материнские нуклиды, могут присутствовать в строительных материалах и горных породах. Образующийся в процессе распада радон — инертный газ, который легко диффундирует через макро- и микротрещины горных пород, захватывается потоками других газов и, несмотря на ограниченное время жизни, из-за химической инертности может транспортироваться на значительные расстояния в земной коре и атмосфере. Причем естественная убыль этих газов за счет выделения из материалов (процессы эманации — выделение из кристаллической решетки и эксхалляции — испарение или выделение с поверхности) и естественного распада постоянно компенсируется за счет распада радия и тория, присутствующих в данном материале [9].

Радон мигрирует в земной коре конвективным путем при перепаде давления и температуры. Приток радона из горных пород резко возрастает (на порядок и более) в зонах их дробления, повышенной трещиноватости и пористости.



Поступление радона происходит также за счет его диффузии из почв и горных пород. Скорость этого поступления зависит от уровня содержания урана и радия в горных породах и в почвах, от коэффициента эманирования и проницаемости верхних горизонтов почв и почвообразующих пород.

**Коэффициент эманирования.** Выделение в окружающую среду твердыми веществами, содержащими радий, радиоактивного газа радона называют эманирующей способностью, или эманацией. Эманирующую способность характеризует коэффициент эманирования (отношение количества радона, выделяющегося в окружающую среду из твердого вещества, к полному его количеству, образующемуся за тот же промежуток времени). Коэффициент эманирования радона резко повышается в разрушенных в зоне гипергенеза горных породах, в корах выветривания, в частности в дезинтегрированных гранитах, гнейсах и других породах, обогащенных ураном. В связи с этим отличается выделение радона в пределах площадных и линейных кор выветривания.

Влияние влажности на коэффициент эманирования изучено недостаточно. Известно лишь, что незначительное повышение влажности, как правило, увеличивает коэффициент эманирования, а при большой влажности он уменьшается, что связано с растворением радона в воде. По другим данным, во влажном воздухе эманирование увеличивается в 1,3–1,5 раза, что объясняется образованием жидкой пленки на поверхности эманирующего тела с растворением в ней радия.

Следует отметить, что эманирование — очень сложный процесс, для которого большое значение имеет, в какой форме находится радионуклид — в кристаллической решетке минерала или адсорбирован поверхностью пустот и трещин породы. В последнем случае коэффициент эманирования может быть достаточно высоким. Характерно, что, несмотря на значительные колебания коэффициентов эманирования для отдельных типов горных пород и руд (от 0,01 до 100 %), средняя величина эманирования является довольно постоянной величиной. Так, для кислых магматических пород средний коэффициент эманирования колеблется от 15 до 30 %, а для осадочных и метаморфических пород — от 10 до 25 %. Более высокий коэффициент эманирования (более 30 %) наблюдается, как правило, в рудных образованиях. Коэффициент эманирования, например, для пород и руд Кузбасса, составляет 21...39 %.

**Коэффициент диффузии.** Миграция радона в толще горных пород может происходить диффузионным путем, и скорость этого процесса характеризуется коэффициентом диффузии. Различают газовую диффузию, величина которой определяет-

ся градиентом концентрации, и сорбционную, зависящую от способности среды к сорбции диффундирующего газа. Значение сорбционной диффузии может быть такого же порядка, как и газовой диффузии. Диффузия радона происходит в воздухе и воде, заполняющей поры и трещины пород. Многократные измерения коэффициента диффузии радона показали, что для воздуха он достигает  $1 \cdot 10^{-1} \text{ см}^2/\text{с}$ , а для воды —  $1 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ . Следует отметить, что из-за близких атомных масс изотопов радона коэффициенты их диффузии в одних и тех же средах практически одинаковы. Влияние влажности на диффузию впервые было отмечено А. Г. Грамаковым [3]. При увеличении влажности примерно до 6 % коэффициент диффузии практически не меняется. При большем увлажнении коэффициент диффузии резко уменьшается и при влажности 17 % равен всего  $1 \cdot 10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ .

Миграция радона в горных породах с максимальной интенсивностью происходит по зонам трещиноватости либо совместно с другими газами, либо в растворенном состоянии различными водами. Поэтому важно выделять тектонические разломы, зоны повышенной проницаемости, в том числе техногенного генезиса. Миграция радона к поверхности также усиливается в периоды повышенной сейсмической активности, особенно во время сильных землетрясений.

В практике геологических исследований нередки случаи, когда слаборадиоактивные породы содержат в своих пустотах и трещинах радон в количествах, в сотни и тысячи раз больших, чем более радиоактивные горные породы.

Установлено, что содержание естественных радионуклидов в горных породах и в рудах зависит от их химического состава, условий и времени образования. Горные породы, например, в районе шахт Кузбасса в основном представлены осадочными породами (песчаниками, алевролитами, аргилитами) (табл. 1).

Распределение фоновых (близкларковых) содержаний ЕРН в осадочных горных породах Кузбасса: среднее содержание U составляет 3,3 г/т, Th — 11,6 г/т,  $\text{K}_2\text{O}$  — 2,3 %, доза  $\gamma$ -излучения до 0,88 мЗв/год.

Как показали результаты радиогеохимического районирования [2], на территории России выделяют три близмеридиональных мегаблока с повышенной радиоактивностью (Западно-Европейский, Западно-Сибирский и Забайкальско-Верхоянский). Характерными геологическими особенностями этих мегаблоков являются их литофильная природа, широкое развитие продуктов многократной гранитизации, а также наличие углистых формаций и других специализированных комплексов пород. Кемеровская область относится к мегаблоку с пониженной радиоактивностью.

Таблица 1

Содержание радиоактивных элементов в осадочных породах России и мощность связанной с ними дозы  $\gamma$ -излучений [4]

| Породы                      | Среднее содержание элементов |         |                     | Доза $\gamma$ -излучения, мЗв/год |
|-----------------------------|------------------------------|---------|---------------------|-----------------------------------|
|                             | U, г/т                       | Th, г/т | K <sub>2</sub> O, % |                                   |
| Осадочные                   |                              |         |                     |                                   |
| <i>Терригенные:</i>         |                              |         |                     |                                   |
| конгломерат, гравелит       | 2,7                          | —       | 1,8                 | 0,52                              |
| песчаники, алевролиты       | 2,5                          | 8,0     | 1,9                 | 0,60                              |
| аргиллит, глина             | 3,3                          | 11,6    | 2,3                 | 0,88                              |
| кварцевый конгломерат       | 6,3                          | 31,0    | 0,6                 | 13,20                             |
| <i>Кремнистые:</i>          |                              |         |                     |                                   |
| кремнистые сланцы, кварциты | 2,0                          | 2,5     | 0,8                 | 0,19                              |
| глинисто-кремнистые сланцы  | 2,8                          | 3,6     | 0,6                 | 0,46                              |
| <i>Карбонатные:</i>         |                              |         |                     |                                   |
| известняк                   | 1,7                          | 1,8     | 0,39                | 0,18                              |
| мергель                     | 1,2                          | 3,0     | 0,86                | 0,33                              |
| доломит                     | 2,2                          | 2,6     | 0,62                | 0,34                              |
| битуминозный известняк      | 7,8                          | 12,0    | 1,80                | 0,79                              |
| <i>Соленосные:</i>          |                              |         |                     |                                   |
| гипс, ангидрит              | 1,3                          | 0,7     | —                   | 0,09                              |
| калийная соль               | 0,9                          | 1,0     | —                   | 0,07...0,21                       |
| <i>Каустобиолиты:</i>       |                              |         |                     |                                   |
| каменный уголь              | 3,1                          | 4,6     | —                   | 0,33                              |
| торф                        | 2...5                        | 5,2     | —                   | —                                 |
| горючий сланец              | До 100                       | 10...15 | —                   | 5,5                               |

Разработанные принципы регионального геохимического анализа [7] и составленные на их основе радиогеохимические карты территории России в целом и отдельных ее регионов позволили установить количественные взаимоотношения между основными составляющими геохимического поля земной коры. Одновременно оценены масштабы мобилизации, переноса и отложения урана в разных тектонической и термодинамической обстановках. Все эти составляющие геохимического поля играют важную роль не только в радиогеохимии и металлогении, но и в радиоэкологии, четко фиксируя три уровня накопления радионуклидов и радиации.

Анализ радиогеохимических карт территории России показал, что специализированные на уран формации и урановые месторождения тяготеют к пограничным структурам крупных мегаблоков, зонам гранитизации, отдельным рифтам. В этих же структурах наиболее ярко проявлены миграционные процессы переноса радиоактивных элементов.

Для оценки вклада естественной радиации большое значение имеет карта, составленная сотрудни-

ками "ВИРГ-Рудгеофизика", масштаба 1:10 000 000 (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки).

Анализ и сопоставление радиогеохимических материалов по разным территориям подтвердили сложный характер связей между ураном-радием в горных породах и свободным радоном в подземном воздухе. В ряде районов интенсивные радоновые аномалии в почвенном воздухе и в подземных водах обнаружены далеко за пределами ураново-рудных полей и узлов, иногда без пространственной связи с обогащенными ураном породами.

Исследования радиационной обстановки на не-урановых шахтах Российской Федерации проводились с 1983 г. В большинстве случаев проводились измерения мгновенных значений объемной активности (ОА) радона и аэрозолей дочерних продуктов радона (ДПР) и торона (ДПТ) в воздухе горных выработок эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона и торона. Измерения проводились радиометрами радона и аэрозолей типа РАС-04, РВ-4 и др.

В ходе работ были проведены обследования предприятий, добывающих различные виды минерального сырья (уголь, железные руды, руды цветных металлов и нерудное минеральное сырье). Кроме вида полезного ископаемого, обследованные шахты и рудники различались по способу вскрытия месторождений, способу и схеме проветривания, системам разработки месторождения и доставки горной массы на дневную поверхность и пр. В число обследованных, помимо добывающих предприятий, вошли 27 угольных шахт Урала и Кузбасса.

В табл. 2 представлены результаты измерений ЭРОА радона и торона и мощности дозы внешнего гамма-излучения в обследованных угольных шахтах Кемеровской области.

Таблица 2

Измеренные значения ЭРОА радона и торона и мощности экспозиционной дозы (МЭД) внешнего  $\gamma$ -излучения угля и горючих сланцев в горных выработках угольных шахт

| Шахта             | ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup> |                 | МЭД, мкР/ч |
|-------------------|-------------------------|-----------------|------------|
|                   | радона                  | торона          |            |
| Кемеровская обл.  |                         |                 |            |
| Северная          | 25(<10...86)            | —               | 8(5...12)  |
| Распадская        | max 12                  | —               | 6(3...8)   |
| Юбилейная         | max 17                  | —               | 5(3...8)   |
| АО "Ленинскуголь" |                         |                 |            |
| Заречная          | 83(10...960)            | 1,3(<0,2...11)  | 10(4...15) |
| Комсомолец        | 15(<10...66)            | —               | 6(3...8)   |
| им. Ярославского  | max 10                  | —               | 6(5...9)   |
|                   | 51 (<10...960)          | 2,0 (<0,2...17) | 9(3...17)  |

Примечание. В таблице приведены средние значения величин, в скобках — минимальное—максимальное.



По результатам исследований ЭРОА радона в воздухе горных выработок неурановых рудников и шахт изменяется в диапазоне от менее 10 до 48 000 Бк/м<sup>3</sup>. Мощность экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения на подземных рабочих местах составляет от 0,04 до 3 мкЗв/ч. Наиболее низкие значения ЭРОА радона отмечены на предприятиях, добывающих медные руды, где ее максимальное значение составило 67 Бк/м<sup>3</sup>, и угольные шахты, где среднее значение ЭРОА радона не превышало 42 Бк/м<sup>3</sup> (выполнено 546 измерений), и лишь в единицах случаев отмечались значения выше допустимого уровня, составляющего 310 Бк/м<sup>3</sup> [6, 8]. Частотное распределение результатов измерений ЭРОА радона на подземных рабочих местах показывает, что в 25 % случаев превышает допустимое значение 310 Бк/м<sup>3</sup>.

Измерения, проведенные с использованием методов индивидуальной радоновой дозиметрии, показали, что среднее по времени работы значение ЭРОА радона в зоне дыхания (до 2 м по высоте) горняков составляет от менее 10 до 2000 Бк/м<sup>3</sup>. Из восьми обследованных таким способом предприятий лишь на одной угольной шахте были получены результаты, превышающие значение 310 Бк/м<sup>3</sup>.

Объемная активность долгоживущих ЕРН, содержащихся в рудничной пыли, обычно составляет десятые и сотые доли процента от допустимой, что объясняется жестким значением ПДК силикозоопасной пыли — 1 мг/м<sup>3</sup> [9].

Установлено, что на большинстве обследованных шахт среднее значение уровня активности (УА) <sup>226</sup>Ra и <sup>232</sup>Th не превышает в угле 75 Бк/кг, а во вмещающих породах 120 Бк/кг.

Основной вклад в индивидуальные дозы облучения подземного персонала вносят дочерние продукты радона, долгоживущие радионуклиды ряда урана и ряда тория. Средние по отдельным шахтам дозы облучения персонала находились в пределах 0,8...3,9 мЗв/год.

Для подземных сооружений основными источниками, влияющими на формирование радиационной обстановки, являются: тектонические зоны, участки ослаблений, характеризующиеся аномальными концентрациями радона; подземные воды, концентрация радона в которых на несколько порядков выше, чем в открытых водоемах.

Еще ранее выполненные замеры ЭРОА радона и торона и мощности дозы внешнего  $\gamma$ -излучения на отдельных шахтах Кузнецкого угольного бассейна дали возможность сделать вывод о достаточно высоком содержании естественных радионуклидов.

Из-за своих особенностей радон — оптимальный индикатор при различных геологических ис-

следованиях. Как радиогенный газ он непрерывно генерируется в горных породах в процессе радиоактивного распада, т. е. всегда присутствует в любом горном массиве, и уменьшение его концентрации как за счет распада, так и за счет миграции из массива в воздух постоянно компенсируется новой генерацией этого газа [5, 10]. Поэтому среднее содержание радона в массиве всегда постоянно и определяется концентрацией урана (радия) в этом массиве. Миграция радона в горном массиве и его выделение с поверхности почвы определяют макроскопическим коэффициентом диффузии, который зависит от многих факторов. Наиболее важными из них являются пористость, проницаемость и трещиноватость. При наличии трещиноватости (проницаемости) верхней части массива и восходящих газовых потоков конвекционный перенос радона с газовыми струями может осуществляться с глубин. Несмотря на то, что содержание радона в этих потоках составляет ничтожные доли, проблем с его регистрацией не возникает ввиду его радиоактивности.

Проницаемость массива, наличие в нем связанных пор и трещин заметно зависит от напряженно-деформированного состояния массива. Очевидно, что при сжатии массива проницаемость его снижается, а при разгрузке увеличивается. Следовательно, динамические изменения концентрации радона в приповерхностном слое почвы будут отражать динамические изменения напряженно-деформированного состояния горного массива в значительном объеме.

Изменение напряженного состояния массивов горных пород под действием либо тектонических, либо техногенных причин может приводить к тектоническому землетрясению или к горному удару и обычно возникает при глубине шахт более 300 м. Масштабы этих явлений различны в пространственных и энергетических координатах, но физика явлений практически одна и та же: при увеличении напряженного состояния горных пород выше некоторого предела начинаются необратимые изменения структуры массива горных пород. Динамические изменения структуры горных пород, связанные с изменением их напряженного состояния, вызывают, соответственно, изменения во времени величины эксгаляции радона.

Исследования ученых [1, 11] привели к идее прогноза сейсмических событий на основе изучения процесса выделений (эксгаляции) газа радона из массива горных пород. Анализ этих данных, согласно теории упругой отдачи Джильберта-Рейда, показывает, что накопление энергии в массиве горных пород перед землетрясением или горным ударом и сброс этой энергии в процессе землетрясения происходят в областях, где эти породы

испытывают упругую деформацию. Радоновая съемка также используется для прослеживания существующих тектонических разломов и участков ослабления, что имеет значение для повышения безопасности ведения горных работ.

Следовательно, радоновую съемку на поверхности можно применять с целью выявления геологических нарушений и зон ослабления. Для обеспечения безопасного ведения горных работ необходим постоянный мониторинг радона с целью предупреждения горных ударов.

#### Список литературы

1. Булашевич Ю. П., Уткин В. И., Юрков А. К., Николаев В. В. Изменение концентрации радона в связи с горными ударами в глубоких шахтах // Докл. РАН. — 1996. — Т. 346. — № 2. — С. 245—248.
2. Геологический атлас России. Масштаб 1:10000000 / Отв. Ред. А. А. Смыслов; Роскомнедра, Госкомвуз, РАН, Геокарт. — М.: СПб., 1996.
3. Граммаков А. Г., Лятковская П. М. О диффузии радиоактивных эманаций в горных породах // Геофизика. — 1935. — Т. 5. — Вып. 3. — С. 290.
4. Недра России. Т. 2. Экология геологической среды / Под ред. Н. В. Межеловского, А. А. Смылова. — СПб.—М., 2002. — 658 с.
5. Новиков Г. Ф. Радиометрическая разведка. — Л.: Недра, 1989. — 408 с.
6. СанПиН 2.6.1.2523—09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 100 с.
7. Смыслов А. А. Уран и торий в земной коре. — Л.: Недра, 1974. — 232 с.
8. СП 2.6.1.2612—10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. — 83 с.
9. Терентьев М. В., Терентьев Р. П. Уровни облучения шахтеров неуранных шахт России // АНРИ. — 1997. — № 3/4. — С. 74—80.
10. Уткин В. И. Газовое дыхание Земли // Соросовский Образовательный Журнал. — 1997. — № 1. — С. 57—64.
11. Уткин В. И., Юрков А. К. Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения // Докл. РАН. — 1998. — Т. 358. — № 5. — С. 675—680.

## БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

УДК 376.1

**Р. Н. Минниханов**, д-р техн. наук, проф., главный государственный инспектор безопасности дорожного движения Республики Татарстан, г. Казань  
E-mail: guncbgd@mail.ru

### Теоретические основания формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения

*В статье описаны структурообразующие компоненты готовности кандидата в водители, знаниевые и деятельностные критерии, показатели адекватности. Определены принципы формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения (БДД): конгруэнтности, ассоциативности, субъективности, когерентности, открытости, а также составляющие комплексного обеспечения данного процесса.*

**Ключевые слова:** готовность, кандидаты в водители, обеспечение БДД, предпосылки, качество подготовки водителей, практикоориентированные занятия, деятельностные критерии, принципы формирования готовности к обеспечению БДД, комплексное обеспечение готовности, программно-учебное обеспечение

**Minnikhanov R. N. Theoretical Foundations of Formation of Readiness to Candidates for Drivers for Road Safety**

*In article the structure and the maintenance are described structural readiness components candidates in drivers, knowledge and occupational criteria, indicators. Formation principles readiness candidates for drivers to maintenance traffic safety are defined: congruence, associativities, subjective, coherence, openness, and also components of complex maintenance of the given process.*

**Keywords:** readiness, candidates for drivers, maintenance of traffic safety, preconditions, quality of preparation of drivers, practical employment, occupational criteria, principles of formation of readiness for maintenance of traffic safety, complex maintenance of readiness, educational program maintenance



Дорожное движение представляет собой процесс специфических коммуникаций, обуславливающих существование дорожного сообщества. Безопасность дорожного движения — это динамичное образование, своевременно и адекватно реагирующее на меняющиеся опасности и угрозы в процессе дорожно-транспортных отношений, обуславливающее формирование основных понятий об опасных и чрезвычайных ситуациях на дорогах и обеспечивающее готовность субъектов дорожно-транспортных отношений к безопасному поведению на дороге [1, 2].

Анализ исследований в области безопасности дорожного движения позволил выделить следующие предпосылки формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения:

— антропоцентрические, включающие психологическое обеспечение безопасности дорожного движения, изучение влияния психологических качеств личности на стиль вождения и поведение на дороге, психофизиологический отбор кандидатов на обучение вождению автотранспорта;

— акмеологические, обуславливающие создание технологий подготовки кандидатов в водители автотранспорта и повышения их квалификации, механизмов формирования профессиональной надежности и культуры поведения водителя, а также моделей подготовки водителя к обеспечению собственной безопасности и безопасности дорожного движения;

— эргономические, направленные на изучение безопасности дорожного движения в системе "В — А — Д — С" (водитель — автомобиль — дорога — среда) и особенностей дорожного сообщества;

— эдукологические, отражающие общие закономерности организации и развития безопасности дорожного движения, системы подготовки водителя.

Выяснено, что за рубежом формирование готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения — одно из направлений государственной политики в области обеспечения безопасности дорожного движения. В процессе формирования у кандидатов в водители готовности к обеспечению безопасности дорожного движения имеют место тенденции:

- общие: автоматизированный полицейский контроль за соблюдением правил дорожного движения (ПДД); интеллектуальные средства контроля за безопасностью на дороге; налоговые стимулы для водителей; технические предписания; оптимизация информационных систем и баз данных по дорожно-транспортным проис-

шествиям (ДТП) и травматизму, независимые расследования и научное изучение ДТП; пропаганда безопасности дорожного движения; обучение основам безопасности дорожного движения в рамках школьных учебных программ; контроль за использованием ремней безопасности; улучшение качества медицинской помощи при ДТП; повышение ответственности за нарушение ПДД; развитие деятельности автоклубов;

- специфичные: совершенствование систем выдачи водительских удостоверений; введение ограничений на вождение после получения водительского удостоверения для начинающих водителей; расширение учебных программ автошкол; оптимизация технологий подготовки водителя посредством интеграции теоретических и практикоориентированных занятий, применения продуктивных методов обучения ("комментирующее вождение", тренажерные методы); принятие законодательных норм, обеспечивающих приобретение начинающими водителями опыта в условиях наименьшего риска; создание программ непрерывного образования по обеспечению БДД.

Анализ отечественного опыта процесса формирования у кандидатов в водители готовности к обеспечению безопасности дорожного движения показал, что общие тенденции включают: развитие правового сознания и предупреждение опасного поведения участников движения; усиление ответственности водителей за нарушение ПДД; увеличение уровня пассивной безопасности транспортного средства (ТС); активное внедрение автоматических систем контроля за соблюдением ПДД; оптимизацию скоростных режимов.

В совокупность специфичных тенденций данного процесса включены: создание системы качества подготовки водителей в автошколе; стандартизация образовательных программ; оптимизация технологий подготовки водителя посредством интеграции теоретических и практикоориентированных занятий, применения тренажерных методов; внедрение модели непрерывного образования по обеспечению БДД.

Сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта формирования у кандидатов в водители готовности к обеспечению безопасности дорожного движения показал: большинство западно-европейских стран, Япония, США и Австралия смогли добиться в данном процессе позитивных результатов и применяемые меры носят узконаправленный характер: интеллектуальные средства

контроля за безопасностью на дороге, развитие деятельности автоклубов и другие перечисленные выше специфические тенденции.

В России меры по формированию у кандидатов в водители готовности к обеспечению безопасности дорожного движения хотя и целеориентированы, но не детализированы (развитие правового сознания и предупреждение опасного поведения участников движения; усиление ответственности водителя за нарушение ПДД; создание системы качества подготовки водителя в автошколе; стандартизация образовательных программ).

Вместе с тем сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта формирования у кандидатов в водители готовности к обеспечению безопасности дорожного движения показывает, что в данном процессе ряд тенденций совпадает: автоматизированный полицейский контроль за соблюдением ПДД; пропаганда безопасности дорожного движения; повышение ответственности за нарушение ПДД; оптимизация технологий подготовки водителя посредством интеграции теоретических и практикоориентированных занятий, применения тренажерных методов; создание программ непрерывного образования по обеспечению БДД; увеличение уровня пассивной безопасности ТС, что обусловлено международным сотрудничеством по обеспечению БДД. Национальные особенности в процессе формирования у кандидатов в водители готовности к обеспечению безопасности дорожного движения обусловлены уровнем автомобилизации и социально-экономической спецификой развития стран.

Готовность — это качественная характеристика личности, включающая установку на определенное поведение, активно-действенное состояние, систему необходимых знаний и умений, а также способность к самоопределению и саморазвитию. Психологическими предпосылками готовности к выполнению конкретной задачи являются ее понимание, осознание ответственности, желание добиться успеха, определение последовательности и способов работы. Затрудняют формирование готовности пассивное отношение к задаче, беспечность, безразличие, отсутствие плана действий и намерения максимально использовать свой опыт. Низкий уровень формирования готовности приводит к неадекватным реакциям, ошибкам, несоответствию функционирования психических процессов тем требованиям, которые предъявляются ситуацией.

Готовность кандидата в водители к обеспечению безопасности дорожного движения — это качественная характеристика личности, включаю-

щая осознание необходимости соблюдения правил дорожного движения и установку на безопасное поведение на дороге, умения и навыки по предотвращению опасностей и угроз, способных нанести непоправимый вред (ущерб) жизненно важным интересам личным и участников дорожного движения, и обуславливающая повышение его надежности (безопасное управление транспортным средством) [3].

Таким образом, структурообразующими компонентами готовности кандидата в водители к обеспечению безопасности дорожного движения могут быть:

1) *когнитивность* (от лат. *cognitio* — знание) — целостное представление о безопасности дорожного движения; осознание необходимости соблюдения правил дорожного движения и установка на безопасное поведение на дороге;

2) *конативность* (от лат. *conatus* — попытка, усилие, стремление) — устойчивая направленность личности на безопасное поведение на дороге; умения и навыки по предотвращению опасностей и угроз, способных нанести непоправимый вред (ущерб) жизненно важным интересам личным и участников дорожного движения;

3) *надежность* — ответственность за безопасное управление транспортным средством (без ДТП); способность к упреждающим действиям по предотвращению опасностей и угроз, возникающих на дороге; психологическая устойчивость к любым условиям дорожного движения; способность адекватно реагировать на различные опасные ситуации с учетом своих возможностей; самооценка готовности к обеспечению безопасности дорожного движения.

Опираясь на структурообразующие компоненты готовности кандидата в водители к обеспечению безопасности дорожного движения, были разработаны сопряженные с ними критерии: знаниевый, деятельностный, адекватный.

В соответствии со *знаниевым критерием* кандидат в водители должен знать:

1) назначение, расположение, принцип действия основных механизмов и приборов транспортного средства;

2) ПДД и основы законодательства в сфере дорожного движения;

3) виды ответственности за нарушение правил дорожного движения, правил эксплуатации транспортных средств и норм по охране окружающей среды в соответствии с законодательством Российской Федерации;

4) основы безопасного управления транспортными средствами;



5) о влиянии алкоголя, медикаментов и наркотических веществ, а также состояния здоровья и усталости на безопасное управление транспортным средством;

6) перечень неисправностей и условий, при которых запрещается эксплуатация транспортных средств или их дальнейшее движение;

7) приемы и последовательность действий при оказании доврачебной медицинской помощи при дорожно-транспортных происшествиях;

8) порядок выполнения контрольного осмотра транспортного средства перед поездкой и работ по его техническому обслуживанию;

9) правила техники безопасности при проверке технического состояния транспортного средства, приемы устранения неисправностей и выполнения работ по техническому обслуживанию, правила обращения с эксплуатационными материалами.

В соответствии с *деятельностным критерием* кандидат в водители должен уметь:

1) управлять своим эмоциональным состоянием, уважать права других участников дорожного движения, конструктивно разрешать межличностные конфликты, возникшие между участниками дорожного движения;

2) обеспечивать безопасную посадку и высадку пассажиров, их перевозку либо прием, размещение и перевозку грузов;

3) совершать уверенные действия в нештатных ситуациях;

4) принимать возможные меры для оказания доврачебной медицинской помощи пострадавшим при дорожно-транспортных происшествиях, соблюдать требования по их транспортировке.

*Показатели адекватности* составляют:

1) безопасное управление транспортным средством в различных дорожных и метеорологических условиях, соблюдение ПДД; 2) выполнение контрольного осмотра транспортного средства перед выездом и при выполнении поездки; 3) заправка транспортного средства горюче-смазочными материалами и специальными жидкостями с соблюдением современных экологических требований; 4) устранение возникших во время эксплуатации транспортного средства мелких неисправностей, не требующих разборки узлов и агрегатов, с соблюдением требований техники безопасности; 5) своевременное обращение к специалистам за устранением выявленных технических неисправностей; 6) совершенствование своих навыков управления транспортным средством.

Структура и содержание процесса формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения включают:

во-первых, теоретические и практические занятия по основным учебным предметам ("Основы законодательства в сфере дорожного движения", "Устройство и техническое обслуживание транспортных средств", "Основы безопасного управления транспортным средством", "Оказание медицинской помощи") примерной программы подготовки водителя транспортных средств категории "В";

во-вторых, обучение вождению: на тренажере; учебном автодроме и учебных маршрутах, утверждаемых автошколой по согласованию движения с государственной инспекцией безопасности дорожного движения (ГИБДД); на учебном транспортном средстве;

в-третьих, изучение дополнительных тем и упражнений, учитывающих региональные особенности.

Ниже перечислены принципы формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения: конгруэнтность, ассоциативность, субъектность, когерентность, открытость.

*Принцип конгруэнтности* (лат. congruens, -ntis — соразмерный, соответствующий, приравненный) направлен на выявление и адекватность структурообразующих компонентов процесса формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения: критерии и показатели формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения; структура и содержание процесса формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения; требования к условиям формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения.

*Принцип ассоциативности* (от лат. associatio — соединение) предусматривает взаимосвязь форм, методов, средств процесса формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения и разработку его комплексного обеспечения.

*Принцип субъектности* обуславливает персонализацию процесса формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения посредством проектирования индивидуальных образовательных траекторий и воздействия на развитие внутренней активности при решении за-



дач по предотвращению на дороге опасностей и угроз и организации безопасного поведения.

*Принцип когерентности* (от лат. *cohaerentio* — связь, сцепление) отражает системную целостность специальных акций ("Школа дорожных наук", "Автосессия", "Автоледи" и др.) и образовательных программ формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения и регулирует обновление содержания данного процесса с учетом изменений правил дорожного движения.

*Принцип открытости* предполагает консолидацию автошкол с общественными организациями, министерствами, ведомствами и комиссиями, ответственными за организацию и безопасность дорожного движения, в процессе формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения и прозрачность оценки готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения.

Комплексное обеспечение процесса формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения — это системная целостность специально организованного взаимодействия субъектов подготовки кандидатов в водители; нормативно-законодательных актов, научно-методических разработок, программно-учебных и материально-технических средств, направленная на осознание необходимости соблюдения правил дорожного движения, формирование установки на безопасное поведение на дороге, умений и навыков предотвращения опасностей и угроз, способных нанести непоправимый вред (ущерб) жизненно важным интересам личным и участников дорожного движения. Все это обуславливает повышение надежности водителя и отношение к безопасности дорожного движения как к общественному благу.

На практике комплексное обеспечение процесса формирования готовности кандидатов в водители к созданию безопасности дорожного движения включает:

— нормативно-правовые документы, обуславливающие создание "дерева" нормативных законодательных актов по обеспечению безопасности дорожного движения, повышению эффективности аварийно-спасательных работ и оказанию экстренной медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях, усовершенствованию требований, касающихся конструктивной и эксплуатационной безопасности транспортных средств и механизмов их реализации, усовершенствованию контрольно-надзорной деятельности, развитию транс-

портной инфраструктуры, оптимизации подготовки и допуска водителя к управлению транспортными средствами, применению эффективных схем, методов и средств организации дорожного движения, усилению агитационно-пропагандистской работы по безопасности дорожного движения;

— научно-методическое обеспечение, представляющее собой систему специально организованного взаимодействия субъектов подготовки кандидатов в водители и научно-методических разработок, определяющих задачи, этапы, формы, методы и критерии формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения;

— программно-учебное обеспечение, направленное на создание и внедрение учебной документации и литературы, мультимедийных учебных пособий по формированию готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения;

— материально-техническое обеспечение, способствующее созданию системы профилактики дорожно-транспортного травматизма, предупреждения опасного поведения участников дорожного движения и повышения надежности водителя транспортных средств;

— кадровое обеспечение, регламентирующее процесс формирования готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения, повышения квалификации преподавательно-инструкторского состава автошкол;

— информационное обеспечение, задающее параметры создания в регионе единого информационно-технологического пространства по формированию готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения;

— организационно-административное обеспечение, обуславливающее консолидацию деятельности ГИБДД, учреждений образования, общественных организаций, министерств и ведомств, заинтересованных в формировании готовности кандидатов в водители к обеспечению безопасности дорожного движения.

#### Список литературы

1. Ахмадиева Р. Ш., Равилов И. И., Галиев И. Ф., Минниханов Р. Н. Основные требования к подготовке водителей транспортных средств в Республике Татарстан / Под общей ред. Р. Ш. Ахмадиевой. — Казань: ГУ "НЦ БЖД", 2010. — 66 с.
2. Валиев М. Х. К изучению общих основ безопасности жизнедеятельности // Вестник НЦ БЖД. — 2010. — № 3 (5). — С. 29—33.
3. Безопасность на улицах и дорогах: Кто виноват? // Основы безопасности жизнедеятельности. — 2008. — № 2. — С. 15—20.

УДК 519.856

**В. В. Федосов**, канд. техн. наук, Москва, **А. В. Федосова**, канд. физ.-мат. наук, Национальный университет, Богота, Колумбия (Universidad Nacional de Colombia)  
E-mail: afedosova@unal.edu.co

## Полубесконечная модель фильтров многокомпонентных выбросов для группы промышленных источников территории

*Рассмотрены модель и численное решение задачи оптимального ограничения (фильтрации) однородных многокомпонентных выбросов при совместном размещении на территории группы источников и зон нормативного загрязнения.*

*Приведены построенные с помощью программного комплекса по результатам оптимизации сравнительные карты общего загрязнения территории и карты зон с выделенными уровнями загрязнения на основе входной информации модели, пригодной для анализа и прогнозирования антропогенных нагрузок проектируемых или развивающихся территорий.*

**Ключевые слова:** фильтры, компоненты выбросов, нормативы загрязняющей нагрузки территории, полубесконечная оптимизация, стохастический алгоритм, нелинейное программирование

**Fedosov V. V., Fedosova A. V. A Semi-Infinite Model of Multi-Component Emission Filter for a Group of Industrial Sources of the Territory**

*A model and obtained the numerical solution of optimal restrictions (filtering) of homogeneous multi-component emissions from co-occupancy in the Institute of sources and areas of regulatory pollution.*

*The software package builds on the results of optimization of the comparative maps of the total contamination and map areas with contamination levels selected based on the input model. The model is suitable for the analysis and prediction of anthropogenic loads planned or developing areas.*

**Keywords:** filters, components of the emission, pollution standards for areas, semi-infinite optimization, stochastic algorithm, nonlinear programming

### Введение

Развитие промышленного потенциала регионов и территорий нередко сдерживает сохранение жизнедеятельности объектов (зон), защищенных экологическими нормативами. Методы и средства оптимизации таких ограничений требуют моделирования,

адекватного сложности задачи. В работах [1, 2] многокомпонентные модели ограничения антропогенных выбросов содержали общие для всех наборов активных компонентов мощности источников (промышленных предприятий). В такой постановке размерность искомого вектора оптимизации соответствовала числу источников  $n$ , а ограничения избыточных мощностей источникам диктовали наиболее критичные компоненты выбросов. В результате ограничения для остальных компонентов из действующих наборов могли быть излишне жесткими, что в целом приводило к неоправданному снижению допустимого промышленного потенциала территории.

В данной статье предложен дифференцированный учет мощностей выбросов по каждому из компонентов, заменяющий вектор оптимизации  $x(n)$  матрицей оптимизации  $x(n \times K)$ , где  $K$  — максимально возможное число компонентов выбросов в наборах. Ранее подобная матрица в ходе оптимизации сохранялась постоянной (1/0). Такое допущение позволило решить задачу оптимизации при более экономичных значениях затратных целевых функций, а для практики определило минимальные и достаточные мощности фильтров по каждому из компонентов. Полученные результаты могут быть учтены при формировании расписания выбросов компонентов источников, суммарно разрешенных для определенного периода.

Для поиска решения применены алгоритмы полубесконечной оптимизации (*Semi-Infinite Programming*) [3, 4]. Моделирование, программируемые эксперименты выполнены в MATLAB и завершены построением карт разброса загрязнений. Предложенный подход направлен на совершенствование контроля, мониторинга и прогнозирования загрязнения территории совместного размещения промышленных предприятий и экологических объектов (зон).

### Постановка задачи

Постановка задачи соответствует классическому варианту минимизации целевой функции  $\min(f(x))$ ,  $x \in [0, 1]$  при наличии ограничений.  $x \in X$

Систему  $K$ -ограничений ( $k = 1 \dots K$ ) преобразовывали к строчному виду:

$$g = \sum_{j=1}^{n \times K} (1 - x(j))h(s, j) + \lambda_0(s, v) - \varphi(s, w) \leq 0, \quad (1)$$

где  $s$  — координаты бесконечного числа точек территории  $d$ ;  $x(j)$  — матрица снижения интенсивности выбросов  $j$ -м источником ( $0 \leq x(j) \leq 1$ );  $h(s, j)$  — интенсивность выброса в точке  $s$   $j$ -м источником;  $\lambda_0(s, v)$  — уровни начального загрязнения территории в точке  $s$  для зоны  $v$ ;  $\varphi(s, w)$  — норма допустимого загрязнения в точке  $s$  для нормативного объекта (зоны)  $w$ .

Поскольку решение задачи учитывает, но не регулирует начальные значения загрязнения территории, то ограничимся соблюдением условия  $\lambda_0(s, v) - \varphi(s, w) \leq 0$ .

В модели распределение точечных загрязнений по радиусу  $r$  (удалению от источников) соответствует симметричному разбросу, а связь  $h(s, j)$  с величиной  $H(k, j)$  (мощностью  $k$ -го компонента выброса  $j$ -го источника в точке размещения) определяли функциями параболического типа.

$$h(s, j) = \begin{cases} -a(k)r^2 + HL(j), & \text{если } HL(j) > 0; \\ 0, & \text{если } HL(j) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где  $a(k)$  — коэффициент параболы разброса загрязнения для компонента  $k$ ;  $HL(j)$  — векторное представление матрицы  $H(k, j)$ .

Нелинейную целевую функцию представляли как

$$\min \left\{ f(x) = \pi \sum_{j=1}^{n \times K} x(j)(2 - x(j))HL^2(j) \frac{m(k)}{2a(k)} \right\}, \quad (3)$$

где  $m(k)$  — стоимость очистки интегральной учетной единицы загрязнения компонентом  $k$ .

Решение определяет покомпонентные доли сокращаемых мощностей выбросов, что соответствует минимально необходимым мощностям фильтров

(очистителей), а целевая функция оценивает затраты на их создание. Поиск стоимости общего фильтра заменяется выявлением стоимостей фильтров по каждому из компонентов загрязнения. Такое решение по затратам более экономично.

Для иллюстрации работоспособности и чувствительности алгоритма сравнили разные карты размещения наборов компонентов выбросов одинаковой мощности.

### Численные эксперименты

Рассмотрим два плана размещения источников выбросов территории  $d$ , ограниченной координатами  $X \times Y = 600 \times 300$  у. е. В табл. 1 приведены определенные рандомизацией координаты  $t(1, j)$ ,  $t(2, j)$  15 источников в обоих планах и исходные, одинаковые для планов 1 и 2, мощности компонентов выбросов  $H(k, j)$  в наборах ( $K = 7$ ). Нулевые значения мощностей означают неактивность (отсутствие) данного компонента в наборах. Компоненты выбросов подразумевают единую физическую природу, но различаются, например, по дисперсности. Это определяет следующее сочетание направлений векторов:  $a(k) \downarrow$ ,  $m(k) \uparrow$ , дисперсность компонентов  $\downarrow$ . Таким образом, частицы меньшей дисперсности имеют большую зону разброса и большую стоимость фильтрации. Масштабы разброса подразумевают широкие интервалы дисперсности компонентов загрязнений, включая наноразмеры.

Размещение в пределах территории группы источников выбросов приводит к появлению многоэкстремальной функции общего загрязнения. Как правило, координаты источников и локальных максимумов (ЛМ) такой функции не совпадают. Задача состоит в нахождении и подавлении мощностей ЛМ до значений соответствия заданным нормативам загрязнения в любой точке территории. Подавление достигается поиском минималь-

Таблица 1

Исходные данные эксперимента (у. е.)

| Параметры                           | Номера источников $j$ |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                     | 1                     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     |
| <b>План размещения источников 1</b> |                       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $t(1, j)$                           | 208,43                | 169,35 | 518,04 | 480,27 | 424,17 | 379,03 | 570,74 | 562,89 | 22,18  | 580,05 | 317,30 | 311,76 | 457,47 | 169,21 | 347,27 |
| $t(2, j)$                           | 73,18                 | 277,83 | 24,06  | 46,81  | 115,21 | 61,98  | 125,72 | 241,20 | 41,59  | 205,87 | 157,47 | 252,06 | 10,54  | 68,76  | 150,95 |
| $H(1, j)$                           | 0                     | 152,02 | 0      | 3,28   | 0      | 78,89  | 28,92  | 0      | 96,95  | 21,98  | 0      | 25,06  | 9,60   | 0      | 46,72  |
| $H(2, j)$                           | 76,72                 | 44,15  | 52,93  | 10,37  | 21,13  | 126,98 | 5,70   | 76,27  | 133,76 | 0      | 23,02  | 0      | 0      | 0      | 59,54  |
| $H(3, j)$                           | 0                     | 0      | 0      | 16,91  | 49,26  | 16,03  | 24,02  | 83,16  | 0      | 104,33 | 0      | 18,02  | 0      | 38,87  | 0      |
| $H(4, j)$                           | 86,43                 | 0      | 0      | 0      | 0      | 101,81 | 0      | 103,19 | 25,79  | 0      | 54,11  | 25,22  | 49,99  | 71,32  | 38,25  |
| $H(5, j)$                           | 135,85                | 17,42  | 26,39  | 27,13  | 0      | 0      | 143,42 | 0      | 73,22  | 0      | 31,88  | 6,57   | 54,84  | 26,97  | 0      |
| $H(6, j)$                           | 52,14                 | 66,00  | 10,38  | 0      | 147,22 | 128,33 | 0      | 0      | 94,41  | 45,42  | 0      | 0      | 107,13 | 0      | 28,46  |
| $H(7, j)$                           | 0                     | 100,97 | 0      | 19,92  | 0      | 0      | 69,49  | 72,73  | 0      | 0      | 20,46  | 0      | 11,05  | 0      | 62,02  |
| $t(1, j)$                           | 561,07                | 361,97 | 526,95 | 274,75 | 486,42 | 366,95 | 544,65 | 112,23 | 552,57 | 247,96 | 43,58  | 481,64 | 90,56  | 125,26 | 167,87 |
| $t(2, j)$                           | 74,72                 | 146,08 | 223,39 | 15,18  | 134,52 | 231,74 | 216,70 | 123,60 | 266,73 | 260,22 | 108,80 | 12,76  | 66,77  | 179,06 | 65,67  |
| <b>План размещения источников 2</b> |                       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |



Таблица 2

Матрица оптимального решения для планов 1/2

| $x_{opt}$ | Номера источников $j$ |        |     |     |     |     |     |        |        |        |        |     |       |        |       |
|-----------|-----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|-----|-------|--------|-------|
|           | 1                     | 2      | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8      | 9      | 10     | 11     | 12  | 13    | 14     | 15    |
| $x(1, j)$ | 0                     | 0/1    | 0   | 0/0 | 0   | 1/1 | 1/1 | 0      | 1/1    | 1/1    | 0      | 0/0 | 0/0   | 0      | 1/0   |
| $x(2, j)$ | 0,31/1                | 0/1    | 0/1 | 0/0 | 0/1 | 1/1 | 0/0 | 0,89/1 | 0,49/1 | 0      | 1/1    | 0   | 0     | 0      | 1/0   |
| $x(3, j)$ | 0                     | 0      | 0   | 0/0 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/1    | 0      | 1/0,78 | 0      | 0/0 | 0     | 0/1    | 0     |
| $x(4, j)$ | 0/1                   | 0      | 0   | 0   | 0   | 0/0 | 0   | 0/1    | 1/1    | 0      | 1/1    | 0/0 | 0/1   | 0/0,62 | 0,6/0 |
| $x(5, j)$ | 0/1                   | 0/0    | 1/0 | 1/0 | 0   | 0   | 1/1 | 0      | 0/0    | 0      | 1/1    | 0/0 | 1/1   | 0/1    | 0     |
| $x(6, j)$ | 0/1                   | 0/0,95 | 0/1 | 0   | 1/1 | 0/0 | 0   | 0      | 0/0    | 0/0    | 0      | 0   | 0,9/0 | 0      | 1/0   |
| $x(7, j)$ | 0                     | 0/0    | 0   | 0/0 | 0   | 0   | 0/0 | 0/0    | 0      | 0      | 0,79/0 | 0   | 0/0   | 0      | 0/0   |

но необходимого вектора снижения исходных мощностей источников [3].

На рис. 1 показано размещение ЛМ в проведенном численном эксперименте. Облако ЛМ группируется в зонах размещения источников выбросов, но с заметными отличиями. Так, вблизи источников № 2, 12, 3 (план 1 — рис. 1, а) ЛМ не обнаружены. Вместе с тем отмечены скопления ЛМ в средней части группировки источников № 11, 15, 5, 6, 4; непосредственно вблизи источников № 8, 10 и между источниками № 9, 14. В плане 2 (рис. 1, б) наиболее мощные группировки ЛМ между источниками № 14, 10, 6, 2 и № 11, 8, 15. Вблизи источников № 4, 1, 12 ЛМ не просматривается. Такие карты с учетом значений ЛМ суще-

ственно дополняют информационную поддержку принятия решений при компоновке территории.

Ход выполнения алгоритма предусматривает выделение лимита случайных точек для нахождения группы координат ЛМ несоответствия, которые реформируют глобальную матрицу и решением задачи нелинейного программирования завершают получение очередного итерационного решения. Количество и распределение ЛМ по итерациям, как правило, связано с выделяемыми лимитами, что вытекает из стохастической природы алгоритма. Стартовое решение при запуске алгоритма соответствует нулевому вектору (отсутствию фильтрации).

В табл. 2 приведены матрицы оптимальных решений для обоих планов. Пути, выделенные полужирным шрифтом, означают отсутствие данного компонента в наборе выбросов этого источника. Нули, выделенные светлым шрифтом, — сохранение мощности выброса компонента в рамках оптимальных значений.

Оптимизация указала на значительное число компонентов, которые нуждаются в 100 %-ной фильтрации: 21 из 63 активных (план 1), 31 из 63 активных (план 2). Полностью удовлетворяют заданным нормативам: 35 из 63 (план 1), 29 из 63 (план 2). Мощности выбросов остальных компонентов должны быть реформированы частично. В целом решения по ограничению (фильтрации) мощностей выбросов компонентом можно считать достаточно кардинальными для обоих планов.

### Сравнительная графика

На рис. 2, а (см. 3-ю стр. обложки) показана карта исходного суммарного загрязнения плана 1 территории до уровня 356 у.е. Области максимальной загрязненности примерно соответствуют группировкам источников выбросов и охватывают более половины площади территории. Наиболее загрязнены восток, юго-восток и центральная часть территории. Две локальные области сильных загрязнений формируют выбросы источников № 9, 2. Наиболее свободна от загрязнений небольшая область в

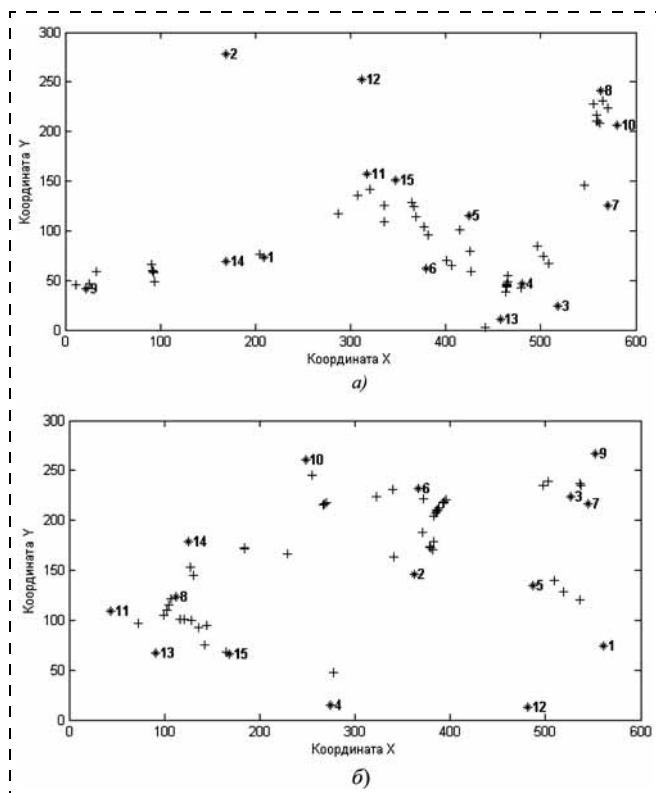


Рис. 1. Карты размещения источников по планам 1 (а) и 2 (б) и формирования облака ЛМ суммарных загрязнений

средней части северной границы и северо-запад территории.

На рис. 2, б показана карта суммарного загрязнения территории после оптимизации. Эта карта получена на основе данных о мощностях фильтров по каждому компоненту выбросов.

Достигнуто значительное ослабление загрязняющей нагрузки территории. Так, области с максимальным загрязнением ( $> 356$  у. е.) сократились примерно в 3 раза. Эпицентры значительного загрязнения сохранили источники № 2, 14, 1, 8. Все они практически сохранили мощности выбросов своих компонентов (см. табл. 2). Значительно понизились уровни загрязнений на юго-востоке, расширились зоны с меньшими загрязнениями на западе и севере территории. Загрязненность юго-востока в основном поддерживали источники № 13, 4, 3, 7. У источника № 7 100 %-ной фильтрации подверглись компоненты 1, 3, 5 и остались только выбросы компонента 7 средней (69 у. е.) мощности — см. табл. 1. У источника № 13 практически полной фильтрации подверглись выбросы компонентов 5, 6, а вклады оставшихся компонентов (9 у. е.) и 4 (49 у. е.) малозначительны. У источника № 4 сохранили свои выбросы в полном объеме компоненты 1, 2, 3, 7, и, на первый взгляд, ожидалось их значительные вклады в загрязняющую нагрузку. Но их исходные мощности оказались незначительными: по компонентам 1 (3 у. е.), 2 (10 у. е.), 3 (16 у. е.), 7 (19 у. е.). В отношении источника № 3: компоненты 1, 3, 4, 7 отсутствуют в наборе выбросов. Компонент 5 полностью выводится из нагрузки за счет фильтрации. Оставшиеся мощности компонентов 2 (52 у. е.) и 6 (10 у. е.) явно недостаточны.

Подобным образом могут быть проанализированы последствия данных решений в формировании иных карт, полученных в результате оптимизации.

На рис. 3 (см. 4-ю стр. обложки) приведены карты общего загрязнения территории для плана 2: исходная (а) и после оптимизации (б). Практически половина территории со стороны востока покрыта загрязнениями ( $> 356$  у. е.). Центральная часть второй половины территории также значительно загрязнена. Естественно, это определяет иное расположение источников и особенно центров ЛМ.

После снижения (фильтрации) мощностей выбросов компонентов до оптимальных области с такими уровнями загрязнения значительно сократились и остались в окрестностях двух групп источников: 1) № 3, 7, 9 и 2) № 15. Рассмотрим вклад в загрязнение источников группы 1. Вклад источника № 3 по компоненту 5 (26 у. е.) незначителен. Несколько больше вклад источника № 7 по компонентам 2 (5 у. е.) и 7 (69 у. е.) и источника № 9 по компонентам 5 (73 у. е.) и 6 (94 у. е.). Выбросы источников № 5 и 1 полностью прекращены фильтрацией. У источника № 2 заслуживает внимания ком-

поненты 7 (100 у. е.), а у источника № 6 — компоненты 4 (100 у. е.) и 6 (128 у. е.) — см. табл. 1 и 2. Источник группы 2 (№ 15) сохранил свои выбросы по всем компонентам средней мощности. Менее значим вклад в загрязнение соседнего источника № 13 по компоненту 6 (107 у. е.) и более отдаленного источника № 8 по компоненту 7 (72 у. е.) — см. табл. 1 и 2.

Помимо визуальной возможности контроля любой точки территории, появляется возможность дополнительных обобщений, представляющих интерес для практики. Например, требуемые результатами оптимизации снижения потенциалов-источников рассчитаны как относительные взвешенные величины (рис. 4, а — для источников, 4, б — для компонентов).

Видно, что положение источников № 5, 11 признано критичным в обоих планах, и их мощности практически подавлены фильтрацией. Напротив, положение источника № 1 в плане 1 следует признать удачным, а в плане 2 — критичным. Абсолютно одинаково по критичности ( $\sim 0,7$ ) размещен в планах источник № 7. Никаких претензий по фильтрации в обоих планах нет к источнику № 12. Критичность остальных также наглядна.

Группировка критичности по компонентам указывает на более невыгодные значения для плана 2 (для пяти компонентов  $\sim 0,7...0,8$ ). Наименее подверглись фильтрации в плане 1 компоненты 4, 7.

По достигнутой величине целевой функции общие затраты на фильтрацию у плана 1 в сравнении с планом 2 предпочтительнее (1,964; 317,79 у. е. против 2,337; 518,20 у. е.), что также подтверждается обеими диаграммами.

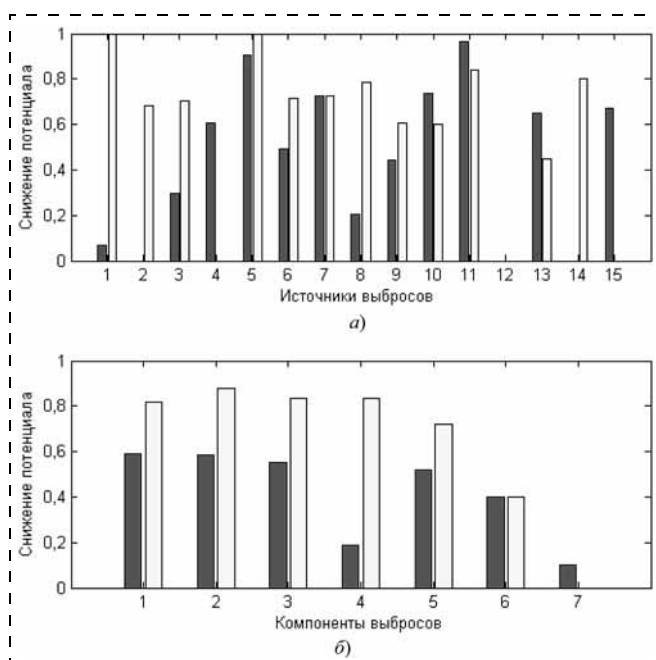


Рис. 4. Диаграммы снижения потенциала источников (а) и компонентов (б) планов 1 (темные столбцы) и 2 (светлые столбцы)



По результатам оптимизации варьированием вектора уровней загрязнения несложно устанавливать соответствующие ему внутренние границы зон территории, что важно для оценки масштабов и конфигурации высвобождающихся зон с пониженной антропогенной нагрузкой.

### Заключение

1. Построена модель и получено численное решение задачи оптимального ограничения (фильтрации) однородных многокомпонентных выбросов при совместном размещении на территории группы источников и зон нормативного загрязнения. Целевой функции поставлены в соответствие минимальные стоимости фильтров компонентов выбросов.

2. Программный комплекс по результатам оптимизации строит сравнительные карты общего загрязнения территории и карты зон с выделенными уровнями загрязнения на основе входной ин-

формации модели. Модель пригодна для анализа и прогнозирования антропогенных нагрузок проектируемых или развивающихся территорий.

### Список литературы

1. Федосов В. В., Федосова А. В. Полубесконечная модель ограничения вредных выбросов предприятий на территориях со смешанным ландшафтом // "Вестник компьютерных и информационных технологий". — 2011. — № 8. — С. 14—22.
2. Федосов В. В., Федосова А. В. Оптимизация конфликта промышленных выбросов предприятий с действующими нормативами загрязнения территории // Контроль. Диагностика. — 2012. — № 6. — С. 24—30.
3. Завриев С. К., Новикова Н. М., Федосова А. В. Стохастический алгоритм решения выпуклых задач полубесконечной оптимизации с ограничениями равенствами и неравенствами // Вестник Московского университета. Сер. 15. "Вычислительная математика и кибернетика". — 2000. — № 4. — С. 30—35.
4. Ismael A., Vaz F., Ferreira E. C. Air pollution control with semi-infinite programming // Applied Mathematical Modelling // ELSEVIER. — 2009. — № 33. — P. 1957—1969.

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

УДК 519.711.2 + 614.8.084

**А. В. Матвеев**, канд. техн. наук, доц., **С. В. Ефремов**, канд. техн. наук, доц.,  
зав. кафедрой, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
E-mail: fcvega\_10@mail.ru

## Модель процесса аварийной эвакуации из здания в случае пожара при нестационарном потоке людей

*Представлена разработанная стохастическая модель процесса аварийной эвакуации в случае пожара при использовании средств спасения с высоты с учетом технических характеристик спасательных средств и психофизиологических факторов поведения людей при пожаре. Предложен критерий оценивания эффективности применения спасательных средств на объекте защиты. Разработанная модель позволяет разработать научно обоснованные требования к оснащению зданий средствами спасения и эвакуации с высоты для поддержания на объектах требуемого показателя значения индивидуального пожарного риска.*

**Ключевые слова:** стохастическая модель, пожарная безопасность, риск, аварийная эвакуация, спасательные средства, системный анализ

**Matveev A. V., Efremov S. V. The Model of the Process of Emergency Evacuation from Building in the Case of Fire at a Nonstationary Flow of People**

*Authors developed the stochastic model of the process of emergency evacuation from a height in the case of fire when operating rescue equipment. This model include technical characteristics of rescue equipment and physiological factors of behavior in the case of fire. Besides authors offered the evaluating criterion of efficiency of using rescue equipment on the object of protection. The proposed model allows us to develop evidence-based requirements for the equipment of buildings by means of rescue and evacuation from a height to maintain on objects the required measure of individual fire risk.*

**Keywords:** stochastic model, fire safety, risk, emergency evacuation, rescue equipment, systems analysis

## Введение

Характерная особенность современного строительства — увеличение количества зданий с массовым пребыванием людей. К их числу можно отнести крытые культурно-спортивные комплексы, кинотеатры, клубы, магазины, производственные здания и т. д. Пожары в таких помещениях нередко сопровождаются травмированием и гибелью людей. В первую очередь это относится к быстроразвивающимся пожарам, представляющим реальную опасность для человека уже через несколько минут после их возникновения и отличающимся интенсивным воздействием на людей опасных факторов пожара. Наиболее надежный способ обеспечения безопасности людей в таких условиях — своевременная их эвакуация из здания, в котором возник пожар.

В России относительное количество пожаров в высотных зданиях невелико, но доля погибших на один пожар в зданиях высотой более 25 этажей в 3—4 раза превышает этот показатель в зданиях до 16 этажей [1].

Множество людей становятся жертвами дыма, который мешал найти выход, и люди погибают от отравления продуктами горения или задыхаются из-за недостатка кислорода до прибытия первых пожарных подразделений. Необходимо признать, что средства спасения с высоты являются не только последней, а часто и единственной возможностью провести безопасную эвакуацию людей из зоны воздействия опасных факторов пожара.

При этом необходимо отметить, что общепринятой характеристикой уровня пожарной безопасности общественных зданий в России является величина индивидуального пожарного риска, однако в нормативных документах [2, 3] влияние применения средств спасения с высоты не учитывается.

Анализ существующей методики, регламентирующей нормы и правила размещения и применения средств спасения с высоты [4], позволяет сделать вывод, что данный подход разрешает учитывать исключительно детерминированные и стационарные процессы при эвакуации. В реальности же процессы эвакуации людей при наступлении пожара в здании далеки от детерминированных. Так, например, анализ публикаций [5, 6] позволяет сделать вывод о неоднородности и нестационарности движения эвакуируемых людей, как по основным, так и по аварийным эвакуационным путям.

Поэтому предлагается рассмотреть подход к разработке математической стохастической модели процесса аварийной эвакуации, дающей возможность учитывать не только технические характеристики средств спасения с высоты, но и психофизиологические факторы поведения людей при пожаре.

## Основные компоненты модели процесса аварийной эвакуации людей из здания при пожаре

Рассматривается процесс аварийной эвакуации людей в случае наступления пожара в здании, который осуществляется за счет функционирования, в общем случае, системы управления аварийной эвакуацией (СУАЭ).

Исследование эффективности любой системы, в том числе и СУАЭ, необходимо проводить на основе методологии системного анализа [7, 8] с позиции структурного построения, раскрывающего понятия "деятельность" и "ресурсное обеспечение". Ресурсное обеспечение СУАЭ включает в себя совокупность спасательных средств, установленных в местах аварийных выходов из здания. Под деятельностью будет пониматься процесс эвакуации людей в область пожарной безопасности.

Значение СУАЭ в системе обеспечения пожарной безопасности по существу сводится к определению влияния СУАЭ на показатель индивидуального пожарного риска в здании и обоснованию ее ресурсов. Целью является формирование такой структуры СУАЭ, при которой обеспечивались бы требуемые значения показателя эффективности ее функционирования, т. е. требуемые значения вероятности эвакуации людей из здания.

Применение методов декомпозиции и агрегирования [9, 10] (рис. 1) позволило представить процесс аварийной эвакуации в виде трех базовых компонентов:

$\lambda_d(t)$  — интенсивность потока прибытия людей к аварийному выходу, из которого осуществляется эвакуация при помощи специальных спасательных средств;

$\bar{t}_\Pi$  — среднее время, затрачиваемое на подготовку очередного человека к эвакуации;

$\bar{t}_c$  — среднее время спуска человека в зону пожарной безопасности, где на него не будут воздействовать опасные факторы пожара.

Данный подход позволяет, формируя нужную структуру СУАЭ и задавая функции соответствующих компонентов, определить значение вероятности аварийной эвакуации людей, а также ее влияние на величину индивидуального пожарного риска в здании. В интересах разработки единой модели процесса аварийной эвакуации предложенные компоненты представлены в виде следующих функций:

— интенсивность подготовки людей к аварийной эвакуации при помощи спасательных средств

$$\mu_1 = \frac{1}{\bar{t}_\Pi},$$

где  $\bar{t}_\Pi = \bar{t}_и + \bar{t}_Т$ ;  $\bar{t}_и$  — среднее время, затрачиваемое на идентификацию очередного эвакуируемого

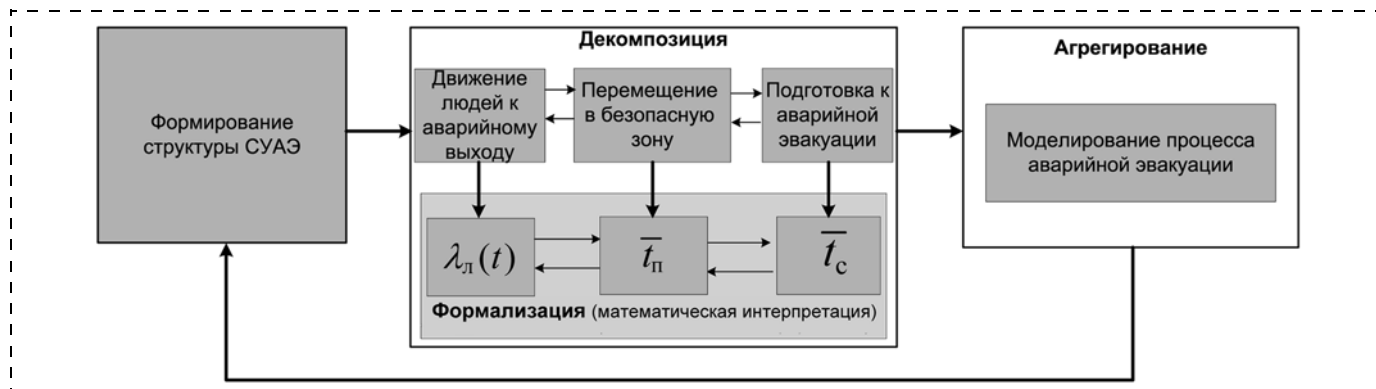


Рис. 1. Структурная схема процесса формирования СУАЭ

(связано в первую очередь с психофизиологическими аспектами поведения людей в процессе эвакуации);  $\bar{t}_T$  — среднее время, необходимое на подготовку технического средства к эвакуации следующего человека (в случае необходимости);

— интенсивность спуска людей в зону пожарной безопасности на(в) спасательном средстве

$$\mu_2 = \frac{1}{\bar{t}_3}.$$

#### Разработка математической модели процесса аварийной эвакуации при нестационарном потоке людей

Использование при стохастическом моделировании в качестве исходных данных распределений вероятностей времени на подготовку к эвакуации и времени спуска позволяет отразить неоднородность введенных функций как по уровню мобильных возможностей разных людей в потоке, так и по уровню их эмоциональных реакций на обстоятельства ситуации, в которой они оказались. Это позволяет наиболее полно оценить возможность эвакуации людей независимо от их возраста и физического состояния.

В общем случае предполагается, что время подготовки каждого следующего человека к эвакуации распределено по закону Эрланга  $k$ -го порядка с параметром  $\mu'_1(t)$ , а время спуска человека в безопасную зону распределено по закону Эрланга  $l$ -го порядка с параметром  $\mu'_2(t)$ :

$$f_{\Pi}(t) = \frac{\mu'_1(t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\mu'_1(t)t} \quad (t > 0),$$

$$f_{\Sigma}(t) = \frac{\mu'_2(t)^{l-1}}{(l-1)!} e^{-\mu'_2(t)t} \quad (t > 0). \quad (1)$$

Предложено рассмотреть векторную случайную функцию  $X(t)$ , состоящую из двух случайных сто-

хастически зависимых составляющих  $X_1(t)$ ,  $X_2(t)$ . Случайный процесс  $X_1(t)$  представляет собой изменение количества людей, находящихся у аварийного выхода в ожидании эвакуации при помощи спасательных средств. Данный случайный процесс зависит от потока прибытия эвакуируемых людей  $\lambda_{\Pi}(t)$  к аварийному выходу и интенсивности эвакуации  $\mu_3(t)$  при помощи спасательного средства.

Случайный процесс  $X_2(t)$  представляет собой процесс использования спасательного средства при эвакуации, который может находиться в одном из двух состояний:  $D_0$  — состояние ожидания прибытия эвакуируемых, либо идентификации и подготовки человека к эвакуации (спасательное средство свободно);  $D_1$  — осуществляется процесс спуска человека в безопасную зону (спасательное средство занято).

Каждая из двух составляющих  $X_1(t)$ ,  $X_2(t)$  представляет собой случайный процесс. Таким образом, для каждого фиксированного момента времени  $t$  будет рассматриваться случайный вектор в двумерном пространстве  $X(t) = \{X_1(t), X_2(t)\}$ .

Для формирования дальнейших рассуждений и выводов введен в рассмотрение граф (рис. 2) случайной функции  $X(t) \sim (G(X(t)))$ , вершины которого представляют собой составляющие данной случайной функции. Ребра данного графа определяют те связи, которые существуют между отдельными составляющими данной случайной функции  $X(t)$ .

Оба процесса  $X_1(t)$ ,  $X_2(t)$  являются транзитивными [11], т. е. взаимосвязанными, что отражено в наличии ребер  $R[X_1(t); X_2(t)] = 1$ ,  $R[X_2(t); X_1(t)] = 1$ , в силу следующего.

Наличие ребра  $R[X_1(t); X_2(t)]$  связано с тем, что количество людей, находящихся у аварийного выхода в

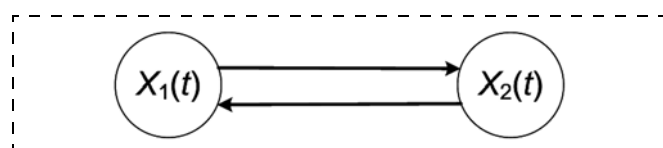


Рис. 2. Граф случайной функции  $X(t)$



ожидании эвакуации, влияет на интенсивность их идентификации и подготовки к эвакуации, являющуюся одной из характеристик процесса  $X_2(t)$ . Так, например, очевидно, что в случае отсутствия эвакуируемых людей, т. е. при  $X_1(t) = 0$ , спасательное средство все время будет находиться в режиме ожидания, и лишь при  $X_1(t) \neq 0$  процесс  $X_2(t)$  будет менять свои состояния.

Ребро  $R[X_2(t); X_1(t)]$ , соответственно, отражает изменение процесса  $X_1(t)$  в зависимости от состояния  $X_2(t)$ , а именно уменьшение количества людей, ожидающих эвакуации, может происходить только в случае, когда процесс  $X_2(t)$  находится в состоянии  $D_1$  (рис. 3), т. е. в момент использования спасательного средства.

Процесс  $X_1(t)$  представляет собой типичную схему "гибели и размножения" [11] с  $(n + 1)$  состоянием  $S_i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) и параметрами  $\lambda_{\text{л}}(t)$ ,  $\mu_{\text{э}}(t)$ , где  $S_i$  — количество людей, находящихся у аварийного выхода;  $n$  — количество людей в здании, которые не смогли эвакуироваться по основным и запасным путям. С учетом того что эвакуация происходит исключительно в моменты, когда процесс  $X_2(t)$  находится в состоянии  $D_1$ , условная интенсивность эвакуации людей в безопасную зону определяется следующим образом:

$$\mu_{\text{э}}(t) = \mu_2(t)q_1(t), \quad (2)$$

где  $q_1(t)$  — вероятность нахождения процесса  $X_2(t)$  в состоянии  $D_1$ ;  $\mu_2(t)$  — безусловная интенсивность спуска людей на(в) спасательном средстве.

Одномерный закон распределения  $X_1(t)$  можно определить с помощью системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} dp_0/dt = \mu_{\text{э}}(t)p_1(t) - \lambda_{\text{л}}(t)p_0(t), \\ \dots\dots\dots \\ dp_i/dt = \lambda_{\text{л}}(t)p_{i-1}(t) + \mu_{\text{э}}(t)p_{i+1}(t) - \\ - (\lambda_{\text{л}}(t) + \mu_{\text{э}}(t))p_i(t), \\ (i = 1, 2, \dots, n-1), \\ \dots\dots\dots \\ dp_n/dt = \lambda_{\text{л}}(t)p_{n-1}(t) - \mu_{\text{э}}(t)p_n(t), \end{cases} \quad (3)$$

где  $p_i(0) = P(S_i(t))$ .

Систему уравнений (3) нужно решать при начальных условиях  $p_0(0) = 1$ ,  $p_i(0) = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

Умножив левую и правую части  $i$ -го ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ) уравнения системы (3) на величину  $i$  и проведя ряд простых преобразований правой части уравнения, а также с учетом условия (2), было получено выражение для математического ожидания процесса  $X_1(t)$ :

$$\begin{aligned} \frac{dm_{X_1}(t)}{dt} &= \dot{m}_{X_1} = \\ &= \lambda_{\text{л}}(t)(1 - p_{\text{п}}(t)) - \mu_2(t)q_1(t)(1 - p_0(t)). \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, получено дифференциальное уравнение для математического ожидания  $m_{X_1}(t)$  количества людей, находящихся у аварийного выхода в ожидании эвакуации при помощи спасательных средств, которое необходимо решать при начальном условии  $m_{X_1}(0) = 0$ . Значения функций  $p_0(t)$ ,  $p_{\text{п}}(t)$  определяются из системы (3).

Для случайного процесса  $X_2(t)$ , когда время пребывания подряд в состояниях  $D_0$ ,  $D_1$  распределено по законам (1), предложено использовать метод "псевдосостояний" [11] с целью искусственно свести описываемый процесс к марковскому. Граф состояний процесса для данного случая представлен на рис. 3.

По теореме сложения математических ожиданий получено:

$$\mu'_1(t) = k\mu_1(t)m_{X_1}(t), \quad \mu'_2(t) = l\mu_2(t). \quad (5)$$

В случае, когда у аварийного выхода находится  $m_{X_1}(t)$  человек, интенсивность подготовки к эвакуации будет определяться следующим образом:

$$m_{X_1}(t)\mu_1 = \frac{1}{\frac{\bar{t}_{\text{и}}}{m_{X_1}(t)} + \bar{t}_{\text{т}}} = \frac{m_{X_1}(t)}{\bar{t}_{\text{и}} + m_{X_1}(t)\bar{t}_{\text{т}}}. \quad (6)$$

С помощью размеченного графа (см. рис. 3) и выражений для характеристик процесса  $X_2(t)$  (5) и (6) получена система дифференциальных уравнений для вероятностей состояний, где  $q_{0,i}(0) = P(D_{0,i}(t))$ ,

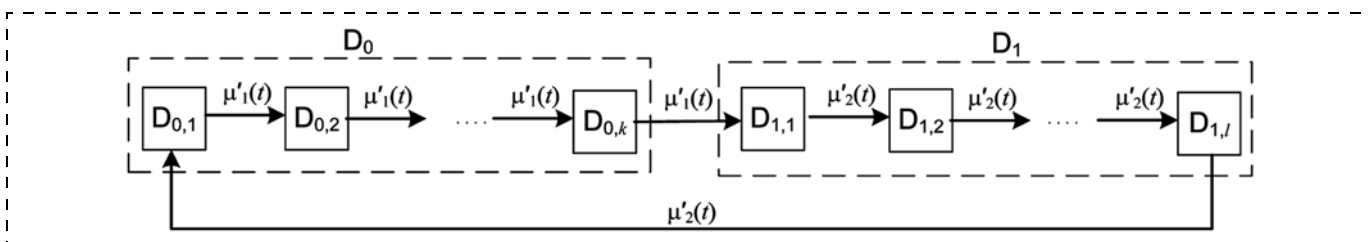


Рис. 3. Граф состояний процесса  $X_2(t)$



$q_{1,j}(0) = P(D_{1,j}(t))$  (интенсивности  $\mu_1(t)$  и  $\mu_2(t)$  в общем случае полагаются постоянными):

$$\begin{cases} \frac{dq_{0,1}}{dt} = -k\mu_1 m_{X_1}(t)q_{0,1}(t) + l\mu_1 q_{1,1}(t); \\ \frac{dq_{0,i}}{dt} = k\mu_1 m_{X_1}(t)q_{0,i-1}(t) - \\ - k\mu_1 m_{X_1}(t)q_{0,i}(t), i = 2, \dots, k; \\ \frac{dq_{1,1}}{dt} = k\mu_1 m_{X_1}(t)q_{0,k}(t) - l\mu_2 q_{1,1}(t), \\ \frac{dq_{1,j}}{dt} = l\mu_2 q_{1,j-1}(t) - l\mu_2 q_{1,j}(t), j = 2, \dots, l. \end{cases} \quad (7)$$

Систему уравнений (7) необходимо решать при начальных условиях:  $q_{0,1}(0) = 1, q_{0,2}(0) = \dots = q_{0,k}(0) = q_{1,1}(0) = q_{1,2}(0) = \dots = q_{1,l}(0) = 0$ .

Таким образом, получены аналитические зависимости, формализующие общую модель процесса аварийной эвакуации при пожаре в случае нестационарного потока людей:

$$\begin{aligned} \frac{dm_{X_1}(t)}{dt} &= \dot{m}_{X_1} = \lambda_n(t)(1 - p_n(t)) - \\ &- \mu_2(t)q_1(t)(1 - p_0(t)), \\ q_1(t) &= q_{1,1}(t) + q_{1,2}(t) + \dots + q_{1,l}(t), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $p_0(t), p_n(t)$  определяются из системы (3);  $q_{1,j}$  ( $j = 1, 2, \dots, l$ ) определяются из системы (7).

Разработанная модель позволяет в дальнейшем определить значение вероятности аварийной эвакуации людей из здания при пожаре с помощью выражения:

$$P_{э.с} = \frac{0}{n}, \quad (9)$$

где  $t_{\text{бл.а}}$  — время блокирования аварийного выхода.

### Выводы

Впервые была разработана математическая модель, позволяющая оценивать влияние психофизиологических факторов поведения людей при пожарах на эффективность применения спасательных средств аварийной эвакуации.

Предложенный в статье подход позволил новому обосновать процесс управления индивидуальным пожарным риском в зданиях.

Разработанный инструмент позволяет оценить эффективность внедрения на объектах средств

спасения с высоты, прогнозировать результаты деятельности системы обеспечения пожарной безопасности, выработать требования к оснащению зданий средствами спасения и эвакуации с высоты для поддержания требуемого показателя индивидуального пожарного риска.

Полученные результаты могут использоваться для разработки руководящих документов и инструкций МЧС России при взаимодействии с собственниками объектов, в том числе при проверке поданных собственниками деклараций пожарной безопасности.

*Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ, грант № МК-15.2011.10*

### Список литературы

1. Самошин Д. А., Кудрин И. С., Истратов Р. Н. К вопросу о безопасной эвакуации людей из высотных зданий // Пожарная безопасность в строительстве. — 2010. — № 6. — С. 64—67.
2. Приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".
3. Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. № 404 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах".
4. Свод правил 4.13130.2009. Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре. Норма и правила размещения и применения.
5. Rasbash D., Ramachandran G., Kandola B., Watts J., Law M. Evacuation of Fire Safety. — N. Y.: J. Wiley & Sons, 2004.
6. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков: Учебное пособие. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — 191 с.
7. Ильичев А. В., Волков В. Д., Грушанский В. А. Эффективность проектируемых элементов сложных систем. — М.: Высшая школа, 1982. — 265 с.
8. Матвеев А. В., Бурлов В. Г., Магулян Г. Г. Общий подход к моделированию систем безопасности // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Том 5 (133). Информатика. Телекоммуникации. Управление. — 2011. — С. 73—77.
9. Матвеев А. В., Иванов М. В. Критерий эффективности управления пожарным риском при использовании средств аварийной эвакуации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Том 6—2 (138). Информатика. Телекоммуникации. Управление. — 2011. — С. 165—170.
10. Матвеев А. В., Иванов М. В., Писков В. Ю., Минкин Д. Ю. Модель системы управления аварийной эвакуацией на объектах с массовым пребыванием людей // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. — 2011. — № 4 (2011). — С. 10—16.
11. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. — М.: Кнорус, 2011. — 448 с.

УДК 327.57

**Ю. Л. Ткаченко**, канд. техн. наук, доц., МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва

E-mail: tkachenk@mail.ru

## Перспективы экологического развития России

*Показано, что Россия, сохранившая нетронутой более 60 % природной территории, обладающая высоким ресурсным потенциалом и хорошим образовательным уровнем, имеет возможность стать лидером цивилизационной экологической революции и ведущей экологической державой мира.*

**Ключевые слова:** биосфера, техносфера, экологизация, экологическая революция

**Tkachenko Y. L. Perspectives of Ecology Development to Russia**

*The author shows that the Russia, preserved untouched more than 60 % of the natural territory, possessing in high resource potential and good educational level, has possibility to become the leader of civilization's ecological revolution and leading ecological power of the world.*

**Keywords:** biosphere, a technosphere, ecologization, ecological revolution

### Современное противоречие мирового развития

В основе развития любой системы лежит количественное накопление противоречий между ее компонентами. Новой, не осознаваемой до середины XX века, проблемой является противоречие между развивающимся человечеством и биосферой Земли.

Биосфера является живой системой, обладающей поразительной устойчивостью. Устойчивая биосфера способна к самовоспроизводству на протяжении неопределенно длительного периода времени. Биосфера обладает собственными целевыми функциями. Главные функции — это фотосинтетическое преобразование солнечного излучения в биомассу, биогенная мобилизация вещества планеты, формирование среды обитания для различных биологических видов. В работе [1] показано, что привычные для нас условия жизни на планете, в первую очередь кислородная атмосфера и климат, являются "заслугой" действующей биосферы, которая активно формирует и стабилизирует их на протяжении последних 570 миллионов лет. Без этой биотической регуляции Земля давно повторила бы судьбу Венеры или Марса,

превратившись в перегретое или в переохлажденное космическое тело.

С точки зрения человечества, как и любого другого биологического вида, биосфера формирует его экологическую нишу — естественную среду обитания. Экологическая ниша не только поддерживает жизнедеятельность организмов, но и предписывает им обязательное выполнение некоторых функций, т. е. определяет "профессию" каждого биологического вида в экосистеме.

Каким способом передается такого рода информация, пока неясно. В настоящее время в этой области только происходит выработка гипотез [2]. Но точно известно, что биосфера регулирует процесс видообразования, исключая биологические виды, стремящиеся стать либо "бездельниками", либо "грабителями".

Естественная среда обитания обладает следующими замечательными свойствами: синтетрофностью, способностью к самоочищению, способностью к самовосстановлению. Синтетрофность среды заключается в том, что пищевые ресурсы для каждого биологического вида автоматически, без всяких усилий с его стороны, синтезируются в пределах самой экологической системы. Самоочищение означает, что в природной среде отсутствуют понятия "отходы" и "загрязнители". Благодаря отлаженному за сотни миллионов лет взаимодействию продуцентов, консументов и редуцентов те вещества, которые являются отходами для одной группы организмов, одновременно являются пищевым ресурсом для другой группы. Самовосстановление проявляется в том, что среда обитания способна длительно противостоять воздействию возмущающих факторов. При этом набор компонентов и связи между ними в экосистеме обратимо или необратимо меняются. Эти изменения направлены на сохранение функций экосистемы, в первую очередь на поддержание объемов синтеза биомассы и баланса круговоротов вещества.

На нашей планете сформировалась уникальная живая система, выполняющая важные функции и регулирующая условия среды в глобальном масштабе. И эта система буквально на наших глазах теряет устойчивость. Дестабилизация биосферы



проявляется в виде негативных процессов в окружающей среде, протекающих в течение жизни одного поколения людей, т. е. за 30—50 лет. Такие быстропротекающие процессы обычно называют экологическими проблемами. Среди них можно отметить глобальное изменение климата, загрязнение воздуха, воды и почвы, дыры в озоновом слое атмосферы, кислотные осадки, засоление пресных водных объектов, исчезновение лесов, опустынивание земель, вымирание биологических видов и многое другое. Острота и повсеместная распространенность экологических проблем дают основания говорить о глобальном мировом экологическом кризисе.

Причиной кризиса является существование стихийно созданной человечеством искусственной среды обитания, называемой техносферой. Под техносферой понимается бывшая часть естественной среды, преобразованная человеком с помощью прямого или косвенного технического воздействия с целью удовлетворения своих материальных и культурных потребностей. Искусственная среда всегда создавалась человеком в ущерб среде естественной. За объектаемой формулировкой "преобразовал природу" сегодня, как и на заре цивилизации, скрывается неприглядная картина: человек построил свою среду путем разрушения естественной среды. Вся техносфера на планете — это территория, на которой либо полностью уничтожены природные экосистемы, как в городской застройке, либо существенно нарушены их функции, как на сельскохозяйственных землях и в лесах промышленного использования.

Воздействие техносферы на биосферу абсолютно негативно. Можно даже утверждать, что с "точки зрения" биосферы техносфера вообще не имеет смысла. Искусственная среда занимает более 60 % лучшей территории суши [3], исключая эти площади из процесса полноценной биотической регуляции условий жизни на планете. В настоящее время человечество изымает более 40 % годового объема первичной фотосинтетической продукции биосферы [3]. Для сохранения стабильности видового разнообразия биосферы допустимо изымать не более 1 % этой продукции. Результатом нарушения правила является вымирание биологических видов. Ежедневно с лица Земли навсегда исчезают один или два биологических вида, в то время как в естественном состоянии биосферы один биологический вид исчезал в среднем за 2000 лет [3].

Главным доказательством техносферного происхождения экологического кризиса служит именно быстрота развития негативных процессов на планете. Прямая корреляция скорости деградации природной среды и средней продолжительности человеческой жизни "с поличным" выдает виновника нынешних бед биосферы.

Широкое распространение экологических знаний связано в первую очередь с деятельностью Римского клуба, основанного в апреле 1968 г. А. Печчеи и А. Кингом. Картина, представленная в докладах ученых, работавших в рамках клуба, получилась весьма пессимистичной.

Первый же доклад 1971 года "Мировая динамика" предсказывал экологическую катастрофу к 2020 г. при сохранении имевшихся темпов роста мировой промышленности. Доклад содержал результаты компьютерного моделирования большого числа параметров, характеризующих развитие глобального социума, техносферы и биосферы, проведенного создателем теории системной динамики Дж. Форрестером. Получилось, что через 50 лет непрерывного экономического роста высокий уровень промышленного загрязнения воды, воздуха и почвы приведет к катастрофическому вымиранию населения Земного шара.

К ученым-экологам стали прислушиваться. Нужно отдать должное усилиям ООН, организовавшей ряд международных конференций по защите окружающей среды, которые сформировали глобальное экологическое движение. Однако все эти титанические усилия позволили лишь отодвинуть неизбежное, так как генеральная линия развития человечества, направленная на увеличение потребления ресурсов и энергии, осталась прежней. Уничтожение природы продолжилось, только более медленными темпами.

И по сей день вопрос о будущем биосферы и человека остается открытым. Человечество втягивается в беспрецедентный экологический кризис, результатом которого может стать катастрофа, способная привести к полному уничтожению биологического вида *Homo Sapiens*. При этом вымирание нашего вида вовсе не означает прекращение жизни на планете.

Сложная система обычно стабилизирует свое состояние путем упрощения. Существует несколько сценариев гибели человечества и прочих высших консументов. Чтобы избежать подобных ужасов и вернуть биосферу в прежнее устойчивое состояние, человечество должно радикально изменить свое поведение. На это прямо указали А. Кинг и Б. Шнайдер в работе "Первая глобальная революция" [4]. Не раскрывая содержания заявленной революции, исследователи отметили главное направление ее осуществления — воспитание человека, обладающего особой этикой, позволяющей по-другому относиться к окружающей среде. Время, прошедшее с момента представления доклада, позволяет конкретизировать основу этой "новой этики" и смысл предчувствуемой глобальной революции.

## Экологическая революция

Развитие цивилизации неразрывно связано с возникновением и совершенствованием техносферы. Кризисные моменты во взаимоотношениях человека и среды обитания постоянно преследовали человечество. История показывает, что способом разрешения кризисов в прошлом всегда являлись цивилизационные революции. Такие революции приводят к изменению всего уклада социума, коренной перестройке видов деятельности и образа жизни людей. Эти колоссальные подвижки происходят, в отличие от быстрых кровавых социальных революций, в течение достаточно длительных периодов времени и преимущественно мирным путем.

Первым глобальным кризисом человечества был верхнепалеолитический кризис, сопровождавшийся катастрофическим вымиранием людей примерно 15 000 лет назад. Экологический кризис был вызван обратимым похолоданием климата и перепромыслом крупных животных в результате развития загонной охоты. Человечество преодолело этот кризис посредством биотехнической революции, заключавшейся в переходе от традиционных видов деятельности древнего человека — собирательства и охоты к земледелию и скотоводству. Биотехническая революция положила начало новой эпохе — неолиту, начавшемуся около 10 000 лет назад. Изобретение топора и использование технологии подсеčno-огневого земледелия позволило людям уничтожать леса на больших территориях. Так человечество впервые масштабно вмешалось в природные процессы, в это время и возникла техносфера.

Далее пошел процесс непрерывного прогресса техносферы, в ходе которого она расширяла свою территорию и наращивала энерговооруженность. Начавшаяся в середине XIX века промышленная революция стала разрешением противоречия между темпами прироста населения и развитием производительных сил человечества, описанного Т. Мальтусом в 1798 г. Промышленная революция существенно преобразила структуру социума и образ жизни людей. Центральную позицию в государственном устройстве занял класс капиталистов.

Последовавшая в середине XX века научно-техническая революция (НТР) заключалась в широком использовании знаний и техники во всех сферах деятельности человека. НТР не только помогла преодолеть зарождавшийся энергетический кризис за счет промышленного использования ядерной энергии, но и придала большую общественную значимость людям умственного труда.

Однако все эти революции не изменили характера поведения людей, направленного на безграничный

рост производства и потребления материальных благ. Очевидно, что константой развития цивилизации оставалось антропоцентрическое мировоззрение, которое заставляло человечество выдвигать на первый план исключительно свои нужды и потребности.

До второй половины XX столетия люди никогда не выходили за допустимые рамки своего могущества. Еще в начале XX века цивилизация присваивала менее 1 % годового объема первичной фотосинтетической продукции биосферы, а техносфера занимала не более 20 % территории суши [5]. Именно создание атомной промышленности, интенсификация и химизация сельского хозяйства, вырубка тропических лесов, освоение целинных земель привели к недопустимой дестабилизации биосферы.

Современная ситуация уникальна — в известном историческом периоде естественная среда еще никогда не теряла устойчивость в глобальных масштабах. Расцвет и падение Римской империи, Крестовые походы и покорение дикого Запада, сражения первой и второй Мировых войн разворачивались на фоне стабильной биосферы. Ныне становится ясно, что окружающий нас антропоцентрический мир полностью исчерпал себя.

Антропоцентризм являлся духовной опорой человечества без малого 2500 лет. Первым гимном антропоцентризма можно считать высказывание древнегреческого философа Протагора о том, что "человек — мера всех вещей существующих, что они существуют, несуществующих же, что они не существуют" [6]. С утверждением Протагора можно согласиться, если бы каждому человеку были доступны все знания об окружающем мире.

В настоящее время человечество, вооруженное антропоцентрическим мировоззрением, смогло обойти правила, установленные в биосфере для прочих биологических видов. Современные люди превратились в настоящих грабителей, стремящихся вырвать у природы больше ресурсов, чем им было отмерено мудростью предшествующих четырех миллиардов лет эволюции.

Нарастающие как снежный ком губительные экологические проблемы все настойчивей требуют от человечества, чтобы оно избавилось от подобного мировоззрения. Человеку отведена всяма патетическая роль, но все же не место за "пультом управления" планетой. Занимая антропоцентрическую позицию в отношении биосферы, люди не могут решить ни одной текущей экологической проблемы.

Человек должен перестать считать себя наилучшей "мерой всех вещей", признать верховенство Природы и осознать необходимость строить свою



среду обитания не вопреки, а согласно законам существования естественной среды.

Содержанием грядущей экологической революции станет отказ человечества от антропоцентризма во взаимоотношениях с биосферой и выработка этичного отношения к природной среде. Также человечеству будет необходимо перестроить стихийно созданную им техносферу, чтобы обеспечить ее функционирование по принципу работы природной среды обитания, без губительного воздействия на экологические системы.

Может возникнуть опасение, не вызовет ли отказ от антропоцентризма умаления гуманизма, т. е. не произойдет ли снижение ценности человеческой жизни. Очень важно отказаться от принципа антропоцентризма только в отношении к природе, развивая в межличностных связях "новый гуманизм", который должен основываться на идее целостности человечества и всеобщей солидарности жителей Земли, которые осознают себя представителями одного биологического вида.

Что же должно прийти на смену антропоцентризму? На первый план в мировоззрении человечества закономерно должен выдвинуться "экоцентризм", ставящий во главу угла нужды и проблемы биосферы. На базе экоцентризма будет строиться будущий глобальный социум, мировая индустрия и образ жизни людей. Экоцентризм не отменяет прогресс человечества. Нужно только изменить характер развития цивилизации на основе требований законов экологии. Переход к новому, экоцентричному мироустройству можно назвать экологизацией человечества.

### **Экологизация человечества**

Для изменения вектора развития человечества, направленного на безудержное потребление, в сторону разумного самоограничения необходима радикальная экологическая трансформация ведущих стран мира. Этот процесс подразумевает решение трех частных задач: экологизации общества; экологизации промышленности; экологизации жилой среды.

**Экологизация общества** предусматривает введение приоритета экологических требований во все сферы общественной жизни и государственного управления. В экономике принцип минимизации экологического ущерба природной среде должен главенствовать над принципом максимизации прибыли. В науке и образовании большую долю исследований и изучения должна занимать глобальная и прикладная экология. В области искусства должны непрерывно внедряться идеи о хрупкости природной среды, возможности ее уничтожения грубыми и поспешными действиями

человека, незаменимости биосферы для выживания человечества, возможности гибели человечества, не прислушавшегося к голосу разума и науки.

**Экологизация промышленности** подразумевает создание устойчивых природно-промышленных комплексов (ППК) — совокупности производственно-технических объектов и технологических процессов, размещенных на ограниченной территории техносферы и связанных с природными компонентами (воздушной, водной, почвенной средой и экосистемами) взаимоподдерживающими потоками вещества и энергии. Под устойчивостью ППК понимается сбалансированность, т. е. согласование главных параметров производственно-технических объектов (землеемкость, ресурсоемкость и отходность) с возможностями самоочищения и самовосстановления природной среды.

Экосистемы в этом случае не будут деградировать, а будут сохранять свои функции в течение неопределенно долгого времени. Новая индустрия, создаваемая путем интеграции устойчивых ППК, делает возможным дальнейшее материальное, научно-техническое и культурное развитие человечества, но происходящее не стихийно, а в полном согласии с законами и ограничениями биосферы.

**Экологизация жилой среды** подразумевает создание экопоселений, представляющих собой среду обитания человека, обеспечивающую комфортные и безопасные условия проживания. Новая среда обитания должна обязательно строиться по принципу природной среды, т. е. обладать свойствами синтрофности, самоочищения и самовосстановления.

Жилая среда будущего обеспечит большую свободу мышления и деятельности. Традиционные технологии никогда не смогут освободить человека. Жизнь в экопоселении будет свободна от повседневной трудовой рутины производства продуктов питания, строительства и ремонта жилых и промышленных зданий, очистки воды и воздуха, уборки территории. Тогда человечество сможет наконец-то непосредственно заняться своей главной миссией, о которой пойдет речь далее.

### **Возможность и перспективы экологизации России**

Очевидно, что разные государства находятся в неодинаковом положении относительно возможности начала и перспектив экологизации. Анализ распределения техносферных регионов по странам мира дает интересные результаты. Согласно данным работы [3] на планете сложились три основных центра экологической дестабилизации биосферы.

— **Североамериканский** (общей площадью 9,5 млн км<sup>2</sup>) включает США (96 % территории которых за-

няты техносферой и только 4 % представляют собой ненарушенную природную среду) и Мексику (100 и 0 % соответственно).

— **Европейский** (7 млн км<sup>2</sup>) включает Великобританию (100 и 0 %), Францию (100 и 0 %), Нидерланды (100 и 0 %), Германию (100 и 0 %), Финляндию (91 и 9 %) и другие страны Европы.

— **Азиатский** (12,7 млн км<sup>2</sup>) включает Японию (100 и 0 %), Индию (99 и 1 %), Индонезию (95 и 5 %), Китай (80 и 20 %).

От окончательной потери устойчивости биосферу спасают сохранившиеся центры экологической стабилизации природной среды:

— **Северо-Североамериканский** (общей площадью 10 млн км<sup>2</sup>) включает Канаду (32 % территории которой заняты техносферой, а 68 % представляют собой ненарушенную природную среду);

— **Евро-азиатский** (17 млн км<sup>2</sup>), расположенный на территории России (35 и 65 %);

— **Южноамериканский** (13 млн км<sup>2</sup>), включая Бразилию (55 и 45 %) и другие латиноамериканские страны.

Сравнив политическую ситуацию в мире с экологической обстановкой, увидим их полное несоответствие. Америка, страны Европы и страны, развивающиеся на принципах индустриализма, разрушили природную среду на своей территории и продолжают разрушать ее на остальной планете, углубляя экологический кризис. Получается, что мировая политическая ситуация не отражает научно обоснованную картину мира.

Следовательно, экономический рост на основе модернизации традиционной индустрии окончательно разрушит экосистемы в России. В этом случае ничего хорошего от мировой экологической революции ждать не приходится — наша страна рискует превратиться в безлюдную территорию, экологический буфер техносферных регионов Китая и Евросоюза.

Научная картина мира показывает, что именно Россия и некоторые страны мира, в первую очередь Канада и несколько латиноамериканских стран, обладают превосходными стартовыми условиями и блестящими перспективами проведения экологизации. Наша страна пока еще обладает высоким ресурсным потенциалом и хорошим образовательным уровнем. Для превращения России в ведущую экологическую державу необходим переход от приоритетного экономического развития к экологическому. Экологическое развитие России должно осуществляться по нескольким этапам.

1. *Формирование нормативно-правовой базы экологизации* — разработка комплексного экоцентрического законодательства, охватывающего все области права: государственного, экономического,

гражданского, уголовного. Целью этого этапа является внедрение экологических приоритетов во все сферы жизнедеятельности и социальных отношений.

2. *Создание экологической организации* — создание базового органа для проведения экологизации. За ним должно быть закреплено право разработки и осуществления экологических проектов и программ, создания новых экологических технологий, выпуска экологической инновационной продукции. Возможно создание корпорации "Рос-экология" или промышленного комплекса иной организационной формы.

3. *Переговорные процессы с Евросоюзом и Китаем* — установление величины платежей этих государств за трансграничную передачу загрязнений на территорию России. Это главный вопрос, который необходимо решить (на этом этапе).

4. *Экологическая инвентаризация территории России* — проведение зонирования территорий России, различающихся между собой экологической обстановкой. В первую очередь выделить территории биотической регуляции, полностью занятые природными экосистемами, как в районах Сибирской тайги, тундры Крайнего Севера. Запретить проживание людей и хозяйственную деятельность на этих территориях. И тем самым законсервировать ценнейшие участки биосферы, поддерживающие устойчивость всей планетарной биосферы.

Затем провести ранжирование остальной территории по степени нарушения функций экосистем. На основе расчетов индекса экологического состояния выделить в техносферной части России территории экологической нормы, территории экологического бедствия и зоны полной экологической деградации.

5. *Работы по переустройству техносферы* — разработка плана приоритетных мероприятий по улучшению экологической ситуации в техносферных регионах. На территориях полной экологической деградации после проведения полного комплекса природовосстанавливающих процедур должна быть построена качественная жилая среда, развернуты самоподдерживающиеся производственно-технические комплексы. Именно на эти территории будут добровольно переселяться люди и выводиться промышленные предприятия из других зон. Новая среда экопоселений будет привлекать людей комфортными и безопасными условиями проживания, возможностями трудоустройства и эстетическим оформлением окружающей среды.

6. *Проведение экологической экспансии* — этот этап можно осуществить, когда будут достигнуты первые успехи в преобразовании техносферы. Мо-



дель жизненного уклада, реализованная на территории России, может быть предложена другим нациям. Экспансия должна проводиться мирными средствами пропаганды и демонстрации достижений. Окончание данного этапа в обозримом будущем принципиально не предусмотрено. По мере интеграции техносферы в единую планетарную систему, оптимально сосуществующую с оставшейся частью биосферы, экологическая экспансия может распространиться на соседние космические тела.

В этом и заключается высокая миссия человечества как детища биосферы. Человек является типичным консументом, т. е. потребителем. Но вместе с тем человек — единственное живое существо на планете, обладающее мощным разумом, позволившим ему преобразовать окружающую среду по своему желанию. Именно разум может помочь человечеству осознать свою истинную функцию в биосфере. Только человек является единственным биологическим видом, способным выйти за пределы биосферы и этим обеспечить ее бессмертие.

Сейчас человеку самое время вспомнить об этом предназначении, возложенном на него Природой. Человечество должно возглавить экспансию биосферы, распространив ее на соседние космические тела и дальше, вплоть до изученных пределов дальнего Космоса.

Именно России суждено вернуться к выполнению космической миссии, преодолев цепкие путы потребительского мировоззрения. Подтверждением сказанному может служить уникальное направ-

ление философской мысли, именуемое "русским космизмом". Выдающийся представитель русского космизма К. Э. Циолковский писал в работе "Монизм Вселенной" (1925 г.): "Техника будущего даст возможность одолеть земную тяжесть и путешествовать по всей солнечной системе. Посетят и изучат все ее планеты. После заселения нашей солнечной системы начнут заселяться иные солнечные системы нашего Млечного Пути. С трудом отделится человек от земли" [7].

Выполнить миссию, предначертанную великим мыслителем, возможно на основе проведения экологической революции и экологического преобразования техносферы планеты Земля. Именно у России есть величайшая возможность начать экологизацию человечества.

#### Список литературы

1. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. — М.: ВИНТИ, 1995. — 470 с.
2. Шилов И. А. Экология. — М.: Высшая школа, 2000. — 512 с.
3. Экологические проблемы: Что происходит, кто виноват и что делать? / Под ред. В. И. Данилова—Данильяна. — М.: МНЭПУ, 1997. — 332 с.
4. Кинг А., Шнайдер Б. Первая глобальная революция. — М.: Прогресс, 1991. — 344 с.
5. Акимов Т. А., Кузьмин А. П., Хаскин В. В. Экология. Природа — Человек — Техника. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 343 с.
6. История философии в кратком изложении. — М.: Мысль, 1991. — 590 с.
7. Мир философии. Хрестоматия в 2 томах. Том 2. — М.: Политиздат, 1991. — 624 с.

#### Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии""

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

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

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

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

Дизайнер Т. Н. Погорелова.

Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор

Сдано в набор 30.11.12. Подписано в печать 15.01.13. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ213.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансесд солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансесд солюшнз". 105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 2, офис 2.