



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

7(151)  
2013

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

**Зинкин В. Н., Солдатов С. К., Богомолов А. В., Чистов С. Д., Россельс А. В.**  
Методология исследования эффективности средств индивидуальной защиты от шума  
в расширенном частотном диапазоне . . . . . 2

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Булавка Ю. А.** Совершенствование технологии экспертной оценки профессионального  
риска на рабочих местах. . . . . 9

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Ксенофонтов Б. С., Павлинова И. И., Крупский А. С., Мальшева А. А., Калистратов И. М.**  
Совершенствование механической очистки сточных вод с использованием  
биотехнологических приемов . . . . . 16

### ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ

**Тихомирова Е. Г.** Комплексная переработка твердых коммунальных отходов —  
стабилизирующий фактор в рамках геоэкологии . . . . . 19  
**Андрюшкин А. Ю.** Распад капель жидкостей в потоке газа в процессе утилизации жидких  
отходов . . . . . 25  
**Губанов А. В., Постолов Ю. М., Губанов С. А., Яковлев В. И., Иванов С. А.**  
Исследование побочных продуктов лесохимических производств и нефтепродуктов в  
качестве компонентов технологических смазок. . . . . 30

### ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

**Красногорская Н. Н., Кияшко И. Ю.** Использование биотоплива в целях  
ресурсосбережения и охраны окружающей среды . . . . . 32

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

**Лукьянович А. В., Дурнев Р. А., Котосонова А. С.** Оповещение населения при  
чрезвычайных ситуациях: подход к обоснованию рациональных параметров текстовых  
сообщений . . . . . 35  
**Акатьев С. В.** Концептуальные изменения, происходящие в области гражданской  
обороны . . . . . 41

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Захаревич А. В., Максимов В. И., Мошков А. Г.** Пожарная опасность сухих  
диспергированных отходов деревообработки при воздействии одиночных нагретых до  
высоких температур керамических частиц . . . . . 44

### ОБРАЗОВАНИЕ

**Балаян В. В., Зюба Т. В.** Особенности формирования рабочих программ  
дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" при подготовке авиационных  
специалистов гражданской авиации . . . . . 47

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ

**Пышкина Э. П., Симакова Е. Н.** К вопросу оценки условий труда на рабочих местах  
пользователей ПЭВМ. Анализ основных нормативно-правовых актов . . . . . 52

### ИНФОРМАЦИЯ

**Информационное сообщение** о Пятом Всероссийском совещании заведующих кафедрами  
вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты  
окружающей среды 30 сентября — 6 октября 2013 г., г. Москва . . . . . 55  
**Приложение.** **Ксенофонтов Б. С., Таранов Р. А., Козодаев А. С., Балина А. А.** Анализ  
риска подтопления и затопления селитебных территорий в случаях выпадения сильных  
ливней. Часть II

#### 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.

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.

# ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

УДК 625.098

**В. Н. Зинкин**, д-р мед. наук, проф., заслуженный врач РФ, вед. науч. сотр.,  
**С. К. Солдатов**, д-р мед. наук, проф., вед. науч. сотр., **А. В. Богомолов**, д-р техн. наук,  
 проф., ст. науч. сотр., **С. Д. Чистов**, канд. мед. наук, нач. лаборатории,  
**А. В. Россельс**, мл. науч. сотр., Научно-исследовательский испытательный центр  
 (авиационно-космической медицины и военной эргономики) 4 Центрального научно-  
 исследовательского института Минобороны России, Москва  
 E-mail: zinkin-vn@yandex.ru

## Методология исследования эффективности средств индивидуальной защиты от шума в расширенном частотном диапазоне

*На примере исследований акустической эффективности экспериментальных образцов противошумных наушников показаны преимущества и недостатки существующих методов исследования акустической эффективности противошумов. Обоснована методология проведения подобных исследований, которая предполагает проведение комплекса исследований в лабораторных и производственных (натурных) условиях.*

**Ключевые слова:** шум, инфразвук, средства и методы индивидуальной защиты, противошумы, функциональное состояние, акустическая эффективность

**Zinkin V. N., Soldatov S. K., Bogomolov A. V., Chistov S. D., Rossels A. V.**  
*The Methodology of Research on the Effectiveness of Personal Protection from the Noise in the Extended Frequency Range*

*For example, studies of the acoustic efficiency of the experimental samples of anti-noisy headphones shows the advantages and disadvantages of existing methods of research of acoustic efficiency of anti-noises. Grounded methodology for conducting such research, which involves the carrying out of the researches in laboratory and industrial conditions.*

**Keywords:** noise, infrasound, means and methods of personal protection, insert hearing protector, functional status, the acoustic performance

Среди неблагоприятных внешних факторов, воздействующих на авиационных специалистов в ходе повседневной профессиональной деятельности, шум занимает ведущее место. Наиболее интенсивному воздействию шума подвергается инженерно-технический состав (ИТС), обслуживающий летательные аппараты [1–3].

Исследование акустической обстановки на рабочих местах ИТС показало наличие непостоянного высокоинтенсивного широкополосного шума и инфразвука. В звуковой полосе частот уровни звукового давления (УЗД) находились в диапазоне от 110 до 130 дБ, уровни звука (УЗ) от 108 до 129 дБА. При этом значения эквивалентных уровней звука достигало 94...121 дБА, что существенно превышает предельно допустимый уровень (ПДУ) — 80 дБА. УЗД в инфразвуковом диапазоне частот колебались от 101 до 112 дБ, а общий УЗД находился в диапазоне 108...113 дБ Лин [2–3].

Длительное воздействие высокоинтенсивного шума способствует росту заболеваемости с временной утратой трудоспособности, развитию профессиональной патологии органа слуха (нейросенсорной тугоухости) и формированию неспецифического симптомокомплекса в виде артериальной гипертензии, дисциркуляторной энцефалопатии и др. Доказательством развития неспецифической шумовой патологии является наличие профессионального "шумового" стажа и наличие вышеуказанных болезней при обязательном сочетании их с патологией органа слуха [4–5].

На рабочих местах, где невозможно снизить шум до ПДУ организационно-техническими средствами или по технико-эксплуатационным соображениям, следует применять средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума. При выборе типа противошумов надо ориентироваться на спектр и уровни шума на рабочих местах. Для защиты от шума ИТС использует существующие СИЗ, которые, к сожалению, обладают некоторыми недостатками [6–8]:

- они не эффективны при высоких уровнях шума (свыше 110 дБ);
- у них отсутствуют защитные свойства при действии акустических частот от 125 Гц и ниже.



Это обуславливает целесообразность разработки новых образцов противошумов для авиационных специалистов с учетом устранения вышеуказанных недостатков. Однако при разработке новых СИЗ, обеспечивающих защиту от акустических колебаний в звуковом и инфразвуковом диапазонах, исследователи сталкиваются с отсутствием общепринятой методологии комплексного исследования эффективности противошумов в указанном частотном диапазоне.

На примере испытания одного из экспериментальных образцов противошумных наушников проведен анализ существующих методов оценки акустической эффективности и предложена методологическая последовательность оценивания эффективности их на основе изучения системы "человек—СИЗ".

**Целью исследования являлась** разработка методологии комплексных испытаний СИЗ от шума на основе лабораторных и натурных методов оценки акустической эффективности противошумов и проведение комплексного испытания экспериментального образца противошумных наушников.

#### Методы исследования

В процессе научно-исследовательской работы были разработаны противошумные наушники для авиационных специалистов. Авиационный шум обладает рядом особенностей. Он высокоинтенсивный (свыше 100 дБ), широкополосный с инфразвуковой составляющей, в спектре его имеется два максимума — в области высоких (2...4 кГц) и низких (63...250 Гц) частот. Современные СИЗ не способны обеспечить эффективную защиту от авиационного шума. В процессе исследования был использован экспериментальный образец противошумных наушников, разработанный авторами совместно с ЗАО "НПО "Динафорс". От традиционных наушников он отличается конструкцией чашек, которые были полыми и снабжены амортизатором и упругим вкладышем с наполнителем в виде шумозащитного пакета из материалов с различными звукопоглощающими свойствами [18].

На первом этапе исследования эффективность экспериментального образца противошумных наушников проводили в лабораторных условиях двумя общепринятыми методами: объективным (упрощенным) и субъективным методами. Исследования по упрощенному методу, позволяющему объективно дать качественную оценку противошума, проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.4.213—99 "Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Упрощенный метод измерения акустической эффективности про-

тивошумных наушников для оценки качества" с помощью специально изготовленного стенда.

При проведении измерения поглощения шума экспериментальным образцом противошумных наушников использовали субъективный метод в соответствии с ГОСТ Р 12.4.211—99 "Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Субъективный метод измерения поглощения шума". Испытания проведены в акустической камере (сурдокамере) с участием 9 практически здоровых испытуемых в возрасте 25...30 лет. Все испытуемые прошли предварительное медицинское обследование с записью аудиограммы (определялись пороги слуха на частотах 125, 250, 500, 1000, 4000 и 8000 Гц). Поглощение шума оценивали по разности результатов тональной аудиометрии, записанной с использованием экспериментального образца противошумных наушников и без него.

На втором этапе исследования эффективности экспериментального образца противошумных наушников для проверки результатов, полученных в лабораторных условиях, и обоснования выбора этого типа противошумов были проведены натурные испытания СИЗ в условиях выполнения ИТС задач повседневной профессиональной деятельности. Общепринятая методика подобных исследований отсутствует, но имеются единичные работы по испытанию СИЗ от шума на рабочих местах в производственных условиях [9]. Поэтому при планировании этого этапа работ были разработаны методические подходы к проведению испытаний, в основу которых положены клинические методы, позволяющие оценить функциональное состояние критических органов и систем, на которые шум оказывает неблагоприятное действие (орган слуха, сердечно-сосудистая и центральная нервная системы), а также работоспособность человека-оператора [4, 10].

Функциональное состояние органа слуха исследовали методом тональной аудиометрии с помощью клинического аудиометра Grahnert Pracitronic MA-31. Последовательность определения порогов восприятия звуков проводилась в следующем порядке звуковых частот: 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 1000, 500, 250 и 125 Гц. Временное смещение порогов (ВСП) слуховой чувствительности определяли по воздушной проводимости [11].

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали методом объемной компрессионной осциллографии с помощью программно-аппаратного комплекса АПКО-8-РИЦ [12]. Регистрировали и рассчитывали следующие показатели: артериальное давление — диастолическое (АДД), систолическое (АДС) и среднее гемодинамическое



(АДСр); частоту сердечных сокращений (ЧСС); сердечный индекс (СИ); ударный индекс (УИ); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС).

Функциональное состояние центральной нервной системы исследовали с помощью методик "сложение чисел с переключением", "корректирующая проба" опросник "САН", что позволило оценить выработку и перестройку умственных навыков; оперативную память; переключаемость внимания; продуктивность, устойчивость концентрации внимания; темп психических процессов; актуальное функциональное состояние (самочувствие, активность, настроение) [13—17]. Использование оригинальной "анкеты субъективных ощущений" позволило выявить наличие специфических жалоб при воздействии шума, оценить степень их выраженности, а также дать субъективную оценку используемым образцам СИЗ от шума и обосновать предложения по их совершенствованию.

Было проведено медицинское обследование лиц основной и контрольной групп ИТС соответственно, использовавших и не использовавших экспериментальный образец противошумных наушников во время летной смены при обслуживании летательных аппаратов с работающими двигателями. Обследование проводили до и после летной смены. Всего обследовано 36 человек.

При проведении статистической обработки полученных результатов уровень значимости гипотезы о равенстве средних значений изучаемых показателей в опытной и контрольной группах рассчитывали по критерию Манна—Уитни.

### Результаты исследования

На первом этапе испытаний измерялось поглощение шума экспериментального образца противошумных наушников [18]. Полученные результаты сравнивали с аналогичными характеристиками зарубежных и отечественных противошумных наушников. Результаты исследования акустической

эффективности противошумных наушников упрощенным методом представлены в табл. 1.

Экспериментальный образец наушников имел высокую заглушающую способность почти во всем исследованном акустическом диапазоне частот. Наименьшей она была в диапазоне частот 4...16 Гц (17...19 дБ). На частотах 31,5...125 Гц ее величина увеличилась до 24 дБ, а максимальных значений (до 45...55 дБ) она достигла в диапазоне частот 500...2000 Гц. В высокочастотном диапазоне 4000...8000 Гц заглушающая способность экспериментального образца составила 33...37 дБ.

Наушники Optime III фирмы Peltor также обладали хорошей, но несколько меньшей, чем у экспериментального образца, заглушающей способностью во всем исследованном акустическом диапазоне частот (на рынке СИЗ они позиционируются как пассивные наушники с особой противошумной эффективностью). В диапазоне частот 4...31,5 Гц она колебалась от 9 до 14 дБ, 63...250 Гц — увеличилась до 27 дБ, в диапазоне 500...2000 Гц достигла максимальных значений до 49 дБ, а в полосе 4000...8000 Гц заглушающая способность снизилась до 32...33 дБ.

Наушники гарнитуры АН-301 фирмы Densom (Россия) практически не снижали УЗД в диапазоне частот 4...16 Гц и имели слабую акустическую эффективность (4...12 дБ) в низкочастотной области 31,5...250 Гц. На средних частотах (500...2000 Гц) происходило дальнейшее увеличение заглушающей способности (от 20 дБ до 38 дБ), которая достигла максимальных значений (41 дБ) в высокочастотной области (4000...8000 Гц). Эти наушники могут конкурировать с экспериментальным образцом только в диапазоне высоких частот.

Наушники шлема ШЗО-2 не обладают заглушающей способностью в диапазоне частот 4...63 Гц. На частоте 250 Гц она составила 19 дБ, а максимальные ее значения (43 дБ) имели место на частоте 1000 Гц. На более высоких частотах

Таблица 1

Результаты исследования акустической эффективности противошумных наушников объективным (упрощенным) методом

Наименование СИЗ	Поглощение акустических колебаний, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц											
	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Экспериментальный образец [18]	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>33</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	45	<b>37</b>	33
Наушники Optime III фирмы Peltor (Швеция)	9	11	14	14	17	12	27	40	47	<b>49</b>	32	33
Авиационная шумозащитная гарнитура АН-301 фирмы Densom (Россия)	1	2	2	4	6	12	20	27	37	38	41	<b>38</b>
Шлем защитный оператора ШЗО-2	0	0	0	1	1	11	19	28	43	32	31	26
Танковый шлемофон ТШ-4 зимний	0	0	0	0	0	1	3	12	14	15	22	24

Примечание. Полужирным шрифтом выделены максимальные значения поглощения звука в октавной полосе частот.



Таблица 2

**Результаты исследования акустической эффективности противошумных наушников субъективным методом**

Наименование СИЗ	Затухание звука, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Экспериментальный образец	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>41</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>42</b>
Наушники Optime III фирмы Peltor (Швеция)	16	20	27	32	<b>33</b>	34	33
Авиационная шумозащищенная гарнитура АН-301 фирмы Denscom (Россия)	13	16	20	26	28	34	37
Шлем защитный оператора ШЗО-2	13	19	25	36	29	30	32
Танковый шлемофон ТШ-4 зимний	9	10	12	18	16	23	29

Примечание. Полужирным шрифтом выделены максимальные значения поглощения звука в октавной полосе частот.

(2000...8000 Гц) акустическая эффективность снизилась до 26...32 дБ.

Наушники шлемофона ТШ-4 имели самую слабую акустическую эффективность во всем исследуемом диапазоне частот. Они практически не снижали УЗД в диапазоне частот 4...250 Гц, а в области 500...2000 Гц поглощение шума составило только 12...15 дБ. На высоких частотах 4000...8000 Гц величина этого показателя достигла 24 дБ.

Результаты исследования акустической эффективности противошумных наушников субъективным методом представлены в табл. 2. Экспериментальный образец обладал заглушающей способностью во всем акустическом диапазоне частот. Наименьшей она была в диапазоне частот 125... 250 Гц (23...27 дБ). На более высоких частотах ее величина увеличилась до 33... 41 дБ, достигнув максимального значения (42 дБ) на частоте 8000 Гц.

Сравнение эффективности экспериментального образца с другими СИЗ показало, что у наушников Peltor Optime III заглушающая способность во всем исследованном акустическом диапазоне частот была меньше на 5...12 дБ. Акустическая эффективность наушников Denscom АН-301 была несколько ниже в диапазоне частот 125...2000 Гц (13...28 дБ), но в высокочастотной области 4000...8000 Гц она практически соответствовала экспериментальному образцу — 34...37 дБ. Практически соответствовали этому СИЗ показатели поглощения звука у наушников ШЗО-2. Наушники зимнего шлемофона ТШ-4 имели самую слабую акустическую эффективность во всем исследуемом диапазоне частот: в области 125...500 Гц она составила 9...12 дБ, в области 1000...4000 Гц — 18...23 дБ, в области 8000 Гц достигали максимального значения (29 дБ).

На втором этапе испытаний проводили исследование качества акустической защиты противошумов в натуральных условиях. Использовали только экспериментальный образец противошумных наушников. Результаты исследования функционального состояния органов и систем ИТС приведены

в табл. 3—5 в виде разницы между абсолютными значениями показателей до и после летной смены.

Обследование контрольной группы после летной смены показало, что действие авиационного шума приводило к повышению временного снижения порогов (ВСП) слуховой чувствительности у ИТС в принятом диапазоне по воздушной проводимости на 2,2...6,7 дБ (табл. 3).

Смещение порогов слышимости после воздействия шума оценивается как адекватная реакция на сильный внешний раздражитель и является временным, исчезающим, как правило, после отдыха. В основной группе лиц, использовавших экспериментальный образец СИЗ, ВСП не выявлено. Таким образом, результаты аудиометрического исследования позволяют с определенной уверенностью утверждать, что использование ИТС исследуемых наушников позволит обеспечить эффективную защиту слухового анализатора от интенсивного широкополосного шума и предотвратить развитие нейросенсорной тугоухости.

Таблица 3

**Результаты тональной пороговой аудиометрии (среднее арифметическое значение ± стандартная ошибка:  $M \pm m$ )**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Разница между порогоми слуха до и после летной смены	
	Контрольная группа ( $n = 18$ )	Основная группа ( $n = 18$ )
250	$-3,3 \pm 1,3$	$3,1 \pm 1,5^*$
500	$-2,2 \pm 1,2$	$2,3 \pm 1,1^*$
1000	$-3,9 \pm 1,4$	$2,5 \pm 1,3^*$
2000	$-2,7 \pm 1,3$	$1,8 \pm 1,2^*$
3000	$-3,9 \pm 1,1$	$2,2 \pm 0,9^*$
4000	$-5,6 \pm 1,4$	$3,1 \pm 1,3^*$
6000	$-6,7 \pm 1,3$	$2,6 \pm 1,1^*$
8000	$-4,5 \pm 1,5$	$3,8 \pm 1,3^*$

\* Случаи, для которых уровень значимости нулевой гипотезы о равенстве средних значений показателя в группах  $p \leq 0,05$ .



Таблица 4

Результаты объемной компрессионной осциллографии ( $M \pm m$ )

Исследуемые показатели	Разница между значениями показателей до и после летной смены	
	Контрольная группа ( $n=18$ )	Основная группа ( $n=18$ )
АДС, мм рт. ст.	$-3,1 \pm 0,5$	$2,1 \pm 0,6^*$
АДД, мм рт. ст.	$-2,2 \pm 0,7$	$3,2 \pm 0,6^*$
АДСр, мм рт. ст.	$-2,7 \pm 0,4$	$1,7 \pm 0,5^*$
ЧСС, уд./мин	$-2,2 \pm 1,0$	$-3,3 \pm 1,1$
СИ, мл/м <sup>2</sup>	$-0,2 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1^*$
УИ, мл/м <sup>2</sup>	$-2,9 \pm 0,5$	$3,3 \pm 0,8^*$
ОПСС, Н·см <sup>-5</sup> ·с	$(-11,9 \pm 6,7) \cdot 10^{-5}$	$(44,8 \pm 10,8) \cdot 10^{-5}^*$

\* Случаи, для которых уровень значимости нулевой гипотезы о равенстве средних значений показателя в группах  $p \leq 0,05$ .

Таблица 5

Результаты исследования функционального состояния ЦНС ( $M \pm m$ )

Исследуемые показатели	Разница между значениями показателей до и после летной смены	
	Контрольная группа ( $n=18$ )	Основная группа ( $n=18$ )
Самочувствие, балл	$0,80 \pm 0,18$	$0,09 \pm 0,13^*$
Активность, балл	$0,81 \pm 0,28$	$0,10 \pm 0,20^*$
Настроение, балл	$0,73 \pm 0,19$	$-0,09 \pm 0,22^*$
ИПВ, балл	$3,39 \pm 2,3$	$8,62 \pm 2,1^*$
ПСВ1, ед.	$-10,1 \pm 5,31$	$-31,5 \pm 7,5^*$
ПСВ2, ед.	$-0,4 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,5^*$
ПСВ3, ед.	$0,01 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$
ПСВ4, ед.	$-0,33 \pm 0,31$	$-1,63 \pm 0,42^*$

\* Случаи, для которых уровень значимости нулевой гипотезы о равенстве средних значений показателя в группах  $p \leq 0,05$ .

Обследование контрольной группы ИТС после летной смены показало, что действие авиационного шума приводило к повышению значений практически всех показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы (табл. 4). Такой феномен часто наблюдается при воздействии высокоинтенсивного шума, и он рассматривается как стресс-реакция на сильный внешний раздражитель. В основной группе ИТС, использовавших СИЗ, динамика практически всех показателей сердечно-сосудистой системы указывала на развитие адаптационной реакции организма на внешнюю среду при адекватных условиях. Выявленный положительный эффект использования экспериментальных СИЗ, по всей видимости, обеспечит снижение риска развития артериальной гипертензии у ИТС.

Анкетирование лиц контрольной группы после летной смены показало наличие жалоб на ощущение

давления и тяжести в ушах, головокружение и снижение трудоспособности после действия авиационного шума. Подобные жалобы, сопровождающиеся дискомфортом и раздражительностью, характерны для высокоинтенсивного шума. В основной группе, использовавших экспериментальные образцы наушников, указанных жалоб не выявлено.

При анализе результатов опроса по методике "САН" выявлено, что динамика показателей "самочувствие" и "активность" в обеих группах ИТС имела одну направленность (табл. 5).

К окончанию рабочего дня происходило снижение "самочувствия" и "активности", однако в основной группе величины снижения были меньшими. При сравнительном анализе показателя "настроение" выявлено, что в контрольной группе оно ухудшалось на 0,73 балла, а в основной, наоборот, улучшалось на 0,09 балла.

С помощью методики "Корректирующая проба" выявлено достоверное увеличение интегрального показателя внимания (ИПВ) в основной группе на 8,62 балла по сравнению с контрольной — на 3,39 балла. Из этого следует, что использование СИЗ привело к улучшению качества внимания: количество ошибок было значительно меньше, а общее число выполненных заданий увеличилось.

Результаты методики "Сложения чисел с переключением" оценивали по четырем показателям: ПСВ1 — количество произведенных сложений двумя способами за 10 мин; ПСВ2 — количество ошибок (ошибки переключения и ошибки сложения); ПСВ3 — относительная частота ошибок; ПСВ4 — интегральная оценка производительности в баллах. В обеих группах до начала рабочего дня производительность сложений практически была одинаковой и составила соответственно около 19 и 17 сложений в 1 мин, что соответствует среднему уровню работоспособности. Величина ПСВ1 в основной группе после работы увеличилась на 31,5 сложений, в то время как в контрольной она оказалась достоверно ниже — 10,1. Такая реакция связана как с эффектом вработываемости, так и с улучшением показателей перестройки умственных навыков и оперативной памяти у ИТС основной группы за счет снижения воздействия шума. Поэтому утомляемость, которая непосредственно влияет на выполнения этого теста, у ИТС при применении экспериментального образца СИЗ была выражена слабее. Определенным подтверждением этому являются результаты, полученные с помощью методики "САН".

По показателю ПСВ2 отмечается достоверное ( $p < 0,05$ ) различие между группами ИТС. Так, в контрольной группе выявлено увеличение ошибок на 0,4 и снижение их числа в основной на 1,2. Стоит отметить, что в последней группе ошибки переключе-



чения практически отсутствовали при повторном тестировании, а в контрольной группе их число заметно увеличивалось. Значения, полученные по показателю ПСВЗ, также отражают общую тенденцию возникновения ошибочных действий, однако достоверных различий выявлено не было. Достоверное увеличение величины показателя ПСВ4 в основной группе ИТС после работы по сравнению с контрольной указывало на более высокий уровень производительности умственных действий.

Таким образом, результаты, полученные с помощью методики "Сложения с переключением", свидетельствуют об улучшении у лиц основной группы ИТС, использовавших СИЗ от шума в процессе летной смены, таких показателей, как выработка и перестройка умственных навыков; оперативная память; переключаемость внимания.

### Обсуждение

Недостаточная эффективность существующих противошумов при высоких уровнях авиационного шума обуславливает целесообразность разработки новых образцов противошумов в авиации, для специалистов которой шум является одним из ведущих неблагоприятных факторов условий профессиональной деятельности. На примере испытания одного из экспериментальных образцов противошумных наушников проанализированы существующие методы исследования акустической эффективности СИЗ.

Упрощенным методом установлено, что экспериментальный образец наушников в диапазоне частот 63...8000 Гц обладал заглушающей способностью от 22 до 55 дБ. При этом в области низких частот (63...250 Гц) она составила 22... 33 дБ. Максимальных значений (45...55 дБ) этот параметр достиг в диапазоне частот 500...2000 Гц, а на высоких частотах (4000...8000 Гц) заглушающая способность снизилась до 33...37 дБ. С помощью специального стенда впервые удалось оценить акустическую эффективность разработанного образца в диапазоне частот от 4 до 31,5 Гц — она составила 17...24 дБ. Преимуществом упрощенного метода является возможность в лабораторных условиях провести объективные измерения поглощения звука и максимально исключить неконтролируемое влияние внешних факторов. К недостаткам его можно отнести ограничение измерений по частотному диапазону.

Результаты исследования экспериментального образца противошумных наушников субъективным методом в диапазоне частот 125...8000 Гц показали, что его эффективность составляет от 23 до 42 дБ. Они практически отражают динамику изменения акустической эффективности при увеличении частоты, полученную упрощенным методом, но

в области высоких частот (4000...8000 Гц) значения этого параметра были существенно выше. Субъективный метод позволяет подтвердить результаты измерений акустической эффективности, полученные упрощенным методом, оценить конструктивные особенности СИЗ, выявить пути повышения их эффективности, например, за счет регулирования усилия прижатия оголовья, плотности прилегания обтюлятора. Недостатки субъективного метода — необходимость тщательного отбора испытуемых, правильность их инструктажа и подгонки СИЗ, наличие мотивации испытуемых к исследованиям.

Сравнение результатов измерения акустической эффективности экспериментального образца противошумных наушников в лабораторных условиях показало их превосходство над зарубежными и отечественными аналогами практически во всех октавных полосах частот (см. табл. 1, 2). В соответствии с ГОСТ Р 12.4.212—99 "Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Оценка результирующего значения А-корректированных уровней звукового давления при использовании средств индивидуальной защиты от шума" для исследуемого экспериментального образца рассчитаны рекомендованные критерии для отбора СИЗ от шума (для показателя эффективности защиты 84 %): результирующий А-корректированный УЗД  $L_{84} = 29$  дБ, значение поглощения среднечастотного шума  $M_{84} = 33$  дБ, значение поглощения высокочастотного шума  $H_{84} = 33$  дБ, одиночный параметр поглощения шума  $SNR_{84} = 34$  дБ. Они показывают, что экспериментальный образец противошумных наушников способен обеспечить эффективную защиту персонала от широкополосного шума с УЗД до 110...115 дБ, имеющем в своем составе инфразвуковые составляющие с УЗД до 100...110 дБ.

Полученные результаты лабораторных испытаний позволяют прогнозировать, что испытанный экспериментальный образец противошумных наушников отвечает требованиям, предъявляемым к образцам СИЗ от шума для рабочих мест ИТС. Подтверждением этому являются испытания экспериментального образца СИЗ в условиях выполнения ИТС повседневной профессиональной деятельности. Разработаны методические подходы для проведения медицинских исследований в натурных условиях. В основу их положены методы, позволяющие оценить функциональное состояние критических органов и систем, на которые шум оказывает неблагоприятное действие, а также работоспособность человека-оператора.

В результате обследования ИТС на рабочих местах установлено, что использование экспериментального образца противошумных наушников приводило к существенно меньшим неблагопри-



ятным изменениям функционального состояния органа слуха, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у ИТС по сравнению с контрольной группой. Это обстоятельство позволяет предположить, что использование таких СИЗ будет положительно влиять на общую работоспособность и психическое состояние ИТС, оказывать непосредственное воздействие на общий уровень удовлетворенности трудом, а значит и на уровень мотивации. Их постоянное применение обеспечит более высокий уровень функциональной надежности профессиональной деятельности авиационных специалистов, приведет к снижению их заболеваемости и увеличению профессионального долголетия.

Таким образом, анализ существующих методов оценки акустической эффективности противошумов и собственные результаты экспериментальных исследований позволяют сформулировать методологию исследования эффективности современных СИЗ, которые способны защищать от акустических колебаний в звуковом и инфразвуковом диапазонах. Эту методологию рекомендуется применять в несколько этапов.

*На первом этапе* необходимо использовать упрощенный метод, позволяющий объективно дать качественную оценку противошуму. Он должен применяться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.4.213—99 в диапазоне частот от 63 до 8000 Гц с учетом необходимости дальнейшего совершенствования упрощенного метода для обеспечения измерения поглощения звука в диапазоне низких и инфразвуковых частот.

*На втором этапе* для оценки акустической эффективности противошумов нужно применять субъективный метод в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.4.211—99, который позволяет определить поглощения звука противошумами непосредственно с участием человека. Кроме акустических свойств СИЗ, можно выявить конструктивные и эргономические недостатки изделия.

*На третьем этапе СИЗ* от шума должны проходить испытания в натуральных условиях (этап производственных испытаний), поскольку только при непосредственном участии конечного потребителя можно окончательно оценить их эргономические и эксплуатационные характеристики, прямым способом установить степень защиты человека от неблагоприятного влияния шума.

#### Список литературы

1. **Человек** и авиационный шум / С. К. Солдатов, В. Н. Зинкин, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 9. — Приложение. — 24 с.

2. **Солдатов С. К.** Методическое обеспечение оценивания и прогнозирования работоспособности операторов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С. К. Солдатов [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 4. — С. 11—20.
3. **Методическое обеспечение** и результаты исследования акустической обстановки на рабочих местах специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С. А. Щербаков [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2007. — № 12. — С. 21—26.
4. **Зинкин В. Н.** Обоснование использования специалистами средств индивидуальной защиты при воздействии авиационного шума / В. Н. Зинкин, С. К. Солдатов, А. В. Богомолов, А. П. Шведов // Информатика и системы управления. — 2009. — № 4. — С. 139—141.
5. **Зинкин В. Н.** Гигиеническая оценка условий труда работников "шумовых" профессий авиаремонтных заводов / В. Н. Зинкин [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2008. — № 4. — С. 40—42.
6. **Зинкин В. Н.** Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм / В. Н. Зинкин [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 9. — С. 2—10.
7. **Борьба с шумом** на производстве: Справочник / Под ред. Е. Я. Юдина. — М.: Машиностроение, 1985. — 400 с.
8. **Методика** оценивания умственной работоспособности и надежности профессиональной деятельности специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С. В. Кирий [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2008. — № 1—2. — С. 50—56.
9. **Измеров Н. Ф.** Человек и шум / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов, Л. В. Прокопенко. — М.: ГЭОТАР—МЕД, 2001. — 384 с.
10. **Ушаков И. Б.** Методологические аспекты динамического контроля функциональных состояний операторов опасных профессий / И. Б. Ушаков, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2010. — № 4—2. — С. 6—12.
11. **Исследование** слуха в лечебных учреждениях Вооруженных Сил Российской Федерации. — СПб., 1999. — 128 с.
12. **Горячкина Т. Г.** Методико-методологические рекомендации авторам инноваций по диагностике функционального состояния человека-оператора / Т. Г. Горячкина, И. Б. Ушаков, В. И. Евдокимов, А. В. Богомолов // Технологии живых систем. — 2006. — Т. 3. — № 3. — С. 33—38.
13. **Райгородский Д. Я.** Практическая психодиагностика. Методика и тесты: учебное пособие / Д. Я. Райгородский. — Самара: Бахрах, 2009. — 672 с.
14. **Ушаков И. Б.** Физиология труда и надежность деятельности оператора / И. Б. Ушаков, Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов. — М.: Наука, 2008. — 318 с.
15. **Зинкин В. Н.** Авиационный шум: специфические особенности биологического действия и защиты / В. Н. Зинкин, А. В. Богомолов, И. М. Ахметзянов, П. М. Шешегов // Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2012. — Т. 46. — № 2. — С. 9—16.
16. **Ушаков И. Б.** Принципы организации контроля и оптимизации функционального состояния операторов / И. Б. Ушаков, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 1. — С. 4—10.
17. **Зинкин В. Н.** Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука / В. Н. Зинкин, А. В. Богомолов, С. П. Драган, И. М. Ахметзянов // Экология и промышленность России. — 2012. — № 3. — С. 46—49.
18. **Аверьянов А. А.** Шумозащитные наушники / А. А. Аверьянов [и др.] Патент на полезную модель RUS 118189 28.03.2012.



# ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 331.46:368.371

**Ю. А. Булавка**, магистр техн. наук, препод., Полоцкий государственные университет,  
г. Новополоцк, Республика Беларусь  
E-mail: ulia-1917@yandex.by

## Совершенствование технологии экспертной оценки профессионального риска на рабочих местах

*Описана технология экспертной оценки профессиональных рисков на рабочих местах, основанная на учете, кроме традиционных показателей вероятности и тяжести последствий воздействия фактора риска, дополнительных значимых рискообразующих параметров: доступность идентификации опасности, длительность воздействия, давность происшествий, "человеческий фактор" и значимость фактора риска. Приведен алгоритм обработки экспертных данных, позволяющий уменьшить долю субъективизма в итоговой оценке величины профессионального риска и рекомендации по применению усовершенствованной технологии на практике.*

**Ключевые слова:** профессиональный риск, экспертная оценка, методы оценки риска

**Bulauka Y. A. Development of Technology of Expert Assessment of Occupational Workplace Risk**

*Technology of the expert assessment of occupational risks in the workplace based on the account the probability and severity of the hazard, the simplicity to detection of hazard, the time of exposure, the coefficient of remoteness of the accident, the "human factor" and the importance of risk (coefficient law) are developed. Recommendations for the use in practice and expert data-processing algorithm, which allows reducing the subjectivity are developed.*

**Keywords:** occupational risk, expert evaluation, risk assessment methods

### Введение

Улучшение условий и охраны труда, сохранение жизни и здоровья работающих были и остаются одними из важных направлений социально-экономической политики как Республики Беларусь, так и многих постсоветских стран. На законодательном уровне закрепляется необходимость предвидения опасных ситуаций и принятия целесообразных и обоснованных мер для предотвращения нежелательного события, связанного с возможным ущербом путем управления профессиональными рисками на рабочих местах.

Главными особенностями профессиональных рисков являются их многообразие, трудно предсказуемые и длительные по времени последствия при их реализации. К примеру, специалисты Международной организации труда и Всемирной организации здравоохранения выделяют более 150 классов профессиональных рисков и до 1000 их видов, представляющих реальную опасность для работников двух тысяч различных профессий. При этом указывается, что данная классификация неполная и охватывает только отдельные аспекты безопасности и гигиены труда [1].

Сегодня существуют различные подходы к проведению оценки профессионального риска на рабочих местах с позиции медицины труда, охраны труда и социального страхования. Следует отметить, что при одном предмете исследования в каждой области разработаны свои методы оценки, цели и задачи [2].

В большинстве организаций экономики Республики Беларусь, внедривших систему управления охраной труда в соответствии с СТБ 18001—2009 "Система управления охраной труда. Требования" (в основе данного стандарта заложены принципы OHSAS-18001:2007 "Система менеджмента профессионального здоровья и безопасности. Требования"), а также в организациях, осуществляющих консалтинговую и сертификационную деятельность по обеспечению внедрения данного стандарта, широкое распространение получили экспертные методы оценки профессионального риска благодаря своей наглядности, простоте, количественному характеру определения, возможности многократного повтора и небольшим затратам на проведение.

### Постановка задач исследования

На сегодняшний день существует немало методик экспертной оценки уровней воздействия на здоровье работающих факторов производственной среды, которые могут быть объединены в три группы в зависимости от представления сущности интегрального показателя профессионального риска как:

1) степени выполнения требований безопасности, например, система Элмери [3], разработанная



Институтом профессионального здравоохранения Финляндии и Управлением по охране труда при Министерстве социального обеспечения и здравоохранения Финляндии; *метод оценки рисков на основе ранжирования уровня требований (индекс ОВР)* [4], предложенный российскими специалистами АНО "Института безопасности труда"; *методика "Пять шагов оценки риска"* [5], распространяемая Европейским агентством по обеспечению здоровья и безопасности работников, и др.;

2) показателя, представляемого в категориях качества изделия (системы), например, *методика, разработанная учреждением "НИИ труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь"* [6], основанная на применении унифицированной номенклатуры показателей (реестров профессиональных рисков);

3) математической модели, предусматривающей перемножение (суммирование) составляющих показателей риска, например, американский *метод Файн и Кинни* [7]; методика норвежской компании *Det Norske Versitas (DNV) "Норвежская Истина"* [8]; американская *методика анализа причин, последствий и опасности возможных ошибок Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* [9]; *матрица риска в системе координат "Вероятность события — Последствия события"* [10] и др.

Практически во всех методах вышеуказанных групп заложен детерминированный подход, предполагающий заблаговременное описание опасной ситуации (фактора риска) с ранжированием ее в баллах (пунктах). Каждый из методов не является универсальным и имеет свои преимущества и недостатки. Оценка профессионального риска как мера повреждения здоровья и тяжести последствий от воздействия опасной ситуации в перечисленных методиках строится не более чем на трех составляющих: величине фактора риска, продолжительности его воздействия и результирующем признаке — нарушении здоровья. В настоящее время около 90 % организаций Республики Беларусь для оценки профессиональных рисков в ходе разработки и сертификации систем управления охраной труда используют третью группу методов в чистом их виде либо в комбинации с другими. В большинстве случаев применяют методику оценки рисков как двумерную величину по вероятности их возникновения и серьезности последствий, совершенствование которой путем учета ряда дополнительных индикаторов риска послужило основной целью данного исследования. Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

— в структуру критериев профессиональных рисков для работников крупных промышленных предприятий, имеющих в своем составе опасные

производственные объекты, кроме вероятности (частоты) проявления и тяжести (серьезности) последствий фактора риска, включить показатели, учитывающие длительность воздействия, доступность идентификации, значимость опасности, определяемой наличием на нее требований безопасности в нормативных документах на уровне предприятия, отрасли, государства либо на международном уровне, давность происшествий и "человеческий фактор";

— разработать алгоритм обработки экспертных данных, позволяющий уменьшить долю субъективизма в итоговой оценке величины риска.

### Результаты и их обсуждение

Анализ существующих подходов к оценке риска определил потребность в разработке простого и наглядного метода, основанного на учете, кроме традиционных показателей — вероятности проявления  $P_i$  (в баллах) и тяжести последствий  $S_i$  (в баллах) воздействия  $i$ -й опасности, ряда дополнительных индикаторов, существенно влияющих на конечный уровень риска, а именно:

— коэффициента длительности воздействия  $i$ -й опасности  $t_i$ , поскольку вероятность проявления фактора риска находится в прямой зависимости от продолжительности (времени) и интенсивности его воздействия; некоторые зарубежные методы оценки риска, например, метод Файн и Кинни [7, 8] также рекомендуют учитывать степень подверженности работника производственным факторам на рабочем месте;

— коэффициента учета "человеческого фактора"  $h_i$ , связанного с  $i$ -й опасностью, необходимость в котором обусловлена изменениями международного стандарта OHSAS 18001:2007, предписывающими принимать во внимание при оценке риска человеческие факторы: поведенческие, личностные и др.; значение данной составляющей риска зависит от наличия систем по управлению им (в том числе автоматических систем защиты и блокировок), квалификации, опыта работников и уровня их компетентности, а также вероятности выполнения мероприятий управления воздействием опасности;

— коэффициента давности происшествия  $k_i$ , связанного с  $i$ -й реализацией опасности, необходимость учета которого детерминирована модернизацией и совершенствованием технических средств (в том числе средств обеспечения безопасности), что приводит к изменению законов распределения вероятностей проявления опасностей, и, как следствие, к невозможности применения накопленных ретроспективных данных в настоящее время для оценивания степени опасности;

— коэффициента значимости  $l_i$ , характеризующего уровень регламентации  $i$ -й опасности в нор-



мативно-правовых и технических нормативно-правовых актах (НПА и ТНПА) на уровне предприятия, в отраслевых документах либо на государственном (международном) уровне; потребность в учете данного коэффициента обусловлена тем, что значимость фактора риска, как правило, увеличивается с повышением уровня его регламентации в НПА и ТНПА;

— коэффициента доступности определения  $i$ -й опасности  $d_i$ ; необходимость в учете данной составляющей риска определена тем, что вероятность реализации фактора риска существенно зависит от метода обнаружения опасности (восприятия риска); предпринять превентивные меры воздействия опасности проще, если возможно идентифицирование фактора риска органолептическими методами (например, визуально — возможность травмирования от вращающейся части оборудования и т. п.), чем избежать проявления "скрытых" опасностей, выявить которые может либо высококвалифицированный эксперт, либо специальное оборудование (воздействие электрического тока, электромагнитных излучений и т. п.).

В связи с необходимостью учета приведенных выше коэффициентов разработана многокритериальная формула для расчета интегрального показателя профессионального риска  $R$ , предполагающая учет факторов, характеризующих производственные системы на уровне рабочих мест (технические средства, технологические процессы, организацию производства, квалификацию и поведение работников) путем их взвешивания и суммирования:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i w_i = \sum_{i=1}^n P_i^\alpha S_i^\beta t_i h_i^\gamma k_i l_i d_i w_i, \quad (1)$$

где  $n$  — количество учитываемых факторов риска (количество уровней дискретности риска), которые могут привести к несчастному случаю (НС) на производстве, профессиональному заболеванию (ПЗ) или другому ущербу для здоровья;  $R_i$  — уровень риска реализации  $i$ -й опасности;  $w_i$  — коэффициент весомости (относительная доля, удельный вес), учитывающий значимость  $i$ -й опасности в обобщенном (интегральном) значении риска при выполнении всех должностных обязанностей (причем  $\sum w_i = 1$ ); значение  $w_i$  определяется специалистами-экспертами индивидуально для определенных условий труда методом ранжирования;  $\alpha$  — степенной коэффициент, учитывающий изношенность оборудования;  $\alpha = 1$ , если оборудование новое и(или) признанное годным с действующим сроком эксплуатации,  $\alpha = 1,1$ , если оборудование имеет значительный износ и превышение срока эксплуатации;  $\beta$  — степенной коэффициент, учитывающий степень тяжести последствий по числу пострадавших;  $\beta = 1$  при одном пострадавшем,  $\beta = 1,1$  при числе пострадавших от 1 до 5 человек и  $\beta = 1,2$  — более 5 человек;  $\gamma$  — степенной коэффициент, учитывающий напряженность трудового процесса, усталость, физический дискомфорт;  $\gamma = 1,1$  при наличии ночной смены, работе более 8 ч, работе в противогазе, при отсутствии перерывов  $\gamma = 1$ .

Возможные значения вероятности (частоты) проявления опасности и тяжести (серьезности) последствий его воздействия, полученные на основании синтеза методик оценки профессионального риска, применяемых на крупных белорусских промышленных предприятиях и методических рекомендаций европейского союза, представлены в виде пятиуровневых ранговых шкал порядка в табл. 1 и 2 соответственно. Лингвистические пере-

Таблица 1

## Шкала вероятности (частоты) проявления опасности

Значение $R$ , балл	Последствия воздействия опасности	Вероятность проявления опасности	Частота проявления опасности* (НС, ПЗ, инцидентов и аварий)
1	Минимальные	Событие при существующей информации считается невозможным	Отсутствие случаев проявления опасности
2	Умеренные	Событие может произойти случайно	1...2 случая проявления опасности за 10 лет работы
3	Существенные	Вероятность "50/50"	3...4 случая за 10 лет работы
4	Значительные	Событие закономерно	5...6 случаев за 10 лет работы
5	Катастрофические	Событие, которое произойдет при любых условиях	7 случаев и более проявления опасности за 10 лет работы

\* В расчете учитывают частоту при наличии достаточного объема статистических данных, при этом необходимо учитывать статистику по всему предприятию, а не только по структурным подразделениям.



Таблица 2

## Шкала тяжести последствий воздействия опасности

Значение S, балл	Последствия воздействия опасности	Тяжесть последствий
1	Минимальные	Незначительное воздействие на работника, микротравма; оборудование и производственный процесс не требуют остановки после инцидентов и аварий, материального ущерба нет
2	Умеренные	Угроза жизни отсутствует, несчастный случай с потерей трудоспособности (больничный лист менее 3 недель); для устранения последствий инцидентов и аварий необходима непродолжительная остановка производственного процесса (до 4 часов), материальный ущерб незначителен
3	Существенные	Потенциальный риск для здоровья, тяжелая травма с длительной (более 3 недель) утратой трудоспособности, острое либо хроническое профессиональное заболевание с возможностью дальнейшей работы по специальности; выход из строя оборудования с продолжительной остановкой производственного процесса (более 4 часов) после инцидентов и аварий, значительный материальный ущерб
4	Значительные	Несчастный случай с тяжелыми последствиями (в том числе инвалидность), профессиональное заболевание, исключающее возможность трудоустройства; несчастный случай со смертельным исходом; выход из строя оборудования с продолжительной остановкой производственного процесса (более суток), производственных помещений, объектов обеспечения жизнедеятельности организации после инцидентов и аварий, значительный материальный ущерб
5	Катастрофические	Групповой несчастный случай со смертельным исходом; последствия инцидентов и аварий разрушение зданий, сооружений, выход из строя оборудования, объектов обеспечения жизнедеятельности организации с остановкой производственного процесса на длительное время, более одного месяца, значительный материальный ущерб

менные ранжируются по степени проявления опасности на основании соображений эксперта.

Безразмерные значения дополнительных рискующих параметров — коэффициентов длительности воздействия, учета "человеческого фактора", давности происшествий, значимости фактора риска и доступности идентификации опасности представлены в табл. 3.

Каждый фактор риска должен рассматриваться для двух условий возникновения — нормальных (регулярная деятельность, а также производственные пуски, остановки, ремонт, уборка и т. п.) и аварийных.

В зависимости от итоговой величины риск реализации  $i$ -й опасности может классифицироваться по трехзначной оценочной шкале (граничные значения предприятие устанавливает самостоятельно в зависимости от того, какие индикаторы риска приняты критическими):

$0 < R < 7$  — низкий (приемлемый) уровень риска — возможен ущерб в виде кратковременного легкого расстройства здоровья, травмы без причинения в дальнейшем вреда организму;

$8 \leq R \leq 25$  — допустимый (условно приемлемый) при наличии необходимых регламентированных мер защиты, регулярного контроля условий труда и здоровья работающих, а также только в ограниченные временные периоды в экстремальных (аварийных) ситуациях;

$R > 26$  — недопустимый (неприемлемый), требующий разработки мер по его снижению либо

устранению, существует угроза тяжелого повреждения здоровья и смертельного исхода.

Предлагаемый концептуальный подход к оценке профессионального риска протестирован на примере определения величины риска отравления парами нефтепродуктов при нормальном режиме работы для оператора технологических установок наиболее мощного по количеству перерабатываемого сырья белорусского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ). Вероятность воздействия вредных химических веществ "умеренная", анализ статистических данных по всему предприятию показал, что за последние 10 лет произошло 2 острых отравления парами углеводородов и сероводородом, последний из которых 6 лет назад. Тяжесть последствий для здоровья работников "умеренная", так как потеря трудоспособности зарегистрированных случаев составляла от 3 до 13 дней. Оператор каждую смену до 50 % рабочего времени подвергается воздействию вредных веществ.

На предприятии управление риском воздействия вредных веществ организовано технологически, предусмотрены коллективные и индивидуальные средства защиты. Технологические процессы осуществляются в герметизированной аппаратуре, производственные помещения оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, работа в местах, где могут скапливаться токсичные пары и газы (например, проводимые внутри резервуаров, аппаратов и емкостей, колодцах промышленной канализации и т. п.), должна выполняться с использованием СИЗ, однако возможно несистематическое



Таблица 3

## Шкала дополнительных индикаторов риска

Значение показателя	Характеристика показателя
<b><i>t</i></b> — коэффициент длительности воздействия опасности	
1,1	Несколько раз/дней в год
1,2	Несколько раз/дней в квартал
1,3	Несколько раз/дней в месяц
1,5	Несколько раз/дней в неделю
2,0	Ежедневно, до 10 % рабочего дня (смены)
2,5	Ежедневно, от 10 до 50 % рабочего времени дня (смены)
3,0	Ежедневно, более 50 % рабочего времени дня (смены)
<b><i>h</i></b> — коэффициент учета "человеческого фактора"	
0,9	Управление риском определено документально и технологически (автоматические системы защиты и блокировки, резервирование и т.п.); персонал квалифицирован, обучен, имеет опыт; полностью выполняются мероприятия управления воздействием опасности
1,0	Управление риском определено документально; персонал квалифицирован, обучен, имеет опыт; несистематическое невыполнение мероприятия управления воздействием опасности
1,1	Документально управление риском не определено; работа требует определенной квалификации и навыков; систематическое невыполнение мероприятий управления воздействием опасности
1,2	Работы сложные, основное решение принимает человек; требуется высокая квалификация, существенный опыт; невыполнение мероприятий управления воздействием опасности (работники не используют имеющиеся СИЗ, нарушают инструкции по охране труда и др.)
<b><i>k</i></b> — коэффициент давности происшествия	
0,6	10 лет назад и более либо отсутствие событий
0,7	7...9 лет назад
0,8	4...6 лет назад
0,9	1...3 года назад
1	В течение последнего года
<b><i>l</i></b> — коэффициент значимости	
1,00	Индикатор регламентируется на уровне предприятия (локальные нормативно правовые акты (НПА): инструкции по охране труда по профессиям и видам работ, технологический регламент, правила внутреннего распорядка и т.п.) либо отсутствием информации о применимых требованиях более высокого уровня
1,25	Индикатор регламентируется на отраслевом уровне (межотраслевые и отраслевые правила по охране труда)
1,50	Индикатор регламентируется на государственном уровне в нормативно правовых и технических нормативно-правовых актах (гигиенический норматив, санитарные правила и нормы, государственный стандарт, строительные нормы, технический кодекс установившейся практики и т.п.) ; на международном уровне
<b><i>d</i></b> — коэффициент доступности определения опасности	
1,0	Событие или источник вреда легко могут быть идентифицируемы неспециалистом без применения технических устройств
1,1	Событие или источник вреда идентифицируются элементарными устройствами или экспертом
1,2	Источник опасности может быть идентифицирован только специальными устройствами



Таблица 4

Карта идентификации опасностей и оценки рисков

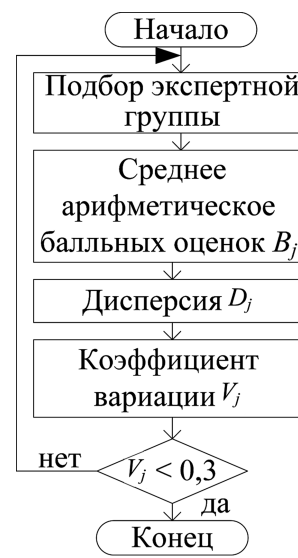
Вид выполняемой работы, оборудование	Опасность	Последствия воздействия опасности (виды травм, заболевания)	Условия работы	Составляющие оценки риска						Величина риска $R$		
				Вероятность $P^a$	Тяжесть последствий $S^b$	Длительность $t$	Человеческий фактор $H^c$	Давность $k$	Значимость $l$		Доступность $d$	Весомость $w$
Контроль за работой и дренирование отдельного оборудования	Вредные химические вещества	Отравление парами нефтепродуктов	Нормальные	2 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	2,5	1 <sup>1,1</sup>	0,8	1,5	1,2	1	14,4

их неприменение (в связи с этим принимается  $h = 1$ , а  $\gamma = 1,1$  — работа с ночными сменами). Соблюдение требований санитарно-гигиенических норм по содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны закреплено на государственном уровне. Наличие опасных концентраций вредных веществ, как правило, может быть идентифицировано только специальными методами, например, газохроматографически для углеводородов, фотометрически для сероводорода (органолептический метод идентификации для данного вещества не применим, так как при увеличении содержания в воздухе специфический запах  $H_2S$  ослабевает и даже полностью не ощущается вследствие паралича окончания обонятельного нерва). Исходя из вышеприведенной информации по составляющим риска, заполнена карта идентификации опасностей и оценки рисков, приведенная в табл. 4. Определен риск отравления парами нефтепродуктов операторов технологических установок НПЗ, который согласно принятой трехзначной оценочной шкале соответствует допустимому уровню при наличии необходимых мер защиты.

Рекомендуется оценивать профессиональный риск по вышеуказанной методике в несколько этапов: формулирование цели и задач, разработка процедуры оценки; подбор рабочей группы, включающей 3...5 специалистов-экспертов (руководителей работ, несущих непосредственную ответственность за соблюдение требований правил и инструкций по охране труда при выполнении работ); определение вида деятельности, идентификация факторов риска, составление их реестра; ранжирование индикаторов риска по баллам в соответствии с методикой; оценка риска для каждой опасности, определение интегральной величины риска, анализ и обработка информации, в том числе количественная оценка степени согласования экс-

пертов; принятие решения в соответствии с результатами.

Разработанная методика позволяет снизить долю субъективизма в итоговой оценке величины риска. Во-первых, благодаря применению метода вербальных функций (детализации вербальных описаний различных ситуаций); во-вторых, — использованию в качестве меры согласования мнений группы экспертов коэффициентов вариации. Алгоритм обработки экспертных данных выглядит следующим образом:



Ниже описаны этапы приведенного алгоритма:

1. Среднее арифметическое балльных оценок экспертов по рассматриваемому элементу:

$$B_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{kj}, \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

где  $b_{kj}$  — балл, присвоенный  $j$ -му элементу  $k$ -м экспертом;  $K$  — число экспертов рабочей группы.



2. Дисперсия  $D_j$  индивидуальных балльных оценок:

$$D_j = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (b_{kj} - B_j)^2, \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

3. Коэффициент вариации  $V_j = \frac{\sqrt{D_j}}{B_j}, j = 1, 2, \dots, m.$

При использовании коэффициентов вариации согласованность мнений экспертов считается хорошей, если все  $V_j < 0,2$ , и удовлетворительной, если все  $V_j < 0,3$ .

Использование алгоритма обработки экспертных данных можно продемонстрировать на приведенном выше примере расчета величины риска отравления парами нефтепродуктов для оператора технологических установок НПЗ. Предположим мнения экспертов отличались в величине коэффициента учета "человеческого фактора" ( $h_{\text{эксперт1}} = 0,9$ ;  $h_{\text{эксперт2}} = 1$ ;  $h_{\text{эксперт3}} = 1,1$ ) и соответственно в итоговой величине риска отравления парами нефтепродуктов ( $R_{\text{эксперт1}} = 12,82$ ;  $R_{\text{эксперт2}} = 14,40$ ;  $R_{\text{эксперт3}} = 15,99$ ). Тогда среднее арифметическое балльных оценок экспертов величины риска по фактору вредные вещества (ВВ):

$$B_{\text{ВВ}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{kj} = \\ = \frac{1}{3} (12,82 + 14,40 + 15,99) = 14,41.$$

Дисперсия индивидуальных балльных оценок:

$$D_{\text{ВВ}} = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K (b_{kj} - B_j)^2 = \\ = \frac{1}{3-1} ((12,82 - 14,41)^2 + (14,40 - 14,41)^2 + \\ + (15,99 - 14,41)^2) = 2,51.$$

Коэффициент вариации:  $V_j = \frac{\sqrt{D_j}}{B_j} = \frac{\sqrt{2,51}}{14,41} = 0,11 < 0,2.$

Полученное значение позволяет утверждать, что существует хорошая согласованность и равномерная распределенность мнений экспертов на множестве всех ранжировок. Для упрощения применения технологии на практике может быть раз-

работана автоматизированная информационная система, позволяющая вести как учет НС, ПЗ, так и обработку результатов оценки риска.

### Выводы

Внедрение разработанной методологии на крупных промышленных предприятиях, имеющих в своем составе опасные производственные объекты, позволит повысить качество функционирования систем управления охраной труда за счет учета дополнительных значимых рискообразующих параметров, снижения доли субъективизма и формального отношения при экспертной оценке профессионального риска.

### Список литературы

1. Булавка Ю. А. Анализ производственного травматизма на нефтеперерабатывающем предприятии // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Прикладные науки. Промышленность. — 2011. — № 3. — С. 130—137.
2. Булавка Ю. А., Чеботарев П. А. Роль аттестации рабочих мест для оценки профессиональных рисков // Якість технологій та освіти. — Харків: УПА, 2011. — № 2. — С. 71—75.
3. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности. Система Элмери / Хейкки Лайтинен, Пиркко-Лииза Раса, Тару Ланкиннен, Йоуни Лехтеля, Тимо Лескинен. — Хельсинки, 2000. — 24 с.
4. Ефремова О. С. Профессиональный риск. Оценка и определение: Практическое пособие. — М.: "Альфа-Пресс", 2010. — 336 с.
5. Practical Tools and Checklists for Risk Assessment. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). — Bilbao, Spain, 2007. — 7—8 p.
6. Булавка Ю. А., Сташевич Е. В., Сергеева Е. В. Примененные методов статистического анализа для оценки профессионального риска // Новые материалы и технологии их обработки: сборник научных работ XIII Республиканской студенческой научно-технической конференции: [23—27 апреля 2012 г.] / Белорусский национальный технический университет, Механико-технологический факультет. — Минск: БНТУ, 2012. — С. 185—187.
7. Севастьянов Б. Информирование о риске повреждения здоровья — обязанность работодателя // Библиотека инженера по охране труда. — 2007. — № 2. — С. 70—83.
8. Севастьянов Б. В., Лобова И. Ю. Методы количественных оценок в менеджменте производственных и профессиональных рисков // Безопасность в техносфере. — 2008. — № 1. — С. 13—18.
9. Быстрова И. Б. Метод FMEA в системах управления охраной труда // Охрана труда и социальная защита. — 2007. — № 7. — С. 22—24.
10. Методические рекомендации. Системы управления охраной труда. Порядок проведения работ по оценке рисков в области охраны труда: утв. председателем Госстандарта РБ. 19.06.2006. — Минск: БелГИСС, 2007. — 13 с.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 628.543

**Б. С. Ксенофонтов**, д-р техн. наук, проф., МГТУ им. Н. Э. Баумана,  
**И. И. Павлинова**, д-р техн. наук, проф., **А. С. Крупский**, асп., **А. А. Малышева**, асп.,  
**И. М. Калистратов**, асп., Московская государственная академия коммунального  
 хозяйства и строительства  
 E-mail: kbsflot@mail.ru

## Совершенствование механической очистки сточных вод с использованием биотехнологических приемов

*Описан способ повышения эффективности механической очистки сточных вод с использованием в качестве реагента предварительно обработанного активного ила. Обработка активного ила в рабочем объеме специального центробежного насоса позволяет улучшить его флокуляционные свойства, что приводит к интенсификации отделения загрязнений в отстойнике.*

**Ключевые слова:** механическая очистка сточных вод, флокулянт, активный ил

**Ksenofontov B. S., Pavlinova I. I., Malysheva A. A., Kalistratov I. M. The Improved Mechanical Treatment of Sewage Using Biotechnological Methods**

*The way of increase of efficiency of mechanical sewage treatment with use as reagent the processed active silt is described previously. Processing of active silt in the working volume of the special centrifugal pump allows to improve its flocculating properties that leads to an intensification of office of pollution in a settler.*

**Keywords:** mechanical treatment of sewage, activated sludge, flocculant

В настоящее время все более остро встает проблема комплексной экологической защиты окружающей среды от загрязнения ее отходами промышленных производств и бытовыми коммунальными стоками населенных пунктов. Сточные воды представляют собой конгломерат сложных гетерогенных смесей, включающих в свой состав примеси органического и минерального происхождения, которые находятся в нерастворенном, коллоидном и растворенном состоянии. Попадание таких высококонцентрированных неочищенных сточных вод в водоемы влечет за собой катастрофические последствия.

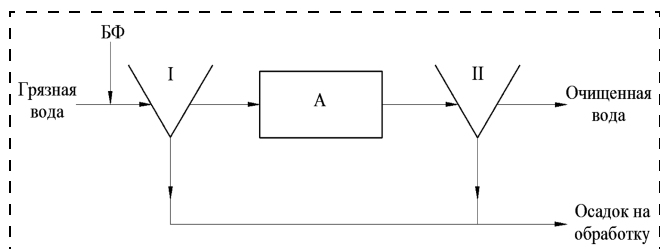
Одной из особенностей работы различных очистных сооружений являются неравномерные залповые поступления, а также резкие колебания

концентраций сточных вод в течение суток, что в свою очередь негативно сказывается на работе биологических реакторов в связи с изменениями питания сложных биоценозов активного ила. Поэтому во многом эффективность работы сооружений биологической очистки сточных вод определяется остаточными концентрациями загрязнений в сточных водах, прошедших механическую очистку. Сточные воды, насыщенные загрязнениями мелкодисперсной субстанции, имеют неудовлетворительные седиментационные характеристики и не позволяют должным образом выделить эти загрязнения на этапе механической очистки, а именно в первичных отстойниках. Поэтому подготовка исходной сточной воды на этапе механической очистки, а также возможность управления процессами обезвреживания сточных вод является важной практической задачей.

На этапе механической очистки сточных вод широкое применение получили способы повышения степени флокулирования частиц загрязнений с помощью различного рода природных и синтетических коагулянтов.

Коагулянты минеральной и синтетической природы имеют достаточно высокую стоимость и их применение является экономически нецелесообразным [1, 2]. Наиболее перспективным считается способ интенсификации процесса седиментации с помощью биополимеров природного происхождения [3, 4]. В этом случае наблюдается достаточно интенсивная флокуляция частиц загрязнений, что способствует их быстрому отделению от очищаемой воды. В качестве источника таких флокулянтов рекомендуется использовать избыточный активный ил, отводимый из системы биологической очистки [5–8]. На схеме, представленной на рис. 1, добавление активного ила в качестве биофлокулянта (БФ) осуществляется перед первичным отстойником. Перед использованием активный ил иногда подвергают физико-механической обработке.





**Рис. 1. Принципиальная схема биологической очистки сточных вод с добавлением активного ила в качестве биофлокулянта:**  
А — аэротенк; I — первичный отстойник; II — вторичный отстойник

В настоящее время известны несколько способов физико-механической обработки активного ила и получения внеклеточного биополимера, например ультразвуковая, кавитационная и дезинтегрирующая обработка. Однако все эти способы имеют ряд недостатков, основными из которых являются высокая стоимость осуществления процессов и при использовании в промышленных масштабах зависимость от колебаний притока сточных вод.

Целью исследований являлись поиски новых возможностей улучшения седиментационных свойств загрязнений сточных вод в сооружении механической очистки за счет применения природных флокулянтов, выделенных при помощи специального механического воздействия на биомассу избыточного активного ила.

В процессе работы проводилось обследование действующих очистных сооружений по гидравлическим, микробиологическим и технологическим параметрам. Были проведены исследования с добавлением активного ила в качестве флокулянта, предварительно подвергнутого гидромеханическому воздействию в специальном центробежном насосе.

В ходе исследований были изучены концентрации загрязняющих веществ в поступающих на очистные сооружения сточных водах. Была проведена статистическая обработка этих данных за пять лет работы станции и произведено сравнение качественного состава с существующим составом поступающих вод за последний год. В табл. 1 пред-

Таблица 1

**Усредненные значения концентраций загрязнений на входе и выходе первичных отстойников**

Состав загрязнений	Среднестатистическое значение концентрации, мг/л		
	Вход	Выход	Эффект, %
Взвешенные вещества, мг/л	236	88	62
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	185	86	54
Азот аммонийный, мг/л	33	31	6
Фосфаты, мг/л	3,12	3,05	2,2

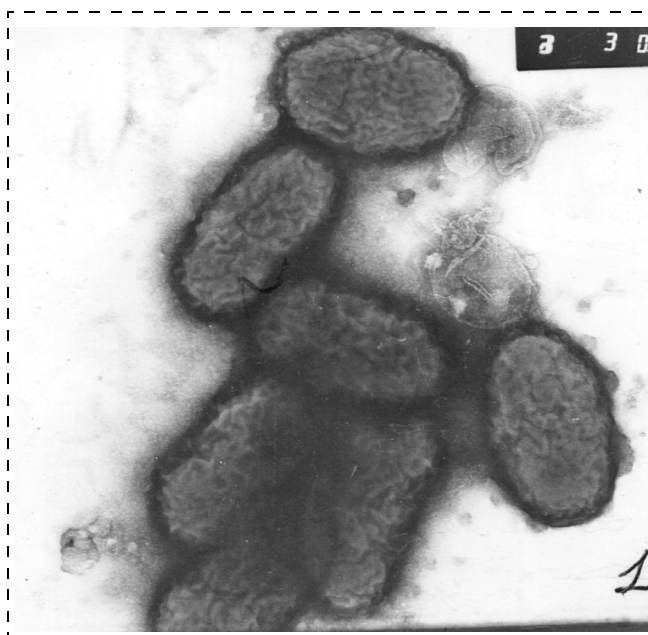
ставлены усредненные данные, характеризующие загрязнение в исходных сточных водах.

При получении биофлокулянта использовался избыточный активный ил со следующими характеристиками: концентрация активного ила находилась в диапазоне 7,3...8,0 г/л, влажность необработанного (поступающего) осадка — 97,7...97,9 %; влажность осевшего осадка — 93...95 %.

По результатам исследований можно сделать заключение, что активный ил, подверженный гидромеханической обработке, имеет более высокие концентрации выделенных в раствор биополимеров, чем необработанный активный ил. При этом влажность обработанной иловой массы снижается на 2...4 %.

Экспериментальные исследования с помощью оптического и электронного микроскопов показали, что при физико-механическом воздействии на активный ил, выводимый из вторичного отстойника, сформировавшиеся флокулы постепенно разрушаются, связи между колониями бактерий нарушаются и структура активного ила в целом существенно изменяется. На рис. 2 приведена микрофотография активного ила, полученная на электронном микроскопе. Она свидетельствует о жизнеспособности клеток активного ила и отсутствии признаков их лизирования. Бактериальные структуры клеток не подвергнуты внешнему силовому воздействию, состояние их развития нормальное.

В процессе физико-механической обработки активного ила с помощью высокооборотного центробежного насоса и блока гидравлических сопро-



**Рис. 2. Флокула бактерий необработанного активного ила. Увеличение 10 000<sup>x</sup>**

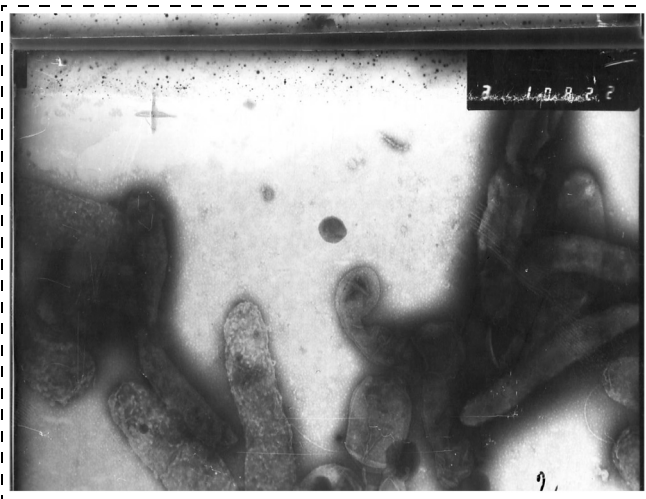


Рис. 3. Флокuly бактерии обработанного активного ила. Увеличение 10 000<sup>x</sup>

Таблица 2  
Дозы и объемы добавленного обработанного АИ, содержащего ЭПС

Номера колонок отстаивания сточных вод				
1	2	3	4	5
Объем добавленного обработанного АИ, л				
0	0,5	1,0	1,5	2,0
Доза добавленного обработанного АИ, г/л				
0	0,148	0,296	0,444	0,596

тивлений структура флокул ила существенно изменяется. Наблюдаются разрывы связей между флокулами, их дробление на более мелкие образования (рис. 3). Приведенные на рис. 3 данные свидетельствуют о разрыве флокул и возможном выделении внеклеточных полисахаридов, например экзополисахаридов (ЭПС).

Используемое гидромеханическое воздействие отличается своей конструктивной простотой и энергоэффективностью, не требующей большого энергопотребления для осуществления технологии получения ЭПС, что и определяет его преимущества.

Для оценки эффективности использования ЭПС в качестве биофлокулянта в процессе очистки сточных вод от взвешенных веществ использовалась стандартная методика отстаивания в специальных колонках (цилиндрах). Для проведения опытов использовалось пять колонок со сточными водами, в которые, кроме первой колонки (контроль — без добавления биофлокулянта), добавлялся в качестве биофлокулянта ЭПС, выделенный в результате механического воздействия на избыточный активный ил. В течение определенного времени (150 мин) по мере осветления сточных вод

в колонках определялось содержание взвешенных веществ в осветленной воде и по этим данным определялся эффект осветления. Данные о дозах и объемах добавленного обработанного активного ила (АИ), содержащего ЭПС, представлены в табл. 2.

На рис. 4 показан эффект осветления при использовании внеклеточного биополимера ЭПС, выделенного в результате механического воздействия на избыточный активный ил.

На графиках рис. 4 четко просматривается закономерность, что обработанный активный ил имеет более высокую флокулирующую способность по сравнению с необработанным активным илом, примерно в 2 раза, что свидетельствует, по-видимому, о более высокой концентрации в воде ЭПС.

Эти данные показывают, что существуют вполне определенные режимы гидромеханических воздействий на иловую суспензию, при которых выход биополимеров, например в виде ЭПС, и эффективность очистки исходной сточной воды от дисперсных и коллоидных загрязнений имеют значимый эффект.

Таким образом, внедрение технологии интенсификации работы сооружений механической очистки за счет применения обработанного АИ в качестве флокулянта по сравнению с традиционными технологиями показали экономическую целесообразность этого способа. Проведенная оценка эффективности предлагаемого способа приводит к снижению эксплуатационных затрат примерно на 30...42 % и капитальных на 75...80 %.

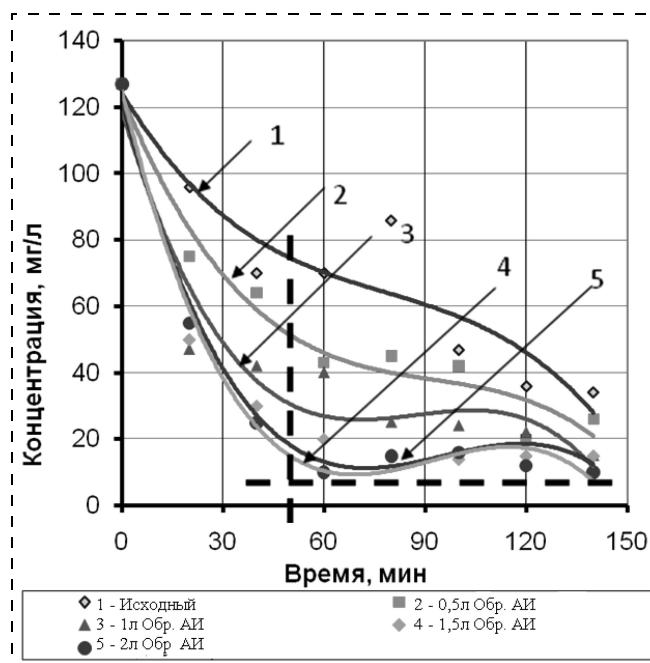


Рис. 4. Изменение концентрации взвешенных веществ в сточных водах в зависимости от времени отстаивания



### Выводы

В процессе исследований была определена возможность совершенствования работы сооружений механической очистки сточных вод путем добавления в первичные отстойники обработанного активного ила с возможным выделением в воду ЭПС, что позволило заметно снизить содержание загрязнений в очищаемой воде. Это снижает степень нагрузки на блок биологической очистки сточных вод и повышает эффективность очистки.

### Список литературы

1. Брындина Л. В., Коренева О. С., Петров С. И. Применение биофлокулянтов в очистке сточной воды // Сб. тез. Междунар. конгресса "Биотехнология: состояние и перспективы развития". 2005 г. — М., 2005. — С. 59—60.
2. Жвакина М. А., Жвакина О. А. К проблеме снижения выноса активного ила из вторичных отстойников // Сб. тез.

15-й науч. конф. "Актуальные проблемы биологии в экологии". 2004 г. — Сыктывкар: Изд-во КГПИ, 2004. — С. 88—89.

3. Иванов В. К., Силантьева Н. Т. Получение новых видов биофлокулянтов // Химия и безопасность. — 2005. — № 1—2. — С. 56—59.
4. Сироткин А. С., Понкратова С. А., Шулаев М. В. Современные технологические концепции аэробной биологической очистки сточных вод. — Казань: КГТУ, 2000. — 163 с.
5. Перов С. Н., Корнеева О. С. Использование флокулянтов в очистке сточных вод // Экологические системы и приборы. — 2007. — № 4. — С. 35—36.
6. Багаева Т. В., Зинурова Е. Е. Поиски новых перспективных форм биофлокулянтов // Ученые записки Казанского университета. Сер. Ест. Наук. — 2008. — Т. 150. — Кн. 2. — С. 8—21.
7. Гвоздев В. Д., Ксенофонтов Б. С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. — М.: Химия, 1988. — 112 с.
8. Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. — М.: ООО "Издательство Новые технологии". — 2010. — 272 с.

## ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ

УДК 504.064.45 + 504.064.47

**Е. Г. Тихомирова**, ст. препод., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
E-mail: gsx211@mail.ru

### Комплексная переработка твердых коммунальных отходов — стабилизирующий фактор в рамках геоэкологии

*Рассмотрены экологическая, энергетическая и энтропийная составляющие основных способов утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО), показана эффективность применения комплексной переработки ТКО в рамках формирования оптимальной системы обращения с отходами в Санкт-Петербурге. Предложен комплекс мероприятий по совершенствованию существующей системы обращения с отходами в Санкт-Петербурге.*

**Ключевые слова:** рециклинг, сортировка, комплексная переработка отходов, энергосбережение, ресурсосбережение, энтропия

**Tikhomirova E. G. Complex Processing of Solid Municipal Waste — Stabilising Factor in the Framework of Geoecology**

*Ecological, power and entropiyny components of the main ways of utilization of a firm municipal waste are considered, efficiency of application of complex processing within formation of optimum system of the address with a waste in St. Petersburg is shown. The complex of actions for improvement of existing system of the address with a waste in St. Petersburg is offered.*

**Keywords:** recycling, sorting, comprehensive processing of wastes, energy conservation, resource conservation, entropy



**Введение.** Проблема выбора способа утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) всегда актуальна для больших городов [1–5]. В Санкт-Петербурге в настоящее время приоритетное направление имеет полигонный способ хранения отходов, однако, в виду того, что основные действующие полигоны исчерпали свои ресурсы, а альтернативных мест для утилизации отходов достаточной мощности нет, появилась необходимость пересмотра существующей системы утилизации ТКО, формирование более совершенного комплекса мероприятий по обращению с отходами.

В связи с этим интерес представляет экологическая сторона данной проблемы. Главной задачей является обеспечение снижения нагрузки на окружающую среду от воздействия отходов и повышение экологической безопасности населения за счет оптимизации обращения с ними с помощью перехода от хранения отходов на полигонах к их индустриальной переработке с использованием современных мусороперерабатывающих заводов. Имеющиеся в Санкт-Петербурге два мусороперерабатывающих завода МПБО и МПБО-2 не работают на полную мощность и требуют модернизации.

В статье предпринята попытка обоснования экологической целесообразности внедрения комплексной переработки ТКО как основы системы обращения с отходами в Санкт-Петербурге на ближайшие десятилетия.

**1. Полигонный метод утилизации отходов.** Имеющиеся в нашей стране полигоны не отвечают всем предъявляемым к объектам такого рода и назначения требованиям (отсутствие гидрозакритных экранов систем сбора и контроля фильтрата и др.).

Полигонный метод утилизации отходов имеет следующие недостатки:

- длительное отчуждение значительных и самых продуктивных земель;
- возможное загрязнение поверхностных и грунтовых вод;
- попадание в атмосферу ядовитых примесей, метана, меркаптанов, бензапиренов и других токсичных газов;
- безвозвратная потеря значительного количества активной органики, пластмасс, черного и цветного металлов, текстиля, стекла, бумаги и т. д.;
- крупные капиталовложения, эксплуатационные и транспортные проблемы.

Полностью отказаться от утилизации ТКО на полигонах не представляется возможным ввиду ее относительной дешевизны в сравнении с другими методами переработки отходов.

**2. Мусоросжигание.** Использование мусоросжигательных заводов — самый нецелесообразный вариант утилизации ТКО (чрезвычайно опасен

экологически, капиталоемок из-за значительных затрат в процессе проектирования, строительства, эксплуатации и обслуживания, экономически себя не оправдывает, не учитывает специфики российских ТКО — несортированный мусор, сжигание которого приводит к образованию сверхтоксичных отходов, образованию катастрофических объемов диоксинов и др. [3]).

Проблема диоксинов является основной при утилизации ТКО способом сжигания. Диоксины — суперэкоотоксиканты — сверхстойчивые органические вещества, не исчезающие из окружающей среды десятилетиями и длительно трансформирующие биосферу. Незначительного количества диоксинов вполне достаточно для создания условий, обуславливающих катастрофические потери органического вещества в биосфере, резкого снижения качества генофонда и прогрессирующего иммунодефицита у всех высших организмов.

Для подтверждения опасности мусоросжигания был произведен расчет количества выделения диоксинов и других опасных соединений при горении мусора в мусорных контейнерах во дворе жилых домов (контейнер для мусора вместимостью  $0,75 \text{ м}^3$  с площадью выходного отверстия  $0,98 \text{ м} \cdot 0,98 \text{ м}$ ). Полученные данные представлены в табл. 1. Расчет максимального значения приземной концентрации вредных веществ  $C_m$  выполнен в соответствии с методикой, предложенной в работе [1].

В соответствии с п. 2.2.3 Санитарных правил и норм СанПиН 42-128-4690—88 Санитарные правила содержания территорий населенных мест площадки для установки контейнеров должны быть удалены от жилых домов, детских учреждений, спортивных площадок и мест отдыха населения на расстояние не менее 20 м, но не более 100 м. Максимальная концентрация загрязняющих веществ будет наблюдаться на расстоянии 30 м от источника загрязнения. Согласно полученным данным, ПДК, например, по диоксидам, превышены в 530, 460, 230 раз, по фуранам — в 420, 366, 185 раз на расстояниях 30, 40, 100 м от места горения соответственно.

Данные табл. 1 доказывают, что процесс горения отходов в любом несанкционированном месте их накопления может приобретать значительные масштабы во времени и в пространстве, подвергая опасному воздействию обширные территории и людей.

Таким образом, очевиден вывод об экологической нецелесообразности использования мусоросжигательных заводов для утилизации ТКО, так как такая технология вносит колоссальный вклад в дестабилизацию окружающей среды, а попытки тщательной очистки отходящих газов от указан-



Таблица 1

## Приземные концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе на различных расстояниях от источника выбросов

Компонента	Класс опасности	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Масса ЗВ, выбрасываемая в атмосферу, г/с	Концентрация ЗВ $C_m$ , мг/м <sup>3</sup> , на различных расстояниях от источника выбросов, м		
				30	40	100
СО	4	5	0,46	2,9	2,05	1,035
SO <sub>2</sub>	3	0,5	0,12	0,66	0,54	0,27
NO	3	0,4	0,62	2,76	2,56	1,395
Аммиак	4	0,2	0,02	0,17	0,123	0,045
Формальдегид	2	0,035	0,05	0,26	0,225	0,11
HCl	2	0,2	1,78	9,1	7,93	4,005
HF	2	0,02	0,002	0,015	0,01	0,0045
Углеводороды по этану	—	—	0,21	1,08	0,94	0,472
Pb	1	0,0003 (ПДК <sub>с.с.</sub> )	0,005	0,026	0,0225	0,011
Cd	1	0,0003 (ПДК <sub>с.с.</sub> )	$0,24 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,05 \cdot 10^{-3}$	$0,54 \cdot 10^{-3}$
Hg	1	0,0003 (ПДК <sub>с.с.</sub> )	$0,83 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$	$3,725 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
Диоксины	1	$0,1 \cdot 10^{-9}$	$102 \cdot 10^{-9}$	$0,53 \cdot 10^{-6}$	$0,46 \cdot 10^{-6}$	$0,229 \cdot 10^{-6}$
Фураны	1		$81 \cdot 10^{-9}$	$0,42 \cdot 10^{-6}$	$0,366 \cdot 10^{-6}$	$0,185 \cdot 10^{-6}$
Полихлорбифенилы	1	—	$22 \cdot 10^{-9}$	$0,13 \cdot 10^{-6}$	$0,11 \cdot 10^{-6}$	$0,49 \cdot 10^{-6}$

ных ингредиентов требуют значительных затрат, что делает экономически не целесообразным строительство мусоросжигательных заводов.

**3. Мусороперерабатывающий завод.** Ниже приведены данные сравнительных расчетов для оценки концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе при функционировании мусороперерабатывающего завода. Рассматривался мусороперерабатывающий завод с производственными характеристиками, приведенными в табл. 2.

Объем выходящих из биобарабана газов, м<sup>3</sup>/с, определялся по формуле

$$V = qKT / (T_0 \eta 31\,536), \quad (1)$$

где  $\eta$  — фактический коэффициент использования биобарабанов по времени ( $\eta = 0,8$ ).

Таблица 2

## Технические характеристики мусороперерабатывающего завода

№ п/п	Показатель	Значение показателя
1	Производительность завода по переработке ТКО, тыс. м <sup>3</sup> /год	400
2	Количество биобарабанов, шт.	4
3	Среднегодовая производительность каждого биобарабана $q$ , т/год	20 000
4	Удельная подача воздуха $K$ , м <sup>3</sup> /кг	0,3
5	Температура поступающего в биобарабан воздуха $T_0$ , К	393
6	Температура входящих газов $T$ , К	323
7	Высота источника выброса $H$ , м	15
8	Диаметр устья выходного отверстия $D$ , м	2

Используя данные табл. 2, определили

$$V = \frac{20\,000 \cdot 0,3 \cdot 323}{(393 \cdot 0,8 \cdot 31\,536)} = 0,195 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2)$$

Удельная масса выбросов на 1 т ТКО, кг/т, определялась по формуле:

$$C_i = \alpha_i KR / T_0, \quad (3)$$

где  $\alpha_i$  — концентрация ЗВ в отходящих газах, г/м<sup>3</sup>.

Массовая концентрация выбросов в единицу времени, г/с, определялась по формуле:

$$M_i = \alpha_i V.$$

Полученные данные сведены в табл. 3, 4.

Таблица 3

## Концентрация загрязняющих веществ в выходящих из биобарабанов газах

Загрязняющее вещество	Концентрация ЗВ в отходящих газах $\alpha_i$ , г/м <sup>3</sup>	Удельная масса выбросов $C_i$ , кг/т	Массовая концентрация $M_i$ , г/с	
			Для одного биобарабана	Для четырех биобарабанов
Толуол	0,4	0,099	0,078	0,312
Ксилол	0,4	0,099	0,078	0,312
Углеводороды предельные	0,3	0,074	0,059	0,236
Бензол	0,16	0,039	0,031	0,124
Ацетон	0,6	0,148	0,117	0,468
Оксид углерода	<0,02	0,005	0,004	0,016

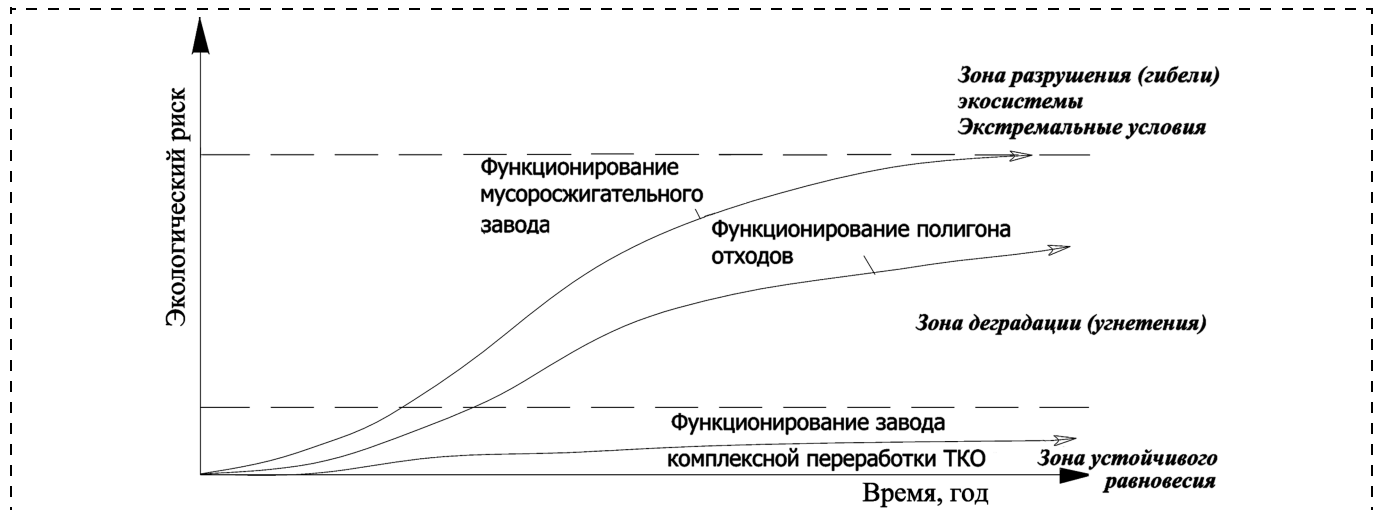


Рис. 1. Изменение состояния экосистемы во времени при различных способах утилизации ТКО

Таблица 4  
Максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на расстоянии 77,7 м от источника выбросов

Загрязняющее вещество	Класс опасности	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Масса ЗВ, выбрасываемая в атмосферу в единицу времени, г/с	Максимальная концентрация, мг/м <sup>3</sup> на расстоянии 77,7 м
Толуол	3	0,6	0,312	0,031
Ксилол	3	0,2	0,312	0,031
Углеводороды предельные	4	1	0,236	0,024
Бензол	2	0,1	0,124	0,012
Ацетон	4	0,35	0,468	0,047
Окись углерода	4	3	0,016	0,002

Полученные данные для мусороперерабатывающего завода при максимальной концентрации ЗВ, которая имеет место на расстоянии 77,7 м от завода — источника выбросов, свидетельствуют о том, что значения ПДК не превышены, т. е. функционирование завода не представляет риска для здоровья населения.

На рис. 1 показана зависимость изменения экологического риска во времени при различных способах утилизации ТКО.

**4. Энтропийная составляющая проблемы.** Выбор оптимального для конкретных условий способа переработки отходов может быть осуществлен только с учетом внешних ограничений, например таких, как характер пространственной локализации данной антропогенной системы (контактирует с другими антропогенными системами, природной средой и т. п.), степень загрязненности воздушного бассейна, ограниченность в сырьевых ресурсах и др. Таким образом, математическая по-

становка решения проблемы нахождения лучшего способа переработки ТКО может быть сформулирована как задача поиска минимального значения некоторой величины с ограничениями.

Как известно из термодинамики, низкий уровень энтропии характеризует способность экосистем к сохранению высокой степени упорядоченности. Однако любой процесс гомогенизации (смешивание различных по происхождению, микроструктуре и макроструктуре, химическому и фазовому составу отходов, перевод их в жидкое или газообразное состояние, измельчение и т. п.) неизбежно ведет к разупорядочению системы — значительному росту энтропии и, как следствие, активизации деградационных процессов в развитии системы. По этой причине из числа способов утилизации ТКО явное преимущество имеет технология комплексной переработки отходов, включающая сортировку, термическую обработку и биологическую обработку. В процессе сортировки происходит изменение количественного и качественного состава отходов, что способствует сокращению материальных потоков отходов, направляемых на сжигание и компостирование, а также стабилизирует термические процессы и сокращает выбросы в атмосферу вредных веществ.

Расположение основных способов переработки отходов в порядке уменьшения величины энтропии будет следующим:

- 1) сжигание (характеризуется максимальным значением энтропии, так как связано со значительным увеличением энтропии вследствие перехода отходов в газообразное состояние, увеличения температуры и смешивания газообразных компонентов);
- 2) пиролиз;
- 3) компостирование;
- 4) складирование;



Таблица 5

**Сравнение величин потребления электроэнергии и воды при производстве продукции из природного сырья с экономией электроэнергии и воды при вторичной переработке продукции**

Вид продукции	Потребление ресурсов при производстве продукции из природного сырья		Выделенная фракция ТКО на МПБО в Санкт-Петербурге, т/год	Экономия ресурсов при вторичной переработке продукции	
	Энергопотребление, МДж/т (Текстиль, МДж/1 тыс. м <sup>2</sup> )	Водопотребление, м <sup>3</sup> /т		Экономия электроэнергии, МДж/год	Экономия воды, м <sup>3</sup> /год
Черный металл	2000	250	88 920	177,8 · 10 <sup>6</sup>	22,2 · 10 <sup>6</sup>
Цветной металл (алюминий)	60 000...63 000	1000	3600	226,8 · 10 <sup>6</sup>	3,6 · 10 <sup>6</sup>
Цветной металл (медь)	9000...18 000	500	2160	38,9 · 10 <sup>6</sup>	1,1 · 10 <sup>6</sup>
Стекло (белое)	390...480	600	28 800	13,8 · 10 <sup>6</sup>	17,3 · 10 <sup>6</sup>
Стекло (цветное)	24	600	39 600	0,95 · 10 <sup>6</sup>	23,8 · 10 <sup>6</sup>
Текстиль	3600...9000	2000	54 000	486 · 10 <sup>6</sup>	108 · 10 <sup>6</sup>
Бумага	2340	1500	216 000	505,4 · 10 <sup>6</sup>	324 · 10 <sup>6</sup>
Пластмасса	10 200	500...1000	43 200	440,6 · 10 <sup>6</sup>	43,2 · 10 <sup>6</sup>

5) сортировка и возвращение (полное или частичное) в трофическую цепь системы (характеризуется минимальным значением энтропии в системе).

Учитывая достоинства и недостатки перечисленных выше методов утилизации ТКО, а также принимая в расчет величину энтропии в результате применения той или иной технологии утилизации ТКО, можно заключить, что на сегодняшний день возможна комбинация методов 2...5 для построения системы переработки ТКО. Однако пятый метод несомненно наиболее предпочтителен, так как величина энтропии в этом случае сравнимо ниже.

**5. Сортировка и рециклинг.** Для уменьшения затрат на транспортировку отходов целесообразно сортировку рециклинговых составляющих ТКО локализовать в местах генерации отходов. В соответствии с концепцией по раздельному сбору ТКО до 2016 г. целевые составляющие могут образовывать 50 % от всей массы ТКО. К 2020 г. эта величина может достигнуть 70 %. При условии, что норма образования ТКО в Санкт-Петербурге 1,88 м<sup>3</sup>/чел в год, численность населения в 2016 г. ~5 млн. человек, масса 1 м<sup>3</sup> отходов составляет 192 кг, масса выделенной полезной фракции в 2016 г. составит 902 400 т, а в 2020 г. — 2 611 200 т (предполагаемое образование ТКО в Санкт-Петербурге в 2020 г. определено как 13,6 млн м<sup>3</sup>).

Преимущество метода сортировки в возможности естественного сбережения энергии и ресурсов и выделении из разряда отходов в целевые фракции таких материалов, как бумага, картон, пластмасса, стекло, металлы и т. д., которые при их производстве из сырьевых материалов требуют значительных затрат, энергии и ресурсов (табл. 5).

Таким образом, минимум производства энтропии в системе обеспечивает одновременно минимум энергетических затрат и расхода материальных ресурсов на единицу продукции.

**6. Комплексная переработка отходов.** Оптимальным способом переработки отходов является комплексный способ, при котором одна часть отходов используется как вторичное сырье (рециклинг), другая часть идет на производство компоста, третья — подвергается термической обработке с использованием выделяющейся при этом теплоты, а остаток, не подлежащий по тем или иным причинам ни одному из названных способов утилизации, размещается на полигоне (рис. 2).

При использовании в Санкт-Петербурге комплексного способа переработки отходов развитие сферы обращения с отходами должно привести к тому, что к 2020 г. до 70 % массы ТКО, собираемых системой жилищно-коммунального хозяйства города, будет выделяться из общей массы отходов и направляться на последующее вторичное использование.

**7. Предложения по совершенствованию системы обращения с ТКО.** Наиболее целесообразным представляется следующий план мероприятий по оптимизации системы обращения с ТКО в Санкт-Петербурге, составленный на основе анализа и обобщения изученных работ и собственных исследований в данной области [1—5].

1. Необходимы реконструкция существующих и строительство новых мусоросортировочных станций (МСС) для извлечения вторичного сырья с параллельным внедрением раздельного сбора вторичного сырья у источников образования. Сбор вторичного сырья может осуществляться непосредственно населением в специальные контейнеры, установленные вблизи мест проживания людей.

Внедрение МСС весьма прибыльно, несмотря на различия величин эксплуатационных расходов по данным разных источников.

2. Для переработки всех биоразлагаемых ТКО методом компостирования для Санкт-Петербурга необходима модернизация существующих заводов МПБО и МПБО-2, осуществляющих переработку

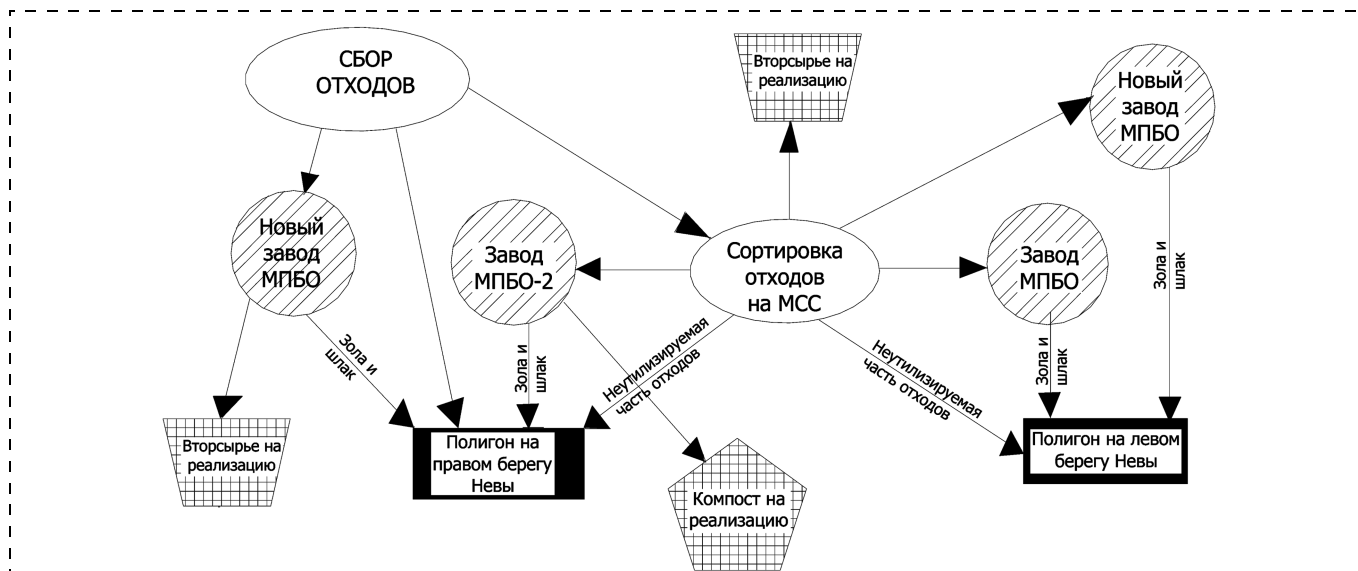


Рис. 2. Предлагаемая система обращения с ТКО в Санкт-Петербурге

всех ТКО, не отобранных в качестве вторичного сырья, а также строительство новых мусороперерабатывающих заводов.

3. Для утилизации твердого остатка, подлежащего захоронению на полигонах ТКО, предлагается пресование оставшегося после переработки мусора путем сжатия до плотности  $1...1,1 \text{ т/м}^3$  (уменьшение в объеме в три раза). Метод дает экономию по объему аналогично сжиганию и будет способствовать продлению срока службы полигонов примерно в 3 раза.

Важно, что приведенный комплекс мероприятий позволяет сэкономить примерно в 3 раза больше средств, чем сумма инвестиций в строительство мусоросжигательного завода, величина эксплуатационных расходов также ниже примерно в 3,5 раз.

Дальнейшие мероприятия по совершенствованию системы обращения с ТКО должны быть направлены на развитие системы раздельного сбора "сухих" вторичных ресурсов, биоразлагаемой и опасной фракций в местах их формирования. Также необходимо внедрение схемы обращения с опасными отходами, поиск технических и экономических решений по переработке остаточной, балластной части ТКО.

Предложенный комплекс мероприятий наиболее полно отвечает современным потребностям города в сфере обращения с ТКО при оптимальном учете экологической и экономической сторон проблемы.

**Выводы.** Рассмотрев возможности применения различных способов утилизации ТКО, можно утверждать, что наиболее оптимальной является технология комплексной переработки отходов, позволяющая сэкономить значительное количество природных ресурсов и энергии, не наносящая непоправимого ущерба городской среде, наиболее благоприятная экологически и менее затратная.

Предложенная система обращения с ТКО в Санкт-Петербурге позволит более эффективно решать проблему утилизации ТКО, минимизируя количество отходов, направляемых на полигоны для захоронения, за счет их рационального разделения и переработки.

Применение комплексных методов переработки ТКО, отвечающих минимальному значению энтропии, — необходимое условие снижения антропогенной нагрузки мегаполиса на окружающую природную среду. Важен также грамотный, продуманный и всесторонний подход к данной проблеме в будущем, а также развитие у населения чувства ответственности за поддержание в удовлетворительном состоянии биосферы и смежных систем, урегулирования и стабилизации благоприятной экологической обстановки как в стране в целом, так и в районе непосредственного проживания индивида.

#### Список литературы

1. Тихомирова Е. Г., Ярцев В. А., Чуркина И. О., Семин Е. Г. Экологические проблемы промышленной переработки твердых коммунальных отходов // Материалы VI международной научно-практической конференции "Динамика научных исследований — 2008". Т. 23. — София, 2008. — С. 61–69.
2. Тихомирова Е. Г., Семин Е. Г. Экологические принципы обращения с твердыми бытовыми отходами // Жизнь и безопасность. — 2007. — № 3–4. — С. 120–124.
3. Тихомирова Е. Г. Альтернатива мусоросжиганию // Экология и жизнь. — 2010. — № 4 (101). — С. 30–33.
4. Тихомирова Е. Г., Рыскин В. С. Энтропийная составляющая проблемы переработки ТКО // XXXVII Неделя науки СПбГПУ: Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ч. VIII. — СПб., 2008. — С. 136–138.
5. Тихомирова Е. Г., Семин Е. Г. Обеспечение экологической безопасности в условиях большого города // Вестник Российского университета дружбы народов: Серия "Экология и безопасность жизнедеятельности". — 2010. — № 1. — С. 82–87.





УДК 628.474.373

**А. Ю. Андрюшкин**, канд. техн. наук, доц, Балтийский государственный технический университет "Военмех" имени Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург  
E-mail: sascha1a@mail.ru

## Распад капель жидкостей в потоке газа в процессе утилизации жидких отходов

*Сверхзвуковое газодинамическое распыление значительно повышает эффективность процесса переработки и утилизации отходов. Рассмотрены варианты дробления капли в газовом потоке при различном приложении к ней нагрузки. Представлены критерии, описывающие процесс дробления капли, предложен учитывающий вязкость жидкости обобщающий критерий. Приведены формулы для определения критического значения критериев. Проведен анализ режимов деформации капли, для каждого режима определен диапазон значений критериев.*

**Ключевые слова:** критерий, капля, переработка, утилизация, сверхзвуковое газодинамическое распыление

**Andryushkin A. Yu. Disintegration of the Drop of the Liquids in Flow of the Gas**

*Supersonic spraying by gas vastly raises efficiency of the process of the conversion and salvaging departure. The Considered variants of the crushing dripped in gas flow under different exhibit of the load to her. The Presented criteria, describing process of the crushing dripped, is offered taking into account viscosity to liquids generalising criterion. The Broughted formulas for determination of critical importance of the criterion. The Organized analysis mode to deformation dripped, for each mode is determined range of importances of the criterion.*

**Keywords:** criterion, drop, conversion, salvaging, supersonic spraying by gas

Многие технологии переработки и утилизации жидких отходов включают операции диспергирования жидкостей. Диспергирование проводят для увеличения скорости и полноты прохождения химических реакций в реакторах и печах. Перерабатываемые жидкие отходы представляют собой многокомпонентные смеси: суспензии, пасты, пульпы, эмульсии, аэрозоли, пены, порошки. Чаще всего эти жидкости обладают повышенной вязкостью, их диспергирование связано с применением сложного оборудования. Процесс переработки жидких отходов требует значительных энергетических и материальных затрат. Наиболее рациональным и техно-

логичным процессом диспергирования является распыление жидкости газом. В последнее время разработаны технологии переработки и утилизации отходов с применением сверхзвукового газодинамического распыления. Сверхзвуковое газодинамическое распыление позволяет диспергировать жидкость на частицы с размерами порядка  $10^{-4}...10^{-6}$  м, что значительно повышает эффективность процесса переработки и утилизации [1]. Особенно хорошие результаты сверхзвуковое газодинамическое распыление жидкостей дает при термической утилизации углеводородных отходов. Поэтому исследование деформирования и дробления капель различных жидкостей в потоке газа является важной и актуальной проблемой.

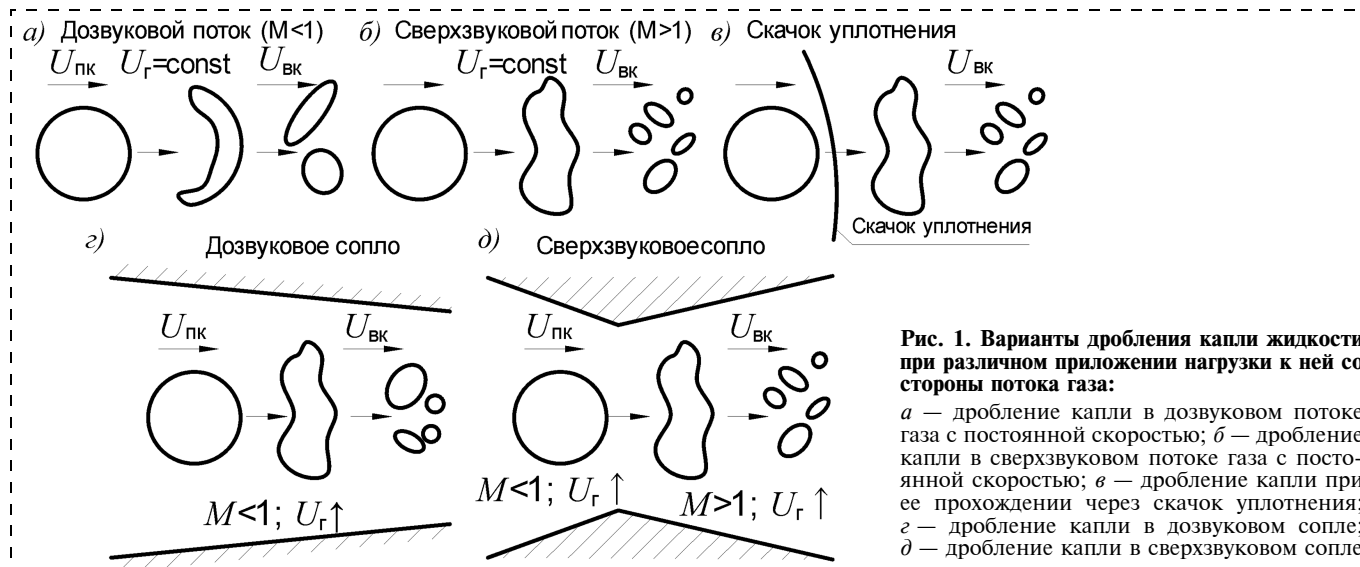
### Дробление капель в потоке газа

При распаде струи жидкости под воздействием потока газа образуется множество первичных капель, которые, двигаясь вниз по потоку, продолжают дробиться на более мелкие капли. В дальнейшем распадающуюся каплю будем называть первичной, а каплю, образовавшуюся в процессе распада первичной капли, будем называть вторичной. Если в дальнейшем вторичная капля еще раз подвергнется дроблению, то для этого элементарного акта распада ее будем называть первичной, а возникшую каплю — вторичной.

Распад капли, движущейся в потоке газа, зависит от соотношения аэродинамических сил, определяемых скоростным напором газа, к силе поверхностного натяжения и силе трения, обусловленной вязкостью жидкости. Существенное влияние на распад капли оказывает характер ее колебаний. При определенных условиях капля распадается, характер ее дробления зависит от многих факторов и может протекать по-разному.

*Варианты дробления капли при различном приложении нагрузки к ней.* Можно выделить несколько основных вариантов приложения нагрузки со стороны газового потока к капле.

1. Дробление капли в дозвуковом потоке газа (число Маха  $M < 1$ ). Первичная капля движется в потоке газа с постоянной скоростью  $U_{пк}$ , деформируется под действием аэродинамических сил и



**Рис. 1.** Варианты дробления капли жидкости при различном приложении нагрузки к ней со стороны потока газа:

*a* — дробление капли в дозвуковом потоке газа с постоянной скоростью; *б* — дробление капли в сверхзвуковом потоке газа с постоянной скоростью; *в* — дробление капли при ее прохождении через скачок уплотнения; *г* — дробление капли в дозвуковом сопле; *д* — дробление капли в сверхзвуковом сопле

далее распадается на вторичные капли (рис. 1, *a*), движущиеся со скоростью  $U_{ВК}$ .

2. Дробление капли в сверхзвуковом потоке газа ( $M > 1$ ). Первичная капля деформируется вследствие интенсивного силового воздействия со стороны потока газа с постоянной скоростью, а затем распадается на вторичные капли (рис. 1, *б*).

3. Дробление капли при ее прохождении через скачок уплотнения. Первичная капля в потоке газа быстро разгоняется, врывается в скачок уплотнения, проходит через него, деформируется, а затем происходит плавное уменьшение скорости и ее распад на вторичные капли (рис. 1, *в*).

4. Дробление капли в дозвуковом сопле. Плавное увеличение скорости первичной капли в потоке газа, деформирование капли в процессе увеличения ее скорости и распад на вторичные капли (рис. 1, *г*).

5. Дробление капли в сверхзвуковом потоке (в сопле Лаваля). Плавное увеличение скорости первичной капли, прохождение капли через критическое сечение сопла, дальнейшее увеличение скорости капли и ее распад на вторичные капли (рис. 1, *д*).

**Критерии, определяющие процесс дробления капли.** Капля жидкости может разогнаться потоком газа, в этом случае их относительная скорость  $(U_{Г} - U_{ПК})$ , если капля тормозится потоком газа, то их относительная скорость  $(U_{Г} + U_{ПК})$ . В дальнейшем будем считать, что капля разгоняется потоком газа, тогда процесс дробления капли определяется следующими критериями [2, 7, 9].

Критерий Вебера для первичной капли:

$$We_{ПК} = \frac{\rho_{Г}(U_{Г} - U_{ПК})^2 d_{ПК}}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $U_{Г}$  — скорость потока газа, м/с;  $U_{ПК}$  — скорость первичной капли, м/с;  $d_{ПК}$  — диаметр первичной

капли, м;  $\rho_{Г}$  — плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $\sigma$  — поверхностное натяжение, Н/м.

Критерий Лапласа для первичной капли:

$$Lp_{ПК} = \frac{\rho_{ж} d_{ПК} \sigma}{2 \mu_{ж}}, \quad (2)$$

где  $\mu_{ж}$  — динамическая вязкость жидкости, Па·с;  $\rho_{ж}$  — плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Критерий Бонда для первичной капли:

$$Bo_{ПК} = \frac{\rho_{ж} a_{ПК} d_{ПК}^2}{\sigma}, \quad (3)$$

где  $a_{ПК}$  — ускорение первичной капли, м/с<sup>2</sup>.

Критерий Струхала для первичной капли:

$$St_{ПК} = \frac{(U_{Г} - U_{ПК}) t_{ПК}}{d_{ПК}}, \quad (4)$$

где  $t_{ПК}$  — время распада капли, с.

Критерий Рейнольдса для первичной капли:

$$Re_{ПК} = \frac{\rho_{Г} d_{ПК} (U_{Г} - U_{ПК})}{\mu_{Г}}, \quad (5)$$

где  $\mu_{Г}$  — динамическая вязкость газа, Па·с.

Критерий Маха:

$$M = \frac{U_{Г}}{c_{ЗВ}}, \quad (6)$$

где  $c_{ЗВ}$  — скорость звука, м/с.

Ряд исследователей при описании дробления капли использует отношение плотностей  $\rho_{ж}/\rho_{Г}$  и вязкостей  $\mu_{ж}/\mu_{Г}$  потоков жидкости и газа. Для учета



режима обтекания капли газовым потоком в работах [2, 7, 9] использован критерий:

$$B_{\text{пк}} = We_{\text{пк}} Re_{\text{пк}}^{-0,5}. \quad (7)$$

Чаще всего распыляют низковязкие жидкости, например, воду ( $\mu_{\text{ж}} = 0,001 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ;  $\sigma = 0,073 \text{ Н/м}$ ). При распылении низковязкой жидкости ее вязкостью пренебрегают и для расчетов используют критерий Вебера  $We_{\text{пк}}$  (1), учитывающий поверхностное натяжение. При известном ускорении капли употребляют критерий Бонда  $Bo_{\text{пк}}$  (3). Для определения времени характерных процессов, например, распада капли, применяют критерий Струхала  $St_{\text{пк}}$  (4). При дроблении капли вязкой жидкости необходимо учитывать ее вязкость, для этого используют критерий Лапласа  $Lp_{\text{пк}}$  (2). Режим обтекания капли газовым потоком определяется критериями Рейнольдса  $Re_{\text{пк}}$  (5) и Маха  $M$  (6). Таким образом, распад капли вязкой жидкости описывают группой критериев: Вебера  $We_{\text{пк}}$  (1), Рейнольдса  $Re_{\text{пк}}$  (5), Лапласа  $Lp_{\text{пк}}$  (2), что с практической точки зрения нерационально. Полученные в результате расчета значения критериев не позволяют однозначно охарактеризовать процесс распада капли. Для повышения точности расчетов и однозначной трактовки полученных результатов желательно иметь один критерий, учитывающий основные факторы, действующие при дроблении капли вязкой жидкости.

Для описания процесса распада капли жидкости с учетом ее вязкости автором предложен обобщающий критерий  $An_{\text{пк}}$ , заменяющий группу критериев: Вебера  $We_{\text{пк}}$  (1), Рейнольдса  $Re_{\text{пк}}$  (5), Лапласа  $Lp_{\text{пк}}$  (2):

$$An_{\text{пк}} = d_{\text{пк}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{г}}^3 (U_{\text{г}} - U_{\text{пк}})^3}{\sigma \rho_{\text{ж}} \mu_{\text{ж}}}}. \quad (8)$$

При известном ускорении капли и времени ее распада  $t_{\text{рк}}$ , вместо критериев Струхала  $St_{\text{пк}}$  (4) и Бонда  $Bo_{\text{пк}}$  (3), автором предложен критерий  $An_{1\text{пк}}$ :

$$An_{1\text{пк}} = d_{\text{пк}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{г}}^3 (a_{\text{пк}} t_{\text{рк}})^3}{\sigma \rho_{\text{ж}} \mu_{\text{ж}}}}. \quad (9)$$

*Критическое значение критериев  $We_{\text{пк}}$ ,  $B_{\text{пк}}$ ,  $An_{\text{пк}}$ .* Режим деформации и дробления капли зависит от соотношения сил давления потока газа на каплю, сил давления поверхностного натяжения и сил трения, обусловленных вязкостью жидкости. Для низковязкой жидкости силами трения пренебрегают.

Дробление капли происходит при условии, что  $We_{\text{пк}} \geq We_{\text{пк.кр}}$ , поэтому распад капли в газовом потоке продолжается до тех пор, пока справедливо условие [2, 4, 5, 9]:

$$We_{\text{пк}} = \frac{\rho_{\text{г}} (U_{\text{г}} - U_{\text{пк}})^2 d_{\text{пк}}}{\sigma} \geq We_{\text{пк.кр}}, \quad (10)$$

где  $We_{\text{пк.кр}}$  — критическое число Вебера для первичной капли.

Рассматривая аэродинамическое воздействие газа на каплю и считая критерий Вебера определяющим в этом процессе, многие авторы в своих экспериментальных и теоретических работах предлагают критические значения этого параметра, соответствующие тому или иному виду распада. Однако, как видно из анализа имеющихся исследований и как справедливо отмечают авторы работ [2, 4–6, 9, 10], имеются большие расхождения в оценке величины этого критерия. В ряде работ, например, [2–4, 9, 10] отмечается зависимость  $We_{\text{кр}}$  от вязкости жидкости, времени действия газового потока на каплю, диаметра капли, т. е. от условий эксперимента, что также объясняет указанные расхождения и, таким образом, свидетельствуют о том, что число Вебера не единственный критерий устойчивости капли.

Определение критического значения критерия Вебера  $We_{\text{пк.кр}}$  для капель вязкой жидкости затруднено. Ряд исследователей предлагают эмпирические выражения для расчета  $We_{\text{пк.кр}}$  [9].

Для дозвуковой скорости потока газа:

$$We_{\text{пк.кр}} = 25 \text{ при } Lp_{\text{пк}} > 66; \quad (11)$$

$$We_{\text{пк.кр}} = 36,5 Lp_{\text{пк}}^{-0,14} \text{ при } 2 < Lp_{\text{пк}} < 66; \quad (12)$$

$$We_{\text{кр}} = 43 Lp_{\text{пк}}^{-0,4} \text{ при } Lp_{\text{пк}} < 2. \quad (13)$$

Для сверхзвуковой скорости потока газа:

$$We_{\text{пк.кр}} = 15 \text{ при } Lp_{\text{пк}} > 66; \quad (14)$$

$$We_{\text{пк.кр}} = 25 Lp_{\text{пк}}^{-0,11} \text{ при } 2 < Lp_{\text{пк}} < 66; \quad (15)$$

$$We_{\text{пк.кр}} = 30,5 Lp_{\text{пк}}^{-0,34} \text{ при } Lp_{\text{пк}} < 2. \quad (16)$$

В работе [10] получена зависимость критического числа Вебера  $We_{\text{пк.кр}}$  от критического числа Рейнольдса  $Re_{\text{пк.кр}}$  для первичной капли и критерия Лапласа  $Lp_{\text{пк}}$ :

$$We_{\text{пк.кр}} = 0,5 Re_{\text{пк.кр}}^2 \left( \frac{\mu_{\text{г}}}{\mu_{\text{ж}}} \right)^2 \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{г}} Lp_{\text{пк}}}. \quad (17)$$



Критическое число Рейнольдса  $Re_{пк.кр}$  определяет переход от ламинарного течения к турбулентному, для сферической капли в газовом потоке  $Re_{пк.кр} = 2300$ . Зависимость (17) используют для определения критического числа Вебера  $We_{пк.кр}$  низковязких жидкостей.

Для капли вязкой жидкости, прошедшей через скачок уплотнения, при определении  $We_{пк.кр}$  используют выражение (при  $Lp_{пк} > 0,1$ ) [7]:

$$We_{пк.кр} = 10 \left( 1 + 1,5 Lp_{пк}^{-0,37} \right). \quad (18)$$

На характер разрушения непосредственно влияет вид приложенной нагрузки. Если при статической деформации критические числа Вебера порядка  $We_{пк.кр} = 7 \dots 15$ , то при внезапно приложенной нагрузке  $We_{пк.кр} = 4 \dots 7$ . Кроме того, при статическом протекании деформации характер разрушения и формы разрушающейся капли существенно зависят от того, происходит ли это явление при уменьшающихся или увеличивающихся относительных скоростях. В работе [9] показано, что в первом случае число  $We_{пк.кр}$  в среднем на 40 % меньше, чем во втором. Наряду с критерием  $We_{пк.кр}$  используются критические значения критериев  $B_{пк.кр} = 0,1 \dots 0,4$  и  $An_{пк.кр} = 0,5 \dots 1,0$ .

### Режимы деформации капель

Наиболее полно исследованы режимы деформации капель низковязкой жидкости — воды (см. таблицу). Представленная классификация режимов деформации капель была предложена М. С. Волынским [5, 6]. Определяющим критерием было взято число  $We_{пк}$ . Эта классификация дополнена критериями  $B_{пк}$  и  $An_{пк}$ .

1. Докритический режим деформации капли — режим устойчивых колебаний  $We_{пк} < We_{пк.кр} = 10$ ;  $B_{пк} < B_{пк.кр} = 0,24$ ;  $An_{пк} < An_{пк.кр} = 0,6$ . Первичная капля пульсирует в полете, принимая форму от шарообразной до сплюснутого эллипсоида, распада капли не происходит (рис. 2).

2. Критический режим деформации капли (рис. 3). Режим деформации достигает критического значе-

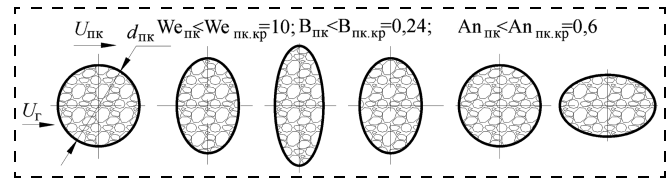


Рис. 2. Докритический режим деформации капли

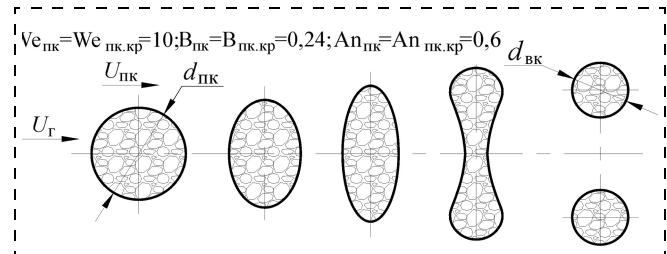


Рис. 3. Критический режим деформации капли

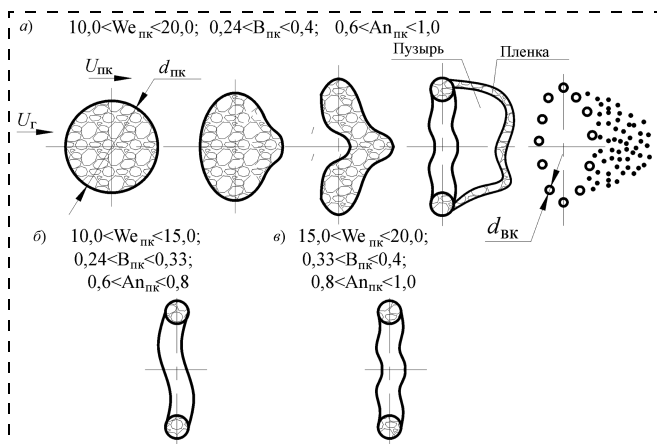
ния  $We_{пк} = We_{пк.кр} = 10$ ;  $B_{пк} = B_{пк.кр} = 0,24$ ;  $An_{пк} = An_{пк.кр} = 0,6$ , происходит дробление первичной капли на две или три вторичные капли со средним диаметром  $d_{вк}$ .

3. Режим ближней закритической деформации капли  $10 < We_{пк} < 20$ ;  $0,24 < B_{пк} < 0,4$ ;  $0,6 < An_{пк} < 1,0$  (рис. 4). Распад первичной капли происходит следующим образом: сначала образуется кольцо с пленкой, которая выдувается в пузырь, при достижении критических напряжений пленка прорывается и кольцо распадается на множество мелких вторичных капель. При значениях критериев  $10 < We_{пк} < 15$ ;  $0,24 < B_{пк} < 0,33$ ;  $0,6 < An_{пк} < 0,8$  на кольце развиваются длинноволновые колебания (рис. 4, б). При значении числа  $15,0 < We_{пк} < 20$ ;  $0,33 < B_{пк} < 0,4$ ;  $0,8 < An_{пк} < 1,0$  происходит переход к коротковолновым колебаниям кольца (рис. 4, в). С уменьшением длины волны колебаний наблюдается уменьшение диаметра вторичных капель.

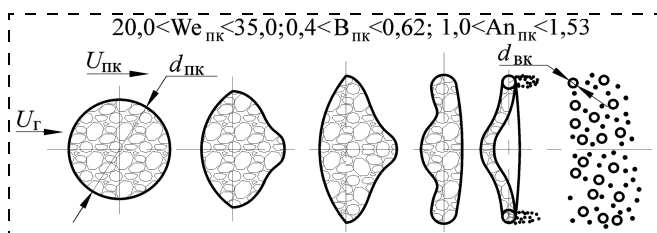
4. Первый режим закритической деформации капли  $20 < We_{пк} < 35$ ;  $0,4 < B_{пк} < 0,62$ ;  $1,0 < An_{пк} < 1,53$  (рис. 5). При распаде первичной капли наблюдается образование тонкого диска и пленки, направленной навстречу газовому потоку.

### Режимы деформации капли

№ п/п	Режим деформации капли	Критерий Вебера $We_{пк}$	Критерий $B_{пк}$	Критерий $An_{пк}$
1	Докритический режим деформации капли	$We_{пк} < We_{пк.кр} = 10$	$B_{пк} < B_{пк.кр} = 0,24$	$An_{пк} < An_{пк.кр} = 0,6$
2	Критический режим деформации капли	$We_{пк} = We_{пк.кр} = 10$	$B_{пк} = B_{пк.кр} = 0,24$	$An_{пк} = An_{пк.кр} = 0,6$
3	Режим ближней закритической деформации капли	$10 < We_{пк} < 20$	$0,24 < B_{пк} < 0,4$	$0,6 < An_{пк} < 1,0$
4	Первый режим закритической деформации капли	$20 < We_{пк} < 35$	$0,4 < B_{пк} < 0,62$	$1,0 < An_{пк} < 1,53$
5	Второй режим закритической деформации капли	$35 < We_{пк} < 70$	$0,62 < B_{пк} < 1,05$	$1,53 < An_{пк} < 2,57$
6	Первый режим дальней закритической деформации капли	$70 < We_{пк} < 1000$	$1,05 < B_{пк} < 7,68$	$2,57 < An_{пк} < 18,9$
7	Второй режим дальней закритической деформации капли	$We_{пк} > 1000$	$B_{пк} > 7,68$	$An_{пк} > 18,9$



**Рис. 4. Режим ближней закритической деформации капли:**  
 а — схема распада капли; б — длинноволновые колебания; в — коротковолновые колебания

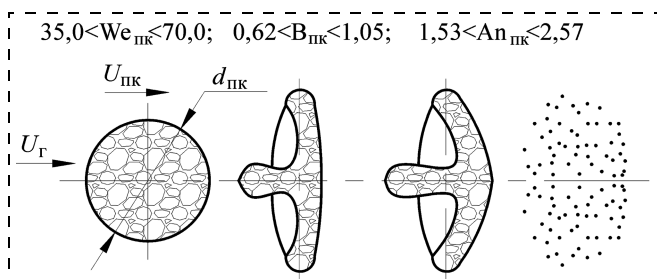


**Рис. 5. Первый режим закритической деформации капли**

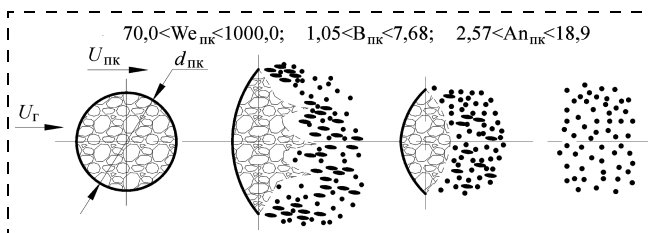
На поверхности пленки и диска развиваются коротковолновые колебания, которые приводят к распаду капли и образованию множества вторичных капель.

5. Второй режим закритической деформации капли  $35 < We_{пк} < 70$ ;  $0,62 < B_{пк} < 1,05$ ;  $1,53 < An_{пк} < 2,57$  (рис. 6). При распаде капли наблюдается образование купола "парашюта" и встречной центральной струйки. Капля распадается под действием коротковолновых колебаний. Наблюдается начало "сдира" — срыв мелких частиц с поверхности капли.

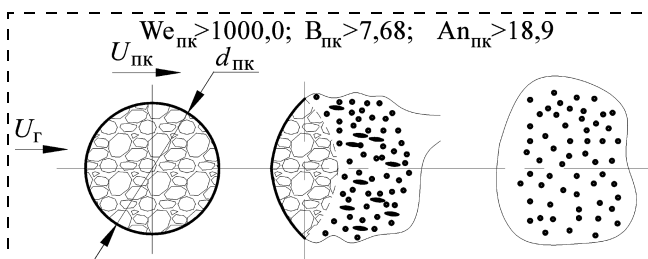
6. Первый режим дальней закритической деформации капли  $70 < We_{пк} < 1000$ ;  $1,05 < B_{пк} < 7,68$ ;  $2,57 < An_{пк} < 18,9$  (рис. 7). Капля представляет собой "линзу", с поверхности которой происходит интенсивный отрыв мелких частиц. При этом происходит постепенное уменьшение капли, так на-



**Рис. 6. Второй режим закритической деформации капли**



**Рис. 7. Первый режим дальней закритической деформации капли**



**Рис. 8. Второй режим дальней закритической деформации капли**

зываемое "обтаивание", т. е. наблюдается интенсивный "сдир".

7. Второй режим дальней закритической деформации капли  $We_{пк} > 1000$ ;  $B_{пк} > 7,68$ ;  $An_{пк} > 18,9$  (рис. 8). Распад капли происходит мгновенно и носит взрывной характер.

Представленные диапазоны значений критериев  $We_{пк}$ ,  $B_{пк}$ ,  $An_{пк}$  характерны для низковязких жидкостей. Влияние вязкости жидкости в критериях  $We_{пк}$ ,  $B_{пк}$  не учтено, поэтому для вязких жидкостей критические значения критериев будут больше приведенных в таблице.

## Выводы

1. Сверхзвуковое газодинамическое распыление позволяет диспергировать жидкость на частицы с размерами порядка  $10^{-4} \dots 10^{-6}$  м, что значительно повышает эффективность процесса переработки и утилизации жидких отходов.

2. Процесс деформации и дробления капли зависит от приложенной к ней нагрузки, определяемой параметрами газового потока, его скоростью, наличием скачков уплотнения. Существенное влияние на этот процесс также оказывают свойства жидкости: поверхностное натяжение, вязкость, плотность.

3. Процесс дробления капли низковязкой жидкости характеризует критерий Вебера  $We_{пк}$ . Распад капли вязкой жидкости описывают критериями Вебера  $We_{пк}$ , Рейнольдса  $Re_{пк}$ , Лапласа  $Lp_{пк}$ . При известном ускорении капли употребляют критерий Бонда  $Bo_{пк}$  и критерий Струхалея  $St_{пк}$ , учитывающий время распада капли.



4. Для повышения точности расчетов и однозначной трактовки полученных результатов автором предложен один обобщающий критерий  $An_{ПК}$ , учитывающий основные факторы, действующие при дроблении капли вязкой жидкости. При известном ускорении капли предложен критерий  $An_{ПК}$ .

5. Представлены выражения для расчета критического значения критериев.

6. Проведен анализ режимов деформации капли. Определены диапазоны значений критериев для режимов деформации капли.

#### Список литературы

1. Андрюшкин А. Ю., Сидоров В. Н. Утилизация жидких органических отходов сверхзвуковым газодинамическим потоком // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 8. — С. 54—56.

2. Борисов А. А., Гельфанд Б. Е., Косов О. М. О режимах дробления капель и критериях их осуществления. // ИФЖ. — 1981. — Т. 40. — № 1. — С. 153—159.
3. Бородин В. А., Дитякин Ю. Ф., Ягодкин В. И. Распыливание жидкости. — М.: Машиностроение, 1967. — 263 с.
4. Витман Л. А., Кацнельсон Б. Д., Палеев И. И. Распыливание жидкости форсунками. — М.: Госэнергоиздат, 1962. — 264 с.
5. Вольнский М. С., Прудников А. Г., Сагалович В. Н. Процессы смесеобразования и горения в воздушно-реактивных двигателях. — М.: Машиностроение, 1971. — 356 с.
6. Вольнский М. С. Необыкновенная жизнь обыкновенной капли. — М.: Знание, 1986. — 144 с.
7. Дейч М. Е., Филипов Г. А. Газодинамика двухфазных сред. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоиздат, 1981. — 472 с.
8. Ивандяев А. И., Кутушев А. Г., Нигматулин Р. И. Газовая динамика многофазных сред. Ударные и детонационные волны в газовзвесьях // Итоги науки. Механика жидкости и газа. Т. 16. — М.: ВНИИТИ, 1981. — С. 209—287.
9. Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред. В двух частях. — М.: Наука, 1987. — 464 с. и 360 с.
10. Пажи Д. Г., Галстуков В. С. Основы техники распыливания жидкостей. — М.: Химия, 1984. — 253 с.

УДК 665.11.002.8

**А. В. Губанов**, канд. техн. наук, зав. лаб., **Ю. М. Постолов**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., **С. А. Губанов**, асп., ВНИИЖ Россельхозакадемии, г. Санкт-Петербург, **В. И. Яковлев**, д-р техн. наук, проф., **С. А. Иванов**, инж., ООО Промтехэксперт", г. Санкт-Петербург  
E-mail: glycerin@vniig.org

## Исследование побочных продуктов лесохимических производств и нефтепродуктов в качестве компонентов технологических смазок

*Приведены результаты исследований возможности получения технологических смазок из побочных продуктов лесохимических производств и нефтепродуктов.*

**Ключевые слова:** технологическая смазка, смазочные композиции

**Gubanov A. V., Postolov J. M., Gubanov S. A., Jakovlev V. I., Ivanov S. A.**  
*Working out and Testing of Technological Greasing Received from By-Products of the Oil Refining and Wood Industry*

*There are results of tests and possibility of reception of technological greasing. Technological greasing is receptions out from by-products of timber-chemical manufactures and the oil products.*

**Keywords:** technological greasing, lubricant compositions

В процессах горячей деформации металлов в качестве технологических смазок используются технические жиры, растительные масла, нефтяные фракции с суженными пределами кипения [1].

Для повышения антифрикционных свойств смазок при непрерывной разливке стали применяют полиэферы полиолеиновых жирных кислот [2]. Дефицитность и высокая стоимость компонентов, сложность изготовления смазок ограничивают возможность их использования в процессе обработки металлов.

Однокомпонентные смазки также не нашли широкого применения в металлургической промышленности из-за низких антифрикционных свойств при контакте с расплавами металлов в процессе литья.

Более эффективны композиции минеральных масел с техническим жиром [3], смазочные свойства которых улучшают добавкой алюминиевой пудры и олеиновой кислоты [4]. Существенным



недостатком таких композиций является нагарообразование на поверхности слитков.

Недостатков вышеперечисленных смазок не имеют смазочные композиции, содержащие: олеиновую кислоту, алюминиевую пудру, остаточные нефтяные масла — ВАПОРЫ, а также таловый пек [5].

Олеиновая кислота (мононенасыщенная жирная кислота) — регулятор вязкости смазки, содержание которой определяется требованием стабилизации вязкости, так как таловый пек проявляет себя как загуститель.

Алюминиевая пудра (тонкоизмельченные частицы алюминия пластинчатой формы) — наполнитель, повышающий термостабильность смазки и снижающий нагарообразование.

В качестве минерального масла используют остаточные нефтяные масла — ВАПОРЫ, получаемые путем вакуумной перегонки мазута и деасфальтизации масляных гудронов, с кинематической вязкостью 30...70 мм<sup>2</sup>/с при 100 °С, обладающие высокой термостабильностью.

Таловый пек — кубовый остаток, отделяемый при ректификации талового масла-сырца, получаемого при сульфатном способе переработки древесины. Он содержит свободные жирные кислоты, триглицериды, оксикислоты и неомыляемые вещества. В группу неомыляемых веществ входят высшие углеводороды, труднорастворимые эфиры, смолы и другие вещества. Такой состав позволяет обеспечить высокие антифрикционные свойства и термостабильность смазки.

Для приготовления смазки в масло ВАПОР при нагревании и перемешивании вводят олеиновую кислоту, алюминиевую пудру и таловый пек (предварительно разогретый до 70...80 °С) в дозировке, определенной заданным вариантом состава.

При нормальной температуре смазка представляет собой пастообразное вещество серебристого цвета. Составы смазок, приготовленных для испытаний, приведены в табл. 1.

Смазки испытывались при полунепрерывном литье цилиндрических слитков. Материал слитков — алюминий-сырец. Диаметр слитков 180 мм. Материал кристаллизатора — алюминий марки А5, температура металла в чаше 690 °С, скорость литья 130 мм/мин, давление воды в магистрали 0,3 кгс/см<sup>2</sup> (29,4 кПа). Смазки, предварительно разогретые до 45...50 °С, наносили на поверхность кристаллизатора вручную равномерным слоем.

В процессе испытаний определяли длину качественной поверхности слитка и нагарообразование (отношение площади поверхности, покрытой нагаром, к общей площади поверхности слитка), при одноразовом нанесении смазки на поверхность кристаллизатора.

Результаты испытаний смазок приведены в табл. 2.

Таблица 1

## Составы смазок

Компоненты	Массовая доля, %, образцов смазки					
	1	2	3	4	5	6
Алюминиевая пудра	15	10	5	3	2	25
ВАПОР	72	65	55	42	38	50
Олеиновая кислота	10	20	30	40	40	25
Таловый пек	3	5	10	15	20	—

Таблица 2

## Результаты испытаний смазок

Показатели	Образцы смазок					
	1	2	3	4	5	6
Длина слитка, мм	2000	3500	5100	6000	5000	1500
Нагарообразование, %	—	—	—	—	12	10

На основании проведенных испытаний было установлено, что содержание алюминиевой пудры находится в обратной зависимости от содержания талового пека. Чем больше в составе талового пека, тем меньше алюминиевой пудры, при этом, содержание алюминиевой пудры менее 2 % ухудшает антифрикционные и экранирующие свойства смазки, а содержание алюминиевой пудры более 15 % изменяет условия теплообмена в зоне формообразования слитка.

Содержание олеиновой кислоты в смазке изменяется в пределах 10... 40 % и определяется количеством талового пека в рецептуре. Содержание талового пека в смазке менее 5 % не обеспечивает высоких антифрикционных свойств смазки, а содержание пека более 15 % приводит к резкому увеличению нагарообразования.

Разработанная смазка позволяет увеличить длину слитков при одноразовом ее нанесении, исключить возможность нагарообразования, повысить антифрикционные и экранирующие свойства.

Полученные технологические смазки не требуют дополнительного нанесения их на зеркало расплавленного металла, что сокращает их расход и, как следствие, уменьшает газо- и дымовыделение.

Разработанная рецептура технологической смазки позволяет использовать побочные продукты лесохимических производств и нефтепродукты в качестве эффективной основы смазки.

## Список литературы

1. Плавка и литье алюминиевых сплавов: Справочное руководство. — М.: Металлургия, 1979.
2. Патент США № 3620290. Кл. 164-73. Оpubл. 1971.
3. Патент РФ № 2256697. Кл. C10M 159/08. Оpubл. 2005.
4. А. С. СССР № 799234. Кл. B22D 11/00. Оpubл. 1979.
5. А. С. СССР № 1069934. Кл. B22D 11/00. Оpubл. 1984.

# ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

УДК 620.95.504.7

**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **И. Ю. Кияшко**, ст. преп.,  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
E-mail: nk.ufa@mail.ru

## Использование биотоплива в целях ресурсосбережения и охраны окружающей среды

*Дана классификация видов биотоплива. Проведен сравнительный анализ эффективности их использования на основе применения понятия "углеродный долг". Показано, что среди всех биотопливных технологий биогазовые способствуют максимальному снижению глобального парникового эффекта.*

**Ключевые слова:** биотопливо, парниковый эффект, биоэтанол, биодизель, биогаз, углеродный долг

**Krasnogorskaya N. N., Kiyashko I. Yu.**  
*Biofuel Using for Cost-Effective Use of Resources and Environmental Protection*

*The classification of biofuel and comparative analysis of effectiveness of different biofuels using on the base of concept "carbon debt" were conducted. Among the all biofuel technologies, as was found, biogas technologies promote maximal decreasing of global greenhouse effect.*

**Keywords:** biofuel, greenhouse effect, bioethanol, biodiesel, biogas, carbon debt

В числе важнейших проблем, от решения которых во многом зависит будущее человечества, является использование угля и углеводородов. Во-первых, запасы их не безграничны, во-вторых (по порядку, но не по степени важности), использование этого вида энергоносителей связано с существенным ухудшением экологической обстановки, включая угрозу глобального потепления, предсказуемые последствия которого, сравнимые с геологическими катаклизмами, многократно описаны.

Одним из путей выхода из этой ситуации является использование ВИЭ — возобновляемых источников энергии (солнечной, термальной, ветра и др.). Четверть энергии, ожидаемой от использования ВИЭ, планируется получить в результате переработки различных видов *биомассы* в *биотопливо*.

Биотопливо — топливо, получаемое при переработке биологического (органического) сырья термохимическим либо биологическим способом. Различают следующие разновидности биотоплива:

*твердое* (древесина, солома), *жидкое* (биоэтанол, биобутанол, биодизель) и газообразное (биогаз, биоводород) [1].

*Твердое биотопливо* (древесина, солома) — древнейший вид топлива, используемый человечеством. Вырубка лесов с целью получения источника энергии к настоящему времени привела к потере значительных площадей лесных массивов по всему миру. Поэтому на сегодняшний день для получения твердого топлива выращиваются энергетические леса — массивы быстрорастущих пород деревьев и кустарников, таких как эвкалипт, тополь, ива. Преимуществом выращивания энергетических лесов является предупреждение эрозии почвы и снижение выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу при сжигании, по сравнению с ископаемым топливом. Крупнейшая в Европе электростанция мощностью 66 МВт, работающая на древесной биомассе, находится в г. Зиммеринг (Австрия). Электростанция ежегодно потребляет 190 тыс. т биомассы, собираемой в радиусе 100 км от станции, и позволяет сократить ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> на 144 тыс. т [2].

Одной из разновидностей древесного топлива являются топливные гранулы или пеллеты, получаемые из отходов деревообрабатывающей промышленности путем дробления, сушки и последующего прессования. Производство пеллет началось в 1947 г. в США. Преимущество сжигания топливных гранул обусловлено их высокой (по сравнению с обычной древесиной) теплоемкостью. В настоящее время спрос на данный вид топлива постоянно растет. В Европейских странах потребление пеллет составляет 60 % от общего потребления твердого топлива. В России в 2008 г. произведено 500...600 тыс. т пеллет (мировое производство составило 8...10 млрд т [3]).

*Жидкое биотопливо* (биоэтанол, биометанол, биодизель) в настоящее время находит широкое применение в качестве жидкого топлива для транспортных средств и имеет тенденции к росту. До конца XX века лидером производства *биоэтанола* являлась Бразилия [4]. Также производством жидкого биотоплива активно занимается США, где в качестве сырья используется кукуруза [1].





Серьезно начали заниматься этим видом топлива в Евросоюзе (ЕС), Китае, ряде других стран.

Начиная с 2000 г. интерес к производству этанола растет в европейских странах. Министрами энергетики 27 государств-членов ЕС на V саммите ЕС принята целевая программа, согласно которой к 2020 г. до 20 % новых транспортных средств должны будут использовать биотопливо. В настоящее время на заправочных станциях Европы отпускается автомобильное горючее E10 (10 % этанола, 90 % бензина) и E85 (85 % этанола, 15 % бензина) [4].

Одновременно с биоэтанолом в качестве жидкого топлива используется и *биометанол*, являющийся продуктом биотехнологической конверсии морского фитопланктона. Промышленное культивирование фитопланктона на сегодняшний день рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений в области получения биотоплива. В начале 1980-х гг. рядом европейских стран совместно разрабатывался проект, ориентированный на создание промышленных фитопланктонных экосистем в прибрежных пустынных районах [4].

Производство биомассы для получения метанола осуществляется путем культивирования фитопланктона в искусственных водоемах, создаваемых на морском побережье. Произведенная таким образом биомасса поступает на метановое брожение с последующим гидроксигированием метана и получением метанола.

Основными положительными моментами в использовании микроскопических водорослей в качестве сырья для производства биотоплива являются:

- высокая продуктивность фитопланктона (до 100 т/га в год);
- в производстве не задействованы ни плодородные почвы, ни пресная вода;
- процесс не конкурирует с сельскохозяйственным производством.

*Биодизель* — метиловый эфир. Его получают из растительных или животных жиров в результате термохимической реакции. В настоящее время наиболее перспективной считается выработка метила из масла семян рапса и бобов. От традиционного дизельного топлива биодизель отличается более высоким цетановым числом (56...58 вместо 50...52), отсутствием серы и более высокой смазывающей способностью, а также при сгорании биодизель выделяет в половину меньше монооксида углерода (CO), оксидов азота (NO<sub>x</sub>) и сажи.

В качестве горючего биодизель используется в чистом виде (марка топлива B100) либо в смеси с обычным дизельным топливом. Принятый в ЕС и США распространенный состав смеси (марка B20) содержит 20 % биодизеля и 80 % обычного дизельного топлива, в соответствии с американским и

европейским стандартами качества биодизеля — ASTM D6751:2009 и EN 14214:2003 [5].

В последнее время ведутся разработки по получению *биотоплив второго поколения* — топлив, полученных в результате пиролиза биомассы, и отличных от метанола, этанола и биодизеля. Технология пиролиза основана на мгновенном повышении температуры до 600...700 °С, что приводит к образованию жидкости из биомассы [4]. Получаемая жидкость служит сырьем для производства автомобильного горючего. Из биотоплив второго поколения, продающихся на рынке, наиболее известны BioOil производства канадской компании "Dynamotive" и SunDiesel германской компании "CHOREN Industries GmbH".

*Газообразное биотопливо* (биогаз) — топливо, получаемое из биомассы преимущественно с помощью микроорганизмов. Во всем мире ежегодно производится около 50 млн т водорода, из них 48 % производится из природного газа, 30 % из нефти и 18 % из угля. При производстве водорода из углеводородов образуется значительное количество парникового газа CO<sub>2</sub>. Для решения проблемы парникового эффекта в настоящее время активно развивается технология производства водорода из биомассы или *биоводорода*.

Одним из возможных способов получения водорода является пиролиз отходов деревообрабатывающей промышленности без доступа кислорода. В результате данного процесса выделяется H<sub>2</sub>, CO и CH<sub>4</sub> [1]. При биохимическом производстве водорода используется биомасса, аналогичная производству этанола, но с участием бактерий вида *Rodobacter speriodes* и *Enterobacter cloacae*. Водород образуется при расщеплении микроорганизмами целлюлозы и крахмала, содержащегося в растениях [1].

*Биогаз* образуется в результате анаэробного брожения органических веществ (отходов сельского хозяйства, пищевой промышленности, биомассы растений) в реакторе брожения. В процессе образования биогаза участвуют все органические составляющие субстрата — жиры, белки, углеводы. Максимальный выход биогаза достигается при сбраживании сырья с повышенным содержанием жиров, минимальный — с повышенным содержанием белков. Биогаз представляет собой смесь газов, состоящую на 55...65 % из CH<sub>4</sub>, на 30...40 % из CO<sub>2</sub> и на 5 % из H<sub>2</sub>S [5]. После очистки получившийся продукт эквивалентен природному метану и называется *биометаном*. В результате сбраживания образуется осадок, используемый в сельском хозяйстве в качестве удобрений.

Для развития производства твердого и жидкого видов биотоплива необходимо освоение плодородных земель и, таким образом, изъятие их из сельскохозяйственного оборота. Необходимо осуществлять вспашку, рыхление почвы, посев и полив расте-



ний, что приводит к дополнительным энергетическим затратам и выбросам парниковых газов сельскохозяйственной техникой. В Бразилии, являющейся лидером в производстве этанола на сегодняшний день, под тростниковые плантации распашаны значительные площади тропического леса, что привело к снижению биоразнообразия территории. Институтом WorldWatch подготовлен прогноз развития биотопливной энергетики в США, согласно которому к 2020 г. площадь земель, отводимая под посев кукурузы, идущей на производство этанола, увеличится на 43 % по сравнению с сегодняшним днем [4], что приведет к росту цен на зерновые культуры.

Отношение мировой общественности к отрасли энергетики, использующей биотопливо, в настоящее время неоднозначно. Основным доводом в пользу производства биотоплива является то, что при сжигании топлива, произведенного из биомассы, в отличие от ископаемых топлив, в атмосферу выделяется то количество  $\text{CO}_2$ , которое было поглощено растениями в процессе роста.

Авторами статьи [6], содержащей результаты расчета количества выбросов парниковых газов в атмосферу при использовании того или иного вида биотоплива, подсчитан так называемый "углеродный долг" или суммарное количество  $\text{CO}_2$ , выделившегося за 50 лет как при сжигании полученного биотоплива, так и при его производстве, уничтожении естественной экосистемы и подготовки земель для будущих плантаций. Срок 50 лет взят по той причине, что в течение данного периода времени разлагается большая часть органического вещества почвы первоначальной природной экосистемы. Результаты расчетов представлены на рисунке (см. 3-ю стр. обложки).

Как видно из рисунка, "углеродный долг" равен нулю при использовании бросовых земель под анаэробное сбраживание органических отходов, так как при этом не нарушается естественная экосистема и не требуется использование биомассы растений. Наибольшего значения "углеродный долг" достигает при распашке торфяных лесов под производство пальмового биодизеля, так как торфяные леса обладают значительными запасами связанного углерода.

Еще одним недостатком использования жидкого биотоплива является то, что в выхлопных газах двигателей, работающих на метаноле и этаноле, содержатся альдегиды (формальдегид и ацетальдегид), наносящие живым организмам не меньший ущерб, чем ароматические углеводороды [4].

Производство такого вида биотоплива, как биогаз, лишено вышеперечисленных недостатков, при условии, что в технологическом процессе осуществляется брожение органических отходов, а не биомассы. Накопление и размещение органических отходов проблема сегодняшнего дня боль-

шинства стран. При складировании таких отходов на объектах захоронения и протекании процессов анаэробного брожения происходит бесконтрольный выход  $\text{CH}_4$  в атмосферу. Согласно исследованиям, приведенным в работе [2], вклад в парниковый эффект 1 ед. объема метана эквивалентен 21 ед. объема углекислого газа. Использование биогазовых технологий позволяет исключить поступление данного парникового газа в атмосферу.

В целом биогазовая технология обладает целым рядом достоинств.

#### 1. Экономические:

- сокращение затрат и площадей на размещение органических отходов;
- получение источника дополнительной дешевой энергии — биометана;
- получение высокопродуктивных биоудобрений;
- стимулирование объектов малого предпринимательства.

#### 2. Экологические:

- сокращение выбросов парникового газа  $\text{CH}_4$ ;
- снижение степени опасности фильтрата полигонов захоронения отходов.

#### 3. Социальные:

- создание новых рабочих мест;
- снижение социальной напряженности в государстве при росте цен на энергетические ресурсы;
- воспитание экологического сознания будущих поколений.

Проведенный анализ использования различных видов биотоплива показал, что жидкое и твердое топлива обладают рядом недостатков, основным из которых является необходимость специального выращивания растительного сырья, что ведет к сокращению свободной площади плодородных земель и росту цен на сельскохозяйственную продукцию.

Одновременно с этим, внедрение технологий производства газообразного биотоплива — биогаза в сферу обращения с отходами пищевой промышленности и сельского хозяйства позволяет снизить площади, необходимые для складирования отходов и существенно сократить выбросы парниковых газов в атмосферу.

#### Список литературы

1. **A Guide** to Commercial-Scale Ethanol Production and Financing. — NY: SERI, 2007. — 278 p.
2. **Кокорин А. О., Кураев С. Н.** Обзор доклада Николаса Стерна "Экономика изменения климата" // WWF, GOF. — М.: WWF России, 2007. — 50 с.
3. **Пачаури Р. К., Райзингер А.** Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. — Женева: МГЭИК, 2008. — 104 с.
4. **Roehr M.** The Biotechnology of Ethanol: Classical and Future Applications. — Weinheim: Wiley-VCH, 2001. — 244 p.
5. **Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М.** Биогаз: теория и практика. — М.: Колос, 1982. — 148 с.
6. **Land clearing and the biofuel carbon debt / J. Fargione, J. Hill, D. Tilman et al.** — Science. — 2008. — № 319. — P. 1235–1238.

# ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

УДК 654.9

**А. В. Лукьянович**, начальник отдела, **Р. А. Дурнев**, д-р техн. наук, доц., зам. начальника, ВНИИ ГОЧС (ФЦ), **А. С. Котосова**, студент, МАТИ—РГТУ им. К. Э. Циолковского  
E-mail: rdurnev@rambler.ru

## Оповещение населения при чрезвычайных ситуациях: подход к обоснованию рациональных параметров текстовых сообщений

*Во второй статье этой серии приведен методический подход и алгоритм обоснования рациональных параметров текстовых сообщений сотовой связи для оповещения населения при чрезвычайных ситуациях. В дальнейшем будут приведены результаты исследований с использованием данного подхода.*

**Ключевые слова:** методический подход, оповещение при чрезвычайных ситуациях, параметры текстовых сообщений, действия при чрезвычайных ситуациях, риск поражения

**Lukyanovich A. V., Durnev R. A., Kotosonova A. S. The Population Notification at Emergency Situations: Approach to Justification of Rational Parameters Text Messages**

*Methodical approach and algorithm of justification of rational parameters of text messages of cellular communication is given in the second article of this series for the population notification at emergency situations. Further results of researches with use of this approach will be given.*

**Keywords:** methodical approach, the notification at emergency situations, parameters of text messages, actions at emergency situations, risk of defeat

### Факторы, влияющие на параметры текстовых сообщений

В статье авторов, опубликованной в предыдущем номере журнала, установлено, что основные проблемы оповещения населения с использованием текстовых сообщений сотовой связи связаны с психофизиологическим и семантическим характером восприятия этих сообщений и инициирования последующих действий по защите в чрезвычайных ситуациях (ЧС). С учетом достаточно общего характера результатов ранее проведенных исследований сформулирована научная задача по

обоснованию рациональных параметров текстовых сообщений сотовой связи для оповещения населения при ЧС.

В связи с тем, что в настоящее время нельзя детально объяснить механизмы протекания мыслительных процессов человека [1], восприятия и осмысления им информации и реализации ее содержания в практических действиях, схему решения сформулированной научной задачи можно представить в виде так называемого "черного ящика", для которого важны только соотношения "вход—выход", и не играет роли внутренняя структура (рис. 1) [2]. При этом, в качестве "входа" рассматриваются движущие силы (причины) процесса инициирования у человека правильных действий вследствие его оповещения, или, по другому, факторы, определяющие характер этого процесса или отдельные его черты. К ним относятся контролируемые (учитываемые), неопределенные и управляющие факторы. Последние рассмотрены в статье авторов в предыдущем номере журнала.

В качестве *контролируемых факторов* рассматриваются следующие:

а) прогнозируемые и реальные параметры обстановки при ЧС — вид источника чрезвычайной ситуации, время и место его возникновения, характер, интенсивность и поля распространения ПФ, метеорологические характеристики, рельеф местности, характер застройки, параметрические и координатные законы разрушения объектов и поражения людей, объемы мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС и т. п. Очевидно, что различные параметры обстановки даже при одном и том же виде ЧС в определяющей степени влияют на требуемый характер действий и, соответственно, на содержание предупреждающей информации (пример — быстроразвивающиеся наводнения на реках юга России и наводнения на реках Сибири, развитие которых продолжается от нескольких часов до нескольких суток);



Рис. 1. Схема решения научной задачи в виде "черного ящика"

б) характеристика реципиента информации — социальный статус, вид и уровень образования, возраст, физические возможности и др.

Все это влияет прежде всего на знания человека, а также на область его практических действий. Так, не вызывает сомнения то, что гражданин, получивший высшее профессиональное образование в области безопасности жизнедеятельности, занимающий в каком-либо учреждении руководящий пост, связанный с исполнением обязанностей по предупреждению и ликвидации последствий, например, техногенных аварий, имеет более обширные знания в указанной области, чем студент начального курса вуза гуманитарного профиля. С этим связано и различие для них содержания предупреждающих текстовых сообщений.

Достаточно очевидно и то, что для пожилых людей с ограниченными физическими возможностями трудно выполнить предписания о необходимости переноса ценного имущества, предметов домашней утвари на верхний этаж, чердак частной постройки при угрозе катастрофического наводнения. В целях предупреждения затрат физических сил на такие сложные для них мероприятия сообщение должно рекомендовать усиленный комплекс действий;

в) место нахождения реципиента информации. Это тоже влияет на содержание сообщений при оповещении населения о ЧС и связано, например, с наличием защитных сооружений гражданской обороны (ЗСГО) в непосредственной близости от места пребывания человека. Кроме того, данный фактор необходимо учитывать и в смысле градаций зон оповещения (см. статью авторов в предыдущем номере журнала).

Говоря о *неопределенных факторах* нужно рассмотреть схему, представленную на рис. 2 [3, 4].



Рис. 2. Неопределенные факторы при решении научной задачи

В соответствии с данной схемой неопределенные факторы включают:

- *физическую неопределенность* факта ЧС, связанную как с неточностью прогнозирования ЧС вследствие ограничений используемых методов или неточности приборного измерения предвестников ЧС, так и ярко выраженным стохастическим характером возникновения ЧС;
- *лингвистическую неопределенность* текстового сообщения сотовой связи для оповещения населения при ЧС.

Последняя связана с необходимостью оперирования конечным числом слов и структур фраз (предложений, абзацев, текстов) для описания за ограниченное время бесконечного множества разнообразных обстоятельств при ЧС [4]. Лингвистическая неопределенность порождается, с одной стороны, неопределенностью значений слов (*полисемией*), а с другой стороны, *неоднозначностью* смысла фраз.

Для целей обоснования рациональных параметров текстового сообщения достаточно выделить два вида полисемии: *омонимию* и *нечеткость*. Примером полисемии первого вида в сообщении может быть, например, понятие "формирование" — как организационно-штатная структура (поисково-спасательное формирование), так и процесс "придания формы" или явление "приобретения формы" (формирование облаков отравляющих веществ). Второй вид полисемии связан с расплывчатостью, размытостью, неясностью понятий. Вероятно, именно этот вид и будет превалировать в текстовых сообщениях. Это могут быть словосочетания "сильные порывы ветра" (15, 20 или 25 м/с?), "значительная глубина зоны заражения" (1,5 или 25 км?), "взять ценные вещи" (ценные с точки зрения стои-



мостного эквивалента или дальнейшего удобства в процессе жизнеобеспечения?).

Рассматривая источники неоднозначности смысла фраз, можно выделить *синтаксическую* и *семантическую неоднозначности*. В первом случае уточнение синтаксиса позволяет понять смысл фразы. Например, словосочетание "взять с собой йодсодержащие препараты и продукты питания" применительно к аварии на радиационно опасном объекте может означать предписание взять как йодсодержащие препараты (например, йодистый калий) и продукты питания (обычные), так и йодсодержащие препараты и йодсодержащие продукты (например, йодированную соль).

При семантической неоднозначности характерными являются словосочетания, непонятные для определенных категорий людей. Например, для лиц, работающих в сфере культуры, по всей видимости, не будет понятна фраза в текстовом сообщении "отравляющее вещество при пероральном или перкутанном поступлении".

#### Порядок учета факторов при обосновании параметров текстового сообщения

С учетом рассмотренных факторов и приведенной схемы (см. рис. 2) решение научной задачи будет включать в себя оценку выхода: риск поражения оповещаемого населения при реализации действий по защите при различных вариантах значений управляющих факторов (параметров текстового сообщения). При этом контролируемые факторы фиксируются в определенных значениях, а неопределенные факторы учитываются при формулировании текстового сообщения с использованием их математических ожиданий (для случайных факторов), элементов нечетких множеств с максимальным, модальным и т. п. значением функции принадлежности (для лингвистических факторов) [5]. Для этого вначале фиксируются конкретные значения контролируемых факторов, варьируются управляющие факторы (параметры сообщения) и оценивается выход для различных вариантов управляющих факторов. Вариант параметров сообщения (определенная комбинация конкретного объема сообщения, количества и сложности его смысловых блоков), при котором выход наилучший (т. е. минимален риск поражения населения при реализации действий по защите), и считается рациональным для конкретных значений контролируемых факторов. Далее, перебирая все значения контролируемых факторов (все типы ЧС с конкретными вариантами обстановки и все характеристики реципиентов информации) и варьируя управляющими факторами, для каждого такого значения контролируемых факторов можно

определить рациональные параметры сообщения для каждого типа ЧС и группы населения.

В связи с этим математическая формализация научной задачи будет иметь вид:

$$R_x \rightarrow \min \quad (1)$$

$$x \in X,$$

где  $R_x$  — риск поражения населения;  $x$  — параметры тестового сообщения;  $X$  — множество допустимых вариантов параметров текстового сообщения для фиксированных значений контролируемых факторов.

#### Схема обоснования рациональных параметров текстового сообщения

Конкретизируя функционирование "черного ящика", можно предложить схему, приведенную на рис. 3. С учетом данной схемы эксперты определяют требуемые параметры текстового сообщения в зависимости от параметров обстановки при ЧС и характеристик получателя (реципиента) информации. Если сведения об обстановке недостаточно полные или противоречивые, то эксперты не должны предлагать конкретные меры по защите (вред от неправильных мер может превысить пользу). В этом случае текстовое сообщение будет ограничено только описательными блоками и указанием необходимости уточнить сведения о ЧС по средствам массовой информации. При полных данных об обстановке дополнительно включаются и предписывающие блоки с указанием мер защиты.

То есть, для определенной комбинации фиксированных значений контролируемых факторов эксперты определяют перечень семантических блоков сообщения — А, В, ..., Н. Недостаточное

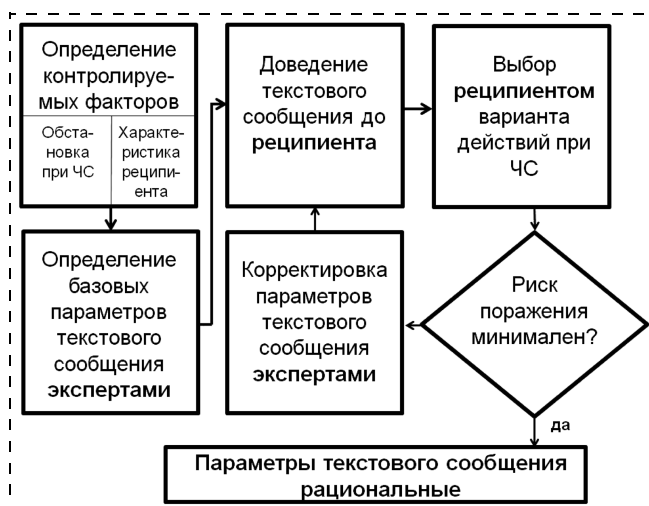


Рис. 3. Схема обоснования рациональных параметров текстового сообщения

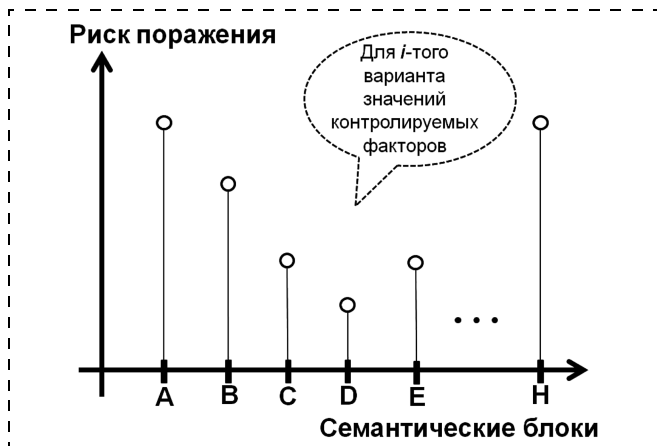


Рис. 4. Зависимость риска поражения населения от количества семантических блоков текстового сообщения (Блоки А, В, ..., Н — см. статью авторов в предыдущем номере журнала)

количество таких блоков (дефицит информации) может привести к повышению риска потерь (человек не реализует необходимые меры защиты), избыточное количество — к лишним действиям (потере времени) или панике, что также будет способствовать повышению указанного показателя (рис. 4).

Очевидно, что число вариантов значений контролируемых факторов (комбинаций параметров обстановки при ЧС, характеристик реципиентов информации и мест их нахождения) очень велико. Поэтому в целях снижения размерности (устранения "комбинаторного взрыва") необходимо определить наиболее вероятные комбинации данных факторов с использованием подхода, приведенного в работе [6].

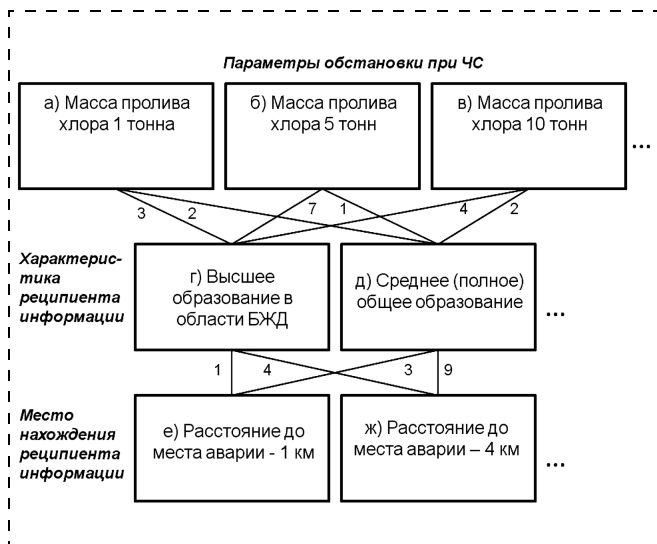


Рис. 5. Схема для оценки частоты комбинаций контролируемых факторов:

а—ж — значения контролируемых факторов; числа возле линий — условные (для примера) частоты сочетаний факторов, соединенных линиями

Для этого методом анализа иерархий [7] оценивается частота комбинаций параметров обстановки при ЧС, характеристик реципиентов информации и мест их нахождения, а также составляется иерархическая схема указанных комбинаций и экспертным путем оцениваются соответствующие частоты реализации на практике данных комбинаций. Перемножение частот рассматриваемых факторов определенной комбинации и позволит определить наиболее часто встречающиеся комбинации (рис. 5). Из рисунка видно, что максимальная частота комбинаций факторов будет равна: б) — г) — ж)  $\rightarrow 4 \cdot 7 = 28$  (комбинаций с минимальной частотой — две: б) — д) — е)  $\rightarrow 3 \cdot 1 = 3$  и а) — г) — е)  $\rightarrow 3 \cdot 1 = 3$ ). То есть из множества комбинаций значений контролируемых факторов наиболее вероятна следующая — "масса пролива хлора 5 т", "высшее образование в области БЖД" и "расстояние до места аварии 4 км".

В связи с тем, что многие значения контролируемых факторов принадлежат к множеству положительных действительных чисел (скорость ветра, масса пролива и т. п.) для дополнительного снижения размерности можно с использованием теории нечетких множеств [8] определить лингвистические переменные, например, так, как показано на рис. 6. В этом случае огромное (бесконечное, но счетное) количество значений массы пролива хлора сводится в три значения — незначительная, средняя и значительная.

После формирования экспертом текстового сообщения его параметры не являются еще рациональными. Это связано с тем, что по знанию и опыту эксперты значительно отличаются от людей,

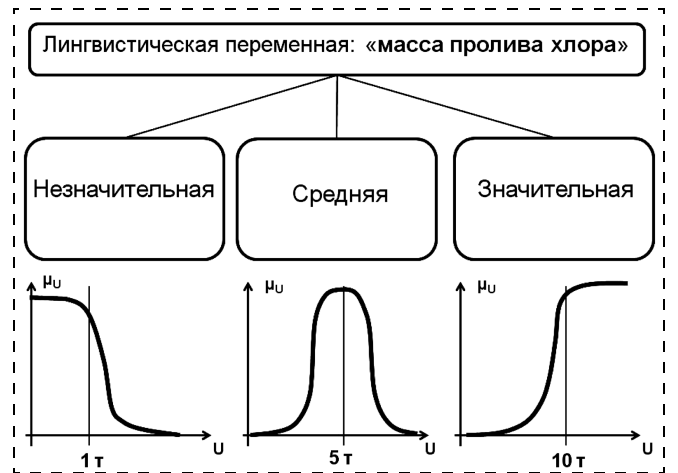


Рис. 6. Представление контролируемых факторов в виде лингвистических переменных:

$\mu_U$  — функция принадлежности (степень экспертной уверенности о принадлежности элементов (значений массы пролива хлора по шкале действительных чисел) нечетким множествам "незначительная масса пролива хлора", "средняя масса пролива хлора" и "значительная масса пролива хлора",  $\mu_U \in [0; 1]$ ,  $u \in U$  (см, например [4]))



не являющихся профессионалами в данной области. Поэтому сообщение, которое подготовил эксперт, может быть не вполне понятным различным категориям населения и не будет инициировать последующие правильные действия по защите в ЧС.

Поэтому в дальнейшем данное текстовое сообщение доводится до получателя информации. До проведения натурных экспериментов, исследовательских учений с населением возможно осуществление социологического опроса. В рамках него опрашиваемым могут выдаваться анкеты с указанием содержания текстового сообщения в виде множества семантических блоков, рекомендованных экспертами. Изучив данную часть анкеты, респонденты должны выбрать из предлагаемого перечня типы действий по защите в ЧС и указать их очередность. В качестве таких обобщенных типов действий можно в первом приближении предложить следующие:

- познавательные (когнитивные), связанные с необходимостью поиска и получения дополнительной информации о ЧС;
- защитные, связанные с реализацией различных способов защиты, защитных мер (эвакуации, герметизации помещений, применения СИЗ, укрытия в ЗСГО и т. п.);
- дополнительные, связанные с оповещением близких людей, соседей, знакомых, оказанием им необходимой помощи.

Познавательные действия являются общими для большинства ЧС, защитные действия отличаются для каждой конкретной чрезвычайной ситуации, а дополнительные действия — имеют как общие, так и специфические черты.

После этого перечень выбранных действий и их порядок сравниваются с эталонными, установленными экспертами. При совпадении или незначительном отличии перечня реальных и эталонных действий принимается, что параметры текстового сообщения рациональны. Если такое расхождение велико, то оценивается риск поражения населения и сообщение дорабатывается. При этом возможно установление следующих принципов:

- если опрашиваемый правильно указал требуемые действия и их порядок, но при этом отметил еще и избыточные действия, то возможно исключение некоторых смысловых блоков из сообщения; при этом в случае возникновения дефицита в правильных действиях даже при отсутствии избыточных — сообщению возвращают изначальное содержание, оно признается условно рациональным и незначительно дорабатывается без изменения перечня смысловых блоков; если же множество выбранных действий соответствует эталонному, а избыточные

исключаются, то параметры сообщения считаются рациональными;

- если опрашиваемый не отметил некоторые из действий, входящих в эталонный перечень, то эксперты по специальной шкале оценивают риск поражения. Для разработки такой шкалы необходимо оценить значимость (вес) каждого действия с точки зрения его вклада в минимизацию такого риска путем, например, парных сравнений с использованием подходов, предлагаемых в работе [7]. Если риск поражения не превышает допустимого уровня (например, определенной вероятности получения травм легкой степени тяжести), то параметры текстового сообщения признаются условно рациональными и незначительно дорабатываются без изменения перечня смысловых блоков. В противном случае перечень этих блоков изменяется (увеличивается или уменьшается) до тех пор, пока риск не будет превышать допустимого уровня. Только после этого сообщение может быть признано рациональным.

Для оценки правильности порядка действий по защите от ЧС возможно представить номер каждого действия в виде ранга, и сравнивать два ранжирования (реальное и эталонное) с помощью, например, коэффициента парной ранговой корреляции Спирмена [9]:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  — ранги реальных и эталонных действий;  $i = 1, 2, \dots, n$  — номера действий.

При этом, если реципиент не указал некоторые из требуемых действий, то им могут искусственно присваиваться последние ранги.

Блок-схема определения рационального содержания текстовых сообщений приведена на рис. 7.

Таким образом, представлен методический подход к обоснованию рациональных параметров текстовых сообщений сотовой связи. Его использование позволит определить объем, количество и сложность смысловых блоков текстовых сообщений, при восприятии которых население будет выполнять правильные действия по обеспечению безопасности в ЧС. Это будет способствовать значительному повышению эффективности оповещения граждан при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и существенному снижению риска поражения населения.

В дальнейшем планируется привести результаты исследований по обоснованию рациональных

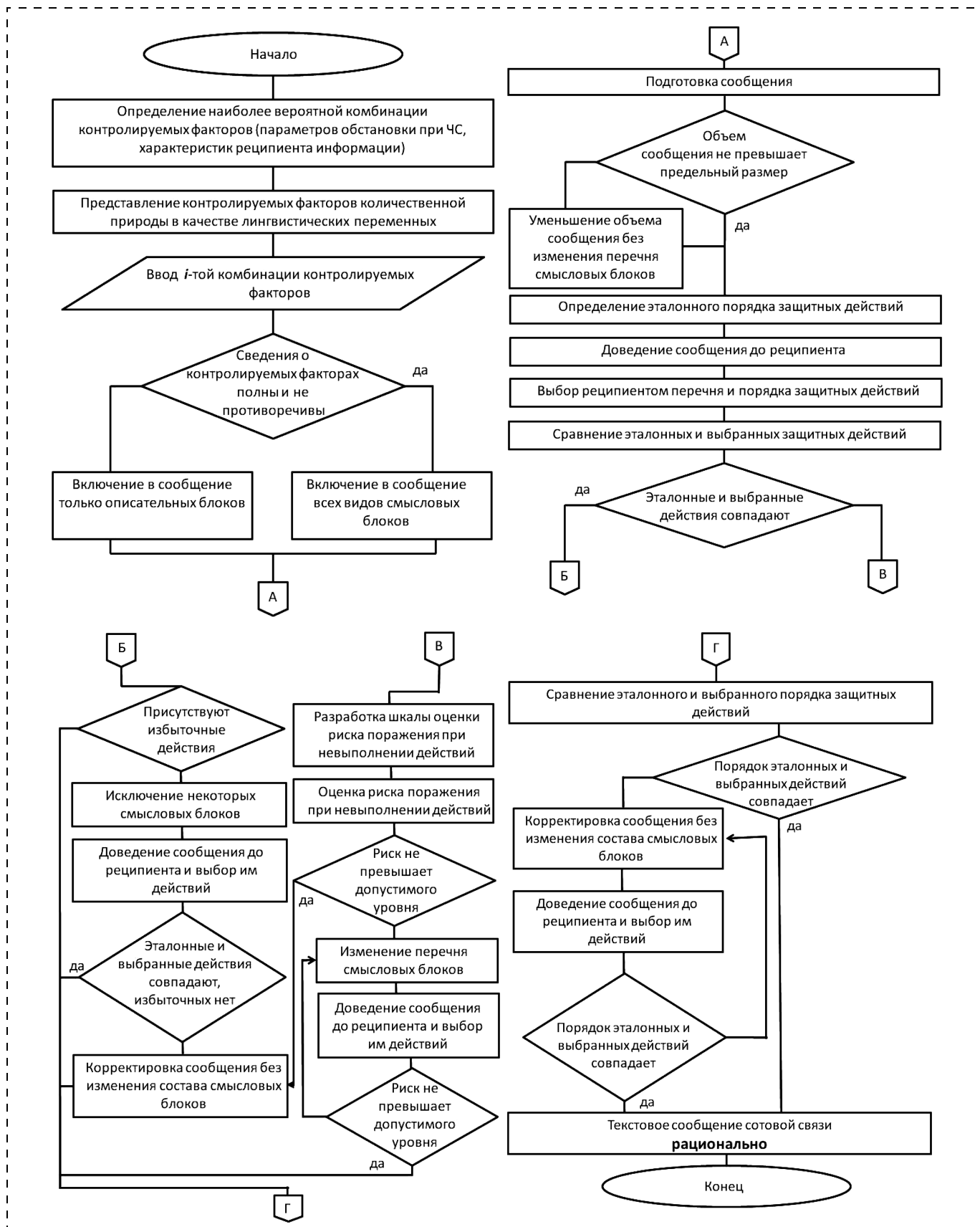


Рис. 7. Блок-схема определения рациональных параметров текстовых сообщений





параметров текстовых сообщений и рекомендации по использованию предложенного подхода в повседневной деятельности оперативных служб.

#### Список литературы

1. **Поспелов Д. А.** Моделирование рассуждений. Опыт анализа мыслительных актов. — М.: Радио и связь, 1989.
2. **Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.** Введение в системный анализ: учебное пособие для ВУЗов. — М.: Высшая школа, 1989.
3. **Модели** принятия решений на основе лингвистической переменной. / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, О. А. Крумберг и др. — Рига: Зинатне, 1982.
4. **Обработка** нечеткой информации в системах принятия решений. А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьева и др. — М.: Радио и связь, 1989.
5. **Пегат А.** Нечеткое моделирование и управление. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009.
6. **Артемова М. В., Афлягунов Т. П., Дурнев Р. А.** Аварийно-спасательные работы при ДТП: подход к обоснованию состава и содержания нормативов их выполнения // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2011. — Вып. 3.
7. **Саати Т.** Принятие решений: метод анализа иерархий. Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1993.
8. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976.
9. **Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.** Математико-статистические методы экспертных оценок. — М.: Статистика, 1980.

УДК 614.8

**С. В. Акатьев**, начальник отдела, МЧС России  
E-mail: Akatiev07@mail.ru

## Концептуальные изменения, происходящие в области гражданской обороны

*Рассмотрены изменения, происходящие в системе Гражданской обороны России с учетом современных угроз и вызовов.*

**Ключевые слова:** гражданская оборона (ГО), государственная политика в области гражданской обороны, чрезвычайные ситуации, защита населения от чрезвычайных ситуаций, обоснование и корректировка задач ГО, актуализированный перечень мероприятий по ГО

**Akatiev S. V.** *The Conceptual Changes which are Occurring in the Field of Civil Defence*

*Occurring changes in system of Civil defense of Russia taking into account modern threats and calls are considered*

**Keywords:** *civil defense (CD), state policy in the field of Civil defense, emergency situations, protection of the population against an emergency, justification and correction of problems of CD the staticized list of actions for CD*

Гражданская оборона является одной из важнейших функций государства, составными частями оборонного строительства и обеспечения безопасности государства.

В настоящее время изменились подходы к ведению современных войн и вооруженных конфликтов.

Как отмечено в Военной доктрине Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации 5.02.2010 г. № 146, военные конфликты будут отличаться скоротечностью, избирательностью и высокой степенью поражения объектов, быстротой маневра войсками (силами) и огнем, применением различных мобильных групп

пировок войск (сил). Овладение стратегической инициативой, сохранение устойчивого государственного и военного управления, обеспечение превосходства на земле, море и в воздушно-космическом пространстве станут решающими факторами достижения поставленных целей.

Для военных действий будет характерно возрастающее значение высокоточного, электромагнитного, лазерного, инфразвукового оружия, информационно-управляющих систем, беспилотных летательных и автономных морских аппаратов, управляемых роботизированных образцов вооружений и военной техники.

Ядерное оружие будет оставаться важным фактором предотвращения возникновения ядерных военных конфликтов и военных конфликтов с применением обычных средств поражения (крупномасштабной войны, региональной войны). При этом в случае возникновения военного конфликта с применением обычных средств поражения (крупномасштабной войны, региональной войны), ставящего под угрозу само существование государства, обладание ядерным оружием может привести к перерастанию такого военного конфликта в ядерный военный конфликт. Исходя из изложенного вероятность возникновения ядерного конфликта представляется невысокой.

В качестве технологических особенностей войн будущего эксперты указывают на возрастание роли информационного противоборства, повышение точности и избирательности оружия.

С учетом положений новой Военной доктрины Российской Федерации должна измениться и сис-



тема гражданской обороны Российской Федерации. Президентом Российской Федерации 3.09.2011 г. утверждены Основы единой государственной политики в области гражданской обороны на период до 2020 года [1].

Одним из приоритетных направлений деятельности в 2012 г. было выполнение комплекса мероприятий, направленных на разработку технических регламентов, устанавливающих требования к продукции, предназначенной для гражданской обороны (ГО) и защиты населения от чрезвычайных ситуаций (ЧС). В этом направлении в 2012 г. достигнуты определенные положительные результаты.

Подписан с МЧС Республики Беларусь и МЧС Республики Казахстан трехсторонний Протокол о взаимопонимании в области установления обязательных требований к продукции в области ГО и защиты населения.

Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 23 ноября 2012 г. № 102 продукция, предназначенная для ГО и защиты от ЧС природного и техногенного характера, включена в Единый перечень. Это означает, что проекты технических регламентов в области ГО и защиты населения от ЧС будут разработаны и приняты в установленном порядке.

Рассматривая отдаленные риски военного характера, необходимо отметить, что объектами воздействия перспективных видов оружия на новых физических принципах, таких как лазерное, сверхвысокочастотное (СВЧ), кинетическое и другие, будут являться пункты управления, информационные центры, личный состав, вооружение и военная техника, критически важные объекты и объекты жизнеобеспечения. При этом наиболее опасными для населения будут вторичные факторы поражения при разрушении потенциально опасных объектов (пожары, химическое, радиоактивное заражение (загрязнение), катастрофическое затопление и др.).

Данные положения учтены в ходе подготовки выводов из оценки возможной обстановки и легли в основу нового планирования мероприятий по гражданской обороне. С учетом этого в 2012 г. переработаны планы ГО и защиты населения субъектов Российской Федерации и муниципальных образований в полном объеме. Завершается переработка планов ГО федеральных органов исполнительной власти.

Все это определило необходимость поиска новых подходов к защите населения, пересмотра норм инженерно-технических мероприятий и совершенствования законодательства Российской Федерации. В этой связи проводится работа по научному обоснованию корректировки задач в области ГО.

По предварительным оценкам предполагается, что в перспективе общее количество задач ГО уменьшится и составит 9. При этом в их состав планируется включить одну новую задачу гражданской обороны по организации управления гражданской обороной.

Введение новых задач в области ГО позволит урегулировать вопросы обеспечения управления системой ГО и в дальнейшем при их реализации определить конкретный перечень мероприятий по ГО, необходимых для обеспечения управления гражданской обороной в Российской Федерации.

При этом потребуются внести соответствующие изменения в Федеральный закон "О гражданской обороне" [2], Положение о гражданской обороне в Российской Федерации [3] и другие нормативные правовые акты Российской Федерации. Это позволит законодательно закрепить новый социально ориентированный статус гражданской обороны и создать современную платформу для развития нового облика гражданской обороны, ориентированной на защиту населения от угроз как мирного, так и военного времени.

Гражданская оборона переходит от сугубо военно-оборонной к социальной сущности (обеспечению жизнедеятельности населения в ЧС). Поэтому понятия "опасности, возникающие при ведении военных действий или вследствие этих действий" в новом наименовании задач планируется заменить на "понятия, связанные с опасностями, возникающими как в военное время, так и в мирное время". Кроме того, в целях оптимизации перечня задач, задачи, близкие, по существу, применяемым силам и средствам, объектам выполнения и другим параметрам, будут объединены.

Из задачи предоставления населению убежищ и средств индивидуальной защиты с учетом перспектив развития способов защиты планируется выделить отдельно вопрос: "Обеспечение населения средствами коллективной защиты". При этом вопрос предоставления населению средств индивидуальной защиты видится целесообразным учесть в составе новой объединенной задачи, изложенной в следующей редакции: "Обеспечение радиационной, химической и биологической защиты".

Также планируется, что две задачи: по проведению аварийно-спасательных работ и борьбе с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий, с учетом перспектив развития сил и средств МЧС России, будут объединены и изложены в следующей редакции: "Проведение пожарно-спасательных и других видов работ в зонах поражения и чрезвычайных ситуаций".

В связи с единством целей и схожестью будут объединяться задачи по первоочередному обеспечению населения и срочному восстановлению функционирования необходимых коммунальных служб в военное время. Планируется, что объединенная задача будет изложена в редакции: "Первоочередное жизнеобеспечение населения, пострадавшего при возникновении опасностей".

Кроме того, учитывая специфику проводимых мероприятий, рассматривается возможность объединения задач по обнаружению и обозначению



районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому и иному заражению и по санитарной обработке населения, обеззараживанию сооружений, специальной обработке техники и территорий. После объединения новая задача наиболее вероятно будет изложена в следующей редакции: "Проведение мероприятий радиационной, химической и биологической защиты".

Такие задачи как разработка мер, направленных на сохранение объектов, необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время и проведение мероприятий по световой маскировке и другим видам маскировки, будут интегрированы (с учетом положений Градостроительного кодекса Российской Федерации) в задачу: Осуществление мер по сохранению работоспособности объектов использования атомной энергии, особо опасных и технически сложных объектов, систем жизнеобеспечения населения.

Задачу по обеспечению постоянной готовности сил планируется вовсе исключить, так как поддержание необходимых сил должно осуществляться в рамках реализации каждой отдельной задачи ГО.

Задача по захоронению трупов в военное время также будет исключена и переведена в разряд мероприятий, выполняемых в рамках реализации задачи ГО по первоочередному жизнеобеспечению населения, пострадавшего при возникновении опасностей.

Вышеуказанные предложения по изменению редакции задач не окончательны и будут корректироваться по итогам проводимой ФГБУ "ВНИИ ГОЧС (ФЦ)" в текущем году научно-исследовательской работы.

Внесение соответствующих изменений в Федеральный закон "О гражданской обороне" позволит законодательно закрепить новый социально ориентированный статус гражданской обороны и создаст современную платформу для развития нового облика гражданской обороны, ориентированной на защиту населения от любых угроз как мирного, так и военного времени.

Следующее важное направление — это переработка норм инженерно-технических мероприятий. В ходе этой работы необходимо учесть современные подходы к ведению войн и развитие высокоточных средств поражения, в том числе пересмотреть зоны возможных сильных разрушений, опасного радиоактивного и химического загрязнения и катастрофического затопления, порядок и способы защиты населения и территорий в современных социально-экономических условиях.

В целях актуализации стандартов, строительных норм и правил, а также нормативно-технического регулирования организована работа по принятию актуализированных сводов правил и национальных стандартов.

В 2012 г. разработаны проекты шести национальных стандартов гражданской обороны и трех сводов

правил. В настоящее время ведется работа по актуализации с учетом новых подходов к организации и ведению ГО инженерно-технических мероприятий гражданской обороны, в результате чего будут пересмотрены зоны возможных опасностей.

В 2013—2014 гг. предстоит разработка десятков национальных стандартов и сводов правил в области гражданской обороны.

Одновременно требуется разработка и научное обоснование порядка и способов выполнения мероприятий по гражданской обороне, обеспечивающих эффективное функционирование гражданской обороны в мирное и военное время с учетом изменившихся военно-политических и социально-экономических условий.

В целом принятие новых национальных стандартов и сводов правил, а также внесение соответствующих изменений в законодательные и иные нормативные правовые акты позволит оптимизировать требования к выполнению мероприятий по ГО и значительно снизить финансовые расходы на их выполнение при сохранении требуемого уровня защиты населения и территорий.

Принятие актуализированных нормативно-технических документов в области гражданской обороны и внесение соответствующих изменений в законодательство Российской Федерации приведет к закреплению следующих концептуальных изменений по основным способам защиты населения:

1) новые средства коллективной защиты будут ориентированы, в первую очередь, на защиту работников и населения от вторичных поражающих факторов при применении высокоточных современных средств поражения по потенциально опасным объектам;

2) средствами индивидуальной защиты будут в обязательном порядке обеспечиваться работники химически и радиоактивно опасных объектов, а также проживающее вблизи этих объектов население;

3) эвакуация населения не будет носить всеобщий характер; она будет осуществляться локально из зон действия вторичных факторов при поражении потенциально опасных объектов и возникновении чрезвычайных ситуаций.

Решение поднятых в данной статье проблемных вопросов и их практическая реализация в значительной степени позволит усовершенствовать систему гражданской обороны Российской Федерации и сделать ее современной.

#### Список литературы

1. **Основы** единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года. — М.: "Новости", 2012. — 26 с.
2. **Федеральный закон** о гражданской обороне № 28-ФЗ от 12.02.1998.
3. **Положение о гражданской обороне** в Российской Федерации. Утв. Постановлением Правительства РФ № 804 от 26.11.2007.

# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 536.468

**А. В. Захаревич**, канд. физ.-мат. наук, доц., **В. И. Максимов**, канд. техн. наук, доц.,  
**А. Г. Мошков**, магистрант, Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет  
E-mail: bet@tpu.ru

## Пожарная опасность сухих диспергированных отходов деревообработки при воздействии одиночных нагретых до высоких температур керамических частиц

*Представлены результаты экспериментально-го исследования закономерностей зажигания диспергированных отходов деревообработки одиночной, нагретой до высоких температур керамической частицей. Проведено сравнение результатов экспериментального исследования зажигания диспергированной древесины из сосны стальной и керамической частицами. Изложена физическая модель зажигания пожароопасного диспергированного материала при локальном нагреве.*

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, диспергированная древесина, время задержки зажигания, температура частицы, керамическая частица

**Zakharevich A. V., Maksimov V. I., Moshkov A. G. Ignition of the Dry Dispersed Waste of a Woodworking by the Single Ceramic Particle Heated up to High Temperatures**

*The results of the experimental study of laws governing the ignition of the dispersed condensed substance by the single heated to high temperatures ceramic particle are represented. The results of an experimental study of the ignition of the dispersed wood from the pine tree by steel and ceramic particles are compared. Is presented physical model of the ignition of the flammable dispersed substance with the local heating.*

**Keywords:** experimental researches, dispersed wood, ignition delay time, particle temperature, ceramic particle

### Введение

Сухие диспергированные отходы лесопиления и деревообработки (опилки древесины) являются материалами высокой пожарной опасности [1]. Разработка эффективных пожаро-профилактических мероприятий в теплоэнергетике и успешное тушение пожаров, возникающих на тепловых электрических станциях (ТЭС), в решающей степени зависят от правильности и полноты оценки пожарной опасности веществ, используемых в том или ином производстве.

Характерными для теплоэнергетики являются процессы ремонта, повторяющиеся достаточно регулярно в связи со специфическими условиями работы котельных агрегатов и вспомогательного оборудования. В связи с общей изношенностью и выработкой проектного ресурса значительной части технологического оборудования ТЭС, ТЭЦ и котельных, невыполнением в полной мере мероприятий по планово-предупредительному ремонту оборудования из-за недостаточного финансирования, а также по ряду других причин имеет место рост числа аварий, в том числе возгораний. Следствием этого, например, является разрушение теплоизоляционных "горячих" материалов на котельных установках.

Среди таких процессов особенно следует отметить неконтролируемые возгорания конденсированных веществ (КВ) при контакте, например, с разогретыми до высоких температур частицами, образующимися при сварке или резке металлических конструкций, и неметаллическими частицами, формирующимися в результате различных техногенных факторов (например, пожары и взрывы). В работе [2] установлено, что возможно зажигание сухой диспергированной древесины одиночными нагретыми до высоких температур стальными частицами при выпадении последних на поверхность слоя опилок. Там же показано, что предельные условия и времена задержки зажигания диспергированной древесины незначительно отличаются от аналогичных характеристик типичного дистиллятного (дизельного) топлива [3]. В то же время на практике возможно образование не только нагретых до высоких температур частиц металлов, характеризующихся высокой теплопроводностью и объемной теплоемкостью. Высока вероятность образования частиц неметаллов (углеродистых, керамических, окислов металлов) с существенно отличающимися теплофизическими характеристиками. Но до настоящего времени не опубликованы результаты исследований, используя которые можно было бы оценить характеристики зажигания диспергированных пожароопасных материалов при воздействии одиночных частиц неметаллов. Известные эксперимен-



тальные данные по смесевым топливным композициям [4] и жидким топливам [5, 6] не могут быть формально использованы для оценок численных значений времен задержки и предельных температур загорания диспергированной сухой древесины. Математические модели, разработанные для описания процессов загорания монолитных топливных композиций [7, 8], древесины [9], а также жидких топлив [10–12], не верифицированы применительно к условиям загорания диспергированных пожароопасных твердых веществ локальными источниками нагрева. Поэтому целесообразным является расширение выводов и положений работы [2] (или выделение характерных особенностей процесса) на неметаллические источники нагрева — твердые частицы.

Цель настоящего исследования — экспериментальное изучение закономерностей загорания сухой диспергированной древесины нагретыми до высоких (более 1000 К) температур керамическими частицами.

#### Методика экспериментальных исследований

Как было отмечено выше, источниками локального нагрева диспергированного конденсированного вещества (ДКВ) могут быть различные неметаллические частицы. Их отличительным признаком независимо от условий образования является существенно более низкая теплопроводность по сравнению с типичными металлами.

В то же время при работе со многими возможными вариантами форм таких частиц возникают трудности в подготовке и проведении экспериментов. Так, например, достаточно трудно изготовить углеродистые частицы заданной формы со стабильными размерами, сохранить их в процессе нагрева и последующего взаимодействия с ДКВ без разрушения частицы — источника нагрева. Поэтому в качестве обобщенного представления таких локальных источников были выбраны керамические частицы на основе корунда ( $Al_2O_3$ ) в форме диска с фиксированным диаметром ( $d = 6 \cdot 10^{-3}$  м) и высотой ( $h = 3 \cdot 10^{-3} \dots 7 \cdot 10^{-3}$  м). Высота и диаметр диска выбирались так, чтобы можно было варьировать площадью поверхности контакта частицы с исследуемым веществом. Изучались условия и закономерности загорания сухих сосновых опилок. Сушка исследуемого материала перед экспериментами продолжалась не менее трех часов. Экспериментальные исследования проводили на установке, основными элементами которой являлись нагревательная печь и контрольно-измерительный блок [4]. Нагрев керамического диска до заданной температуры осуществлялся в нагревательной печи, обеспечивающей стабильную температуру рабочего объема (до 1523 К) в течение продолжительного времени. Нагретая частица падала с фиксированной высоты 0,15 м на исследуемое вещество. Моменты соприкосновения горячей частицы с поверхностью диспергиро-

ванной древесины и появления пламени определялись датчиком на базе электронного фотоэлемента. Время задержки загорания  $\tau_{ind}$  регистрировалось на персональном компьютере (ПК) с помощью фотоэлектрического датчика и высокоскоростной видеокамеры от момента контакта частицы с поверхностью ДКВ до момента появления пламени. С целью оценки случайных погрешностей результатов измерений времени задержки эксперименты проводили в идентичных условиях (при фиксированных основных факторах воздействия на процесс) не менее 6 раз подряд с видеосъемкой каждого эксперимента. Систематические ошибки измерения начальной температуры частицы  $T_q$  и времени задержки загорания  $\tau_{ind}$ , обусловленные погрешностями используемых средств измерений, не превышали 2 % [12]. Установлено, что за время падения температура поверхности частицы уменьшалась не более чем на 3...4 К. Этой величиной при анализе можно пренебречь, так как в экспериментах температура частицы составляла не менее 1313 К.

#### Результаты экспериментальных исследований и обсуждения

Можно отметить определенную стабильность результатов экспериментов. Если загорание происходило в одном опыте при фиксированных факторах, то оно происходило и во всех других опытах при неизменных условиях их проведения. Отличие заключалось только во временах задержки загорания. Загорание было устойчивым — процесс горения не завершался после "вспышки" (появление пламени) в малой окрестности нагретой до высоких температур керамической частицы.

На рис. 1 приведены результаты выполненных экспериментов в виде зависимости  $\tau_{ind}$  от  $T_q$ . Сравнение зависимостей  $\tau_{ind}(T_q)$  с аналогичными, полученными при загорании стальной частицей сухой диспергированной древесины сосны [2], по-

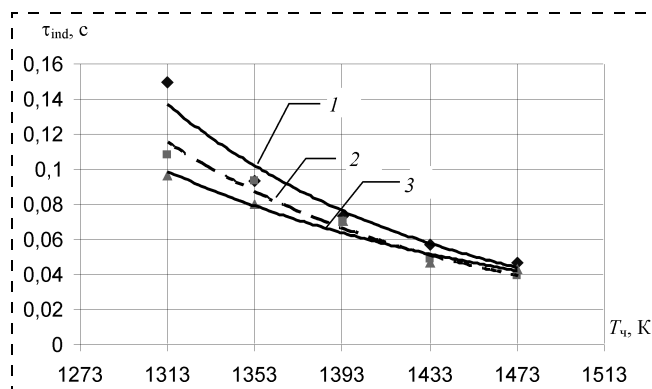


Рис. 1. Экспериментальные зависимости времени задержки загорания опилок из сосны  $\tau_{ind}$  от начальной температуры  $T_q$  керамической частицы:

1 —  $d = 6 \cdot 10^{-3}$  м,  $h = 3 \cdot 10^{-3}$  м; 2 —  $d = 6 \cdot 10^{-3}$  м,  $h = 5 \cdot 10^{-3}$  м; 3 —  $d = 6 \cdot 10^{-3}$  м,  $h = 7 \cdot 10^{-3}$  м



казывает отклонения по значениям времен задержки (до 10 % при низких  $T_q$ ). При этом минимальное значение начальной температуры частицы, при которой зарегистрировано загорание древесины, увеличивается почти на 40 К. Изменение толщины частицы в форме диска, которой нагревали древесину, приводит к относительно малым (до 15 %) изменениям значений  $\tau_{ind}$ , аналогичным установленным ранее в экспериментах [2–6].

Сравнение результатов экспериментального исследования загорания диспергированной древесины сосны стальной и керамической частицами показывает, что отклонения по значениям  $\tau_{ind}$  (при одинаковых  $T_q$ ) не превышают доверительные интервалы определения этой величины ( $\pm 20$  %). Можно сделать вывод о том, что теплофизические характеристики материалов частиц — источников нагрева незначительно влияют на характеристики процесса загорания диспергированной древесины такими частицами.

Так как теплофизические характеристики материала частицы незначительно влияют на воспламенение, оценка значений времени задержки загорания в рассматриваемых условиях для любого материала позволяет обоснованно сравнивать и использовать результаты экспериментов со стальной частицей — источником подвода энергии.

На основании анализа видеogramм проведенных экспериментов можно провести уточнение физической модели загорания пожароопасного диспергированного вещества при локальном нагреве [2]. Загорание древесины происходит в газовой фазе, но зона реакции расположена в непосредственной близости от поверхности нагрева. По существу, скорее всего, продукты пиролиза древесины реагируют с нагретым частицей воздухом в малой окрестности источника нагрева.

Следует отметить, что выпадение нагретых до высоких температур керамических частиц на поверхность монолитной древесины сосны (пластинки толщиной 2...3 мм) приводило только к локальному обугливанию древесины в месте контакта с источником нагрева. Воспламенение вещества не происходило даже при значениях  $T_q > 1400$  К. Полученные результаты могут быть следствием следующих причин. При выпадении нагретой до высоких температур частицы на поверхность слоя диспергированной древесины, размеры одиночных фрагментов (опилок) которой существенно меньше характерных размеров источника нагрева (рис. 2), осуществляется интенсивный подвод теплоты как непосредственно в древесину, так и в воздушные зазоры между отдельными фрагментами ДКВ. Происходит быстрый прогрев одиночного фрагмента древесины и его термическое разложение. При этом энергия от этого фрагмента отводится плохо — воздух достаточно хороший теплоизолятор. Структура пористого слоя опилок,

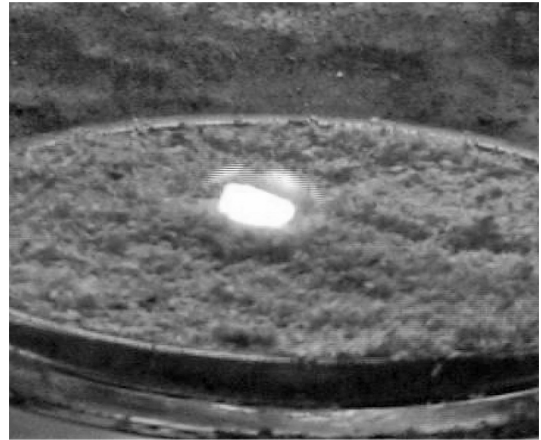


Рис. 2. Кадр видеogramмы эксперимента с воспламенением опилок из сосны керамической частицей ( $d = 6 \cdot 10^{-3}$  м,  $h = 3 \cdot 10^{-3}$  м)

как правило, такова, что конвективный теплоперенос в этом слое незначителен. В итоге происходит быстрый разогрев одиночного фрагмента до высоких температур, при которых древесина интенсивно разлагается с выделением газообразных продуктов (горючего для последующего взаимодействия с окислителем — воздухом).

При попадании же одиночной "горячей" частицы на поверхность, например, сухой доски механизм теплопереноса в рассматриваемой системе существенно отличается от вышеописанного. Частица прогревает тонкий слой древесины, расположенной непосредственно под источником нагрева. Но теплопроводность даже сухой древесины многократно выше теплопроводности воздуха. Поэтому происходит интенсивный отвод теплоты по всем трем координатным направлениям из зоны непосредственного нагрева. Частица при этом остывает, и снижается тепловой поток в прогретый слой древесины. Температура этого слоя будет существенно ниже той, которая достигается при нагреве опилок. Соответственно ниже будут скорость пиролиза древесины и температура газообразных продуктов этого процесса. Условия загорания при этом не достигаются.

Подводя итог вышеизложенному можно сделать вывод, что локальные источники нагрева — одиночные нагретые до высоких температур частицы представляют пожарную опасность только для диспергированной сухой древесины, размеры одиночных фрагментов которой существенно меньше размеров источника нагрева. В этом случае возможно возгорание с последующим распространением пламени по слою опилок.

### Выводы

Результаты выполненных экспериментальных исследований иллюстрируют возможность зажига-



ния слоя сухой диспергированной древесины сосны одиночной нагретой до высоких температур керамической частицей. Показана возможность оценки условий и характеристик загорания мелких сухих фрагментов древесины неметаллическими "горячими" частицами с использованием экспериментальных данных, полученных для стальных частиц. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы при разработке математических моделей процессов загорания диспергированных пожароопасных конденсированных веществ.

*Работа выполнена при частичной поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009—2013 годы (соглашение 8175)".*

#### Список литературы

1. **Корольченко А. Я., Корольченко Д. А.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: в 2 ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пожнаука, 2004.
2. **Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И., Мошков А. Г.** Условия загорания отходов деревообработки // Пожаровзрывобезопасность. — 2012. — Т. 21. — № 5. — С. 21—23.
3. **Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И.** Зажигание дизельного топлива одиночной "горячей" металлической частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17. — № 4. — С. 28—30.
4. **Захаревич А. В., Кузнецов В. Т., Кузнецов Г. В., Максимов В. И.** Зажигание модельных смесевых топливных композиций одиночной, нагретой до высоких температур частицей // Физика горения и взрыва. — 2008. — Т. 44. — № 5. — С. 54—57.
5. **Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И.** Механизм загорания бензина одиночной, нагретой до высоких температур металлической частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17. — № 5. — С. 39—42.
6. **Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И., Панин В. Ф., Равдин Д. С.** Оценка пожарной опасности мазута в условиях перегрузки, хранения и транспорта на тепловых электрических станциях // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313. — № 4. — С. 25—28.
7. **Кузнецов Г. В., Мамонтов Г. Я., Таратушкина Г. В.** Зажигание конденсированного вещества "горячей" частицей // Химическая физика. — 2004. — Т. 23. — № 3. — С. 67—72.
8. **Кузнецов Г. В., Мамонтов Г. Я., Таратушкина Г. В.** Численное моделирование загорания конденсированного вещества нагретой до высоких температур частицей // Физика горения и взрыва. — 2004. — Т. 40. — № 1. — С. 78—85.
9. **Кузнецов Г. В., Таратушкина Г. В.** Моделирование загорания пожароопасных материалов нагретой до высоких температур частицей // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — Т. 12. — № 6. — С. 14—20.
10. **Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.** Зажигание накаленной одиночной частицей жидких углеводородных топлив // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 312. — № 4. — С. 5—9.
11. **Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.** Нагретые до высоких температур частицы металла как источники локальных возгораний жидких веществ // Пожарная безопасность. — 2008. — Т. 17. — № 4. — С. 72—76.
12. **Kuznetsov G. V., Strizhak P. A.** 3D Problem of heat and mass transfer at the ignition of a combustible liquid by a heated metal particle // Journal of engineering thermophysics. — 2009. — Т. 18. — № 1. — С. 72—79.

## ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 656.7.071.1/8:502

**В. В. Бялясников**, д-р техн. наук, проф., **Т. В. Зюба**, канд. техн. наук, доц., Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации  
E-mail: zuba57@mail.ru

### Особенности формирования рабочих программ дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" при подготовке авиационных специалистов гражданской авиации

*Рассмотрена специфика рабочих программ дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", используемых при подготовке авиационных специалистов гражданской авиации в связи с внедрением образовательных программ высшего профессионального образования нового поколения.*

**Ключевые слова:** безопасность жизнедеятельности, безопасность полетов, гражданская авиация, компетенции, факторы угроз, ошибки, профессиональная деятельность, корпоративная культура

**Balyasnikov V. V., Zuba T. V.** Features of Creation of Programs Subject Matter of Safety of Life Activity for Aviation Experts Civil Aviation

*Features of creation of programs of preparation of aviation experts of civil aviation on a subject matter of safety of life activity are considered.*

**Keywords:** safety of life activity, safety of flights, civil aviation, competences, factors of threats, mistakes, professional activity, corporate culture



Дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД) является обязательной для всех направлений высшего профессионального образования. Вместе с тем в вузах, ориентированных на конкретную профессиональную деятельность, все более проявляется заинтересованность выделить в дисциплине БЖД прикладную составляющую. Это стало особенно важным в связи с необходимостью внедрения в высшее профессиональное образование России стандартов третьего поколения. У большинства вузов, в том числе и государственного университета гражданской авиации, при разработке новой рабочей программы дисциплины БЖД возникла задача учесть отраслевую специфику.

Каждый человек, выполняя трудовую деятельность, подвергается опасностям, которые в разных производственных средах приобретают свои особенности. В гражданской авиации (ГА) они проявляются в тесной связи факторов БЖД с факторами безопасности полетов (БП). Об этом свидетельствуют результаты научных исследований, доказывающие влияние мотива деятельности оператора на результат деятельности, а результата ее — на функциональное состояние оператора. Исследования подтверждают, что звеньями одной цепочки, приводящей к неблагоприятным событиям, становятся факторы БЖД и БП. Получается, что работник ГА, оказавшийся под влиянием опасности жизнедеятельности, становится источником возникновения опасности в полете. И наоборот, допуская ошибки в своей деятельности, он провоцирует такие изменения состояний рабочей среды, которые начинают вредить его здоровью.

Вывод о том, что в сфере воздушного транспорта (ВТ) цели и задачи безопасности полетов и БЖД сближаются, получил признание ИКАО [1] в виде принятия концепции, известной как контроль факторов угрозы и ошибок (КУО), призванной способствовать управлению безопасностью полетов [2]. Одна из целей введения КУО состоит в том, чтобы заложить прочную основу для

принятия механизма, который предусматривает контроль безопасности полетов при работе в нормальных условиях. Этот механизм получил название "Обследование состояния безопасности полетов при работе в нормальных условиях (№ 053)". Центральное место в его реализации отводится человеку труда, способному осуществлять непрерывный контроль своей деятельности и своего рабочего места. В случае успешного осуществления концепции ее дальнейшим развитием может стать создание системы управления БЖД в гражданской авиации.

Как правило, ошибки и нарушения, проявившиеся в полете, соотносят с действиями тех, кто непосредственно обеспечивает управление воздушным судном (ВС), — пилотов, диспетчеров. При таком подходе от ответственности ускользают те, кто осуществляет подготовку и организацию полетов. Обеспечение безопасности полетов — итог деятельности и совместной ответственности всех работников ГА. Эффективное управление безопасностью полетов невозможно вне коллективной ответственности, синонимом которой является безопасная корпоративная культура, непосредственное формирование которой осуществляется на производстве. Однако профессионально важные качества, ее обеспечивающие, закладываются во время приобретения профессионального образования. Принимая во внимание тесную связь с безопасностью полетов, дисциплина БЖД должна стать одним из важнейших инструментов формирования культуры безопасности в профессиональной деятельности выпускников университета гражданской авиации.

Высшее профессиональное образование в университете практически охватывает все области деятельности работников ГА. Оно строится по четырем направлениям подготовки (161000 Аэронавигация, 162001 Эксплуатация ВС и организация воздушного движения, 162700 Эксплуатация аэропортов и обеспечение полетов воздушных судов, 280702 Безопасность технологических процессов и производств на ВТ), в каждом из которых име-

Таблица 1

Направление подготовки	Область профессиональной деятельности специалистов
161000 АЭРОНАВИГАЦИЯ	Организация, выполнение, обеспечение и обслуживание полетов ВС; Организация использования воздушного пространства; Организация и обслуживание воздушного движения; Организация, выполнение, обеспечение и обслуживание воздушных перевозок и авиационных работ; Обеспечение безопасности полетов ВС и (или) авиационной безопасности
162001 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	Организация, выполнение, обеспечение и обслуживание полетов ВС; Организация использования воздушного пространства; Организация и обслуживание воздушного движения; Организация, выполнение, обеспечение и обслуживание воздушных перевозок и авиационных работ; Обеспечение безопасности полетов воздушных судов и безопасности использования воздушного пространства; Организация и обеспечение авиационной безопасности; Организация и обеспечение поисковых и аварийно-спасательных работ; Организация и обеспечение безопасности технологических процессов и производств на ВТ
162700 ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭРОПОРТОВ И ОБЕСПЕ- ЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	Обеспечение взлета, посадки, руления и стоянки ВС; Обслуживание ВС и авиатопливо, обеспечение воздушных перевозок; Организация и обеспечение обслуживания пассажиров, багажа, грузов и почты; Организация и обеспечение авиационной безопасности; Организация и обеспечение аварийно-спасательных и противопожарных работ
280702 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ НА ВТ	Организация и обеспечение безопасности технологических процессов и производств на ВТ; Организация деятельности по обеспечению безопасности производственного персонала и пассажиров на предприятиях ВТ; Организация и обеспечение аварийно-спасательных и противопожарных работ; Участие в работе органов государственного управления и надзора за безопасностью на ВТ





ются соответствующие профили. С целью реализации стандартов третьего поколения кафедра БЖД университета разработала рабочие программы дисциплины БЖД по всем четырем направлениям подготовки. Предваряя эту работу, был проведен анализ характеристик профессиональной деятельности авиаспециалистов по направлениям подготовки, учитывающим область, объекты, виды и задачи профессиональной деятельности будущих выпускников (табл. 1).

Особенность разрабатываемых программ состояла в том, что в них дисциплину БЖД нужно было рассматривать в двух ипостасях: как общеобразовательную дисциплину и как специальную дисциплину (дисциплину профессии). Задача общеобразовательной дисциплины БЖД состоит в создании фундамента знания, на основе которого строится профессиональное знание, закладываются основы безопасной корпоративной культуры. По направлению "Безопасность технологических процессов и производств" дисциплина БЖД является специальной. Задача специальной дисциплины состоит в раскрытии конкретных возможностей прикладного использования знания. Чтобы совместить обе задачи при разработке рабочих программ дисциплины БЖД, удовлетворяющих различным направлениям деятельности авиаспециали-

стов, был выбран модульный подход. Для всех четырех программ выделено шесть модулей.

1. Введение в безопасность. Основные понятия и определения.
2. Психофизиологические и эргономические основы безопасности.
3. Идентификация и воздействие на человека опасных и вредных производственных факторов на воздушном транспорте.
4. Методы и средства защита человека от воздействия опасных и вредных производственных факторов на воздушном транспорте.
5. Управление безопасностью жизнедеятельности.
6. Чрезвычайные ситуации и методы защиты в условиях их реализации.

Разработка программы дисциплины — задача со многими неизвестными. При реализации компетентного подхода она существенно усложняется. Необходимо сформулировать компетенции таким образом, чтобы они соответствовали всем используемым профилям высшего профессионального образования и при этом сохранили сложившийся образ самой дисциплины. В случае дисциплины БЖД пришлось искать компромиссы между перечнями компетенций, содержащихся в различных стандартах и разработанных разными коллективами (табл. 2).

Таблица 2

Направление подготовки	Компетенции	
	Общекультурные	Общепрофессиональные
161000 АЭРОНАВИГАЦИЯ	<p>Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК-13);</p> <p>Владеть культурой безопасности, экологическим сознанием и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности (ОК-14);</p> <p>Понимать проблемы устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека (ОК-15);</p> <p>Владеть приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижение антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества (ОК-16)</p>	<p>Владеть культурой профессиональной безопасности, способностью идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-17);</p> <p>Обладать способностью применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-18);</p> <p>Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ПК-16)</p>
162001 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	<p>Обладать способностью представить современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры (ОК-1);</p> <p>Обладать способностью критически оценивать и анализировать вклад своей предметной области в решении экологических проблем и проблем безопасности (ОК-46);</p> <p>Обладать способностью использовать полученные знания для аргументированного обоснования своих решений с точки зрения безопасности (ОК-47);</p> <p>Обладать мотивацией и способностями для самостоятельного повышения уровня культуры безопасности (ОК-59)</p>	<p>Владеть культурой безопасности, экологическим сознанием и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности (ПК-17);</p> <p>Обладать способностью понимать проблемы устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека (ПК-18);</p> <p>Владеть культурой профессиональной безопасности, способностью идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профдеятельности (ПК-33);</p> <p>Обладать способностью и готовностью применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-34);</p> <p>Владеть умением разрабатывать рекомендации по минимизации производственных рисков авиационных предприятий (ПК-43);</p> <p>Обладать готовностью к постоянному совершенствованию профессиональной деятельности, принимаемых решений и разработок в направлении повышения безопасности (ПК-54);</p>



Продолжение табл. 2

Направление подготовки	Компетенции	
	Общекультурные	Общепрофессиональные
		Обладать способностью применять комплекс правовых и нормативных актов в сфере безопасности, относящихся к виду и объекту профессиональной деятельности (ПК-55); Обладать способностью и готовностью организовывать и обеспечивать безопасные условия труда авиационного персонала (ПК-131)
162700 ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭРОПОРТОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	Обладать способностью применять нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-8); Обладать способностью и иметь готовность осознавать роль естественных наук в развитии науки, техники и технологии (ОК-41); Обладать способностью и иметь готовность понимать проблемы устойчивого развития человека в его взаимосвязи с природной средой и рисков, связанных с деятельностью человека (ОК-50); Владеть культурой безопасности, экологическим сознанием и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве приоритетов жизнедеятельности (ОК-51); Владеть приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижение антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества (ОК-52); Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК-53)	Владеть культурой профессиональной безопасности, способностью идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-11); Обладать готовностью применять профессиональные знания для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-12); Владеть культурой профессиональной безопасности, способностью идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности (ПК-33); Обладать готовностью участвовать в составлении технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам (ПК-32); Владеть современными средствами и методами проведения измерений (ПК-96); Обладать способностью и готовностью организовывать и обеспечивать безопасные условия труда авиационного персонала (ПК-131); Владеть умением составлять отчет по выполненному заданию, готовностью участвовать во внедрении результатов исследований и разработок (ПК-109).
280702 БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ НА ВТ	Владеть компетенциями сохранения здоровья (знание и соблюдение норм здорового образа жизни; физическая культура) (ОК-1); Владеть компетенциями самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность учиться) (ОК-4); Обладать культурой безопасности и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7); Обладать способностью к познавательной деятельности (ОК-10)	Обладать способностью ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей (ПК-8); Обладать способностью пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и природной среды в техносфере (ПК-11); Владеть умением использовать методы определения нормативных уровней допустимых негативных воздействий на человека и природную среду (ПК-14); Обладать способностью определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска (ПК-17); Обладать способностью ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности (ПК-19); Владеть умением обеспечивать безопасность труда в организациях ВТ (ПК-1); Обладать способностью организовывать комплексное обеспечение безопасности труда, промышленной безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях (ПК-3)

При выборе компетенций дисциплины БЖД для различных профилей необходимо было предусмотреть их количественный баланс. Несбалансированность компетенций, например преобладание общекультурных компетенций (ОК), сдерживает развитие профессиональных компетенций (ПК). Большое количество компетенций, содержащихся в каком-либо одном модуле, приводит к неоправданному смещению приоритетов в подготовке выпускников. Эта же опасность возникает, когда рассматривается соотношение компетенций дисциплины БЖД с компетенциями других дисциплин. Как следствие, результат образования может отличаться от ожидаемого.

Традиционно в российском образовании используется системно-деятельностный подход. Замена его на ком-

петентностный подход, принятый в западных странах, упрощает задачу интеграции отечественного образования в европейское образовательное пространство. В защиту такого подхода высказывались точки зрения о том, что компетентностный подход не есть нечто новое для российского образования, а всего — лишь дальнейшее развитие системно-деятельностного подхода. Это неверно. Компетентностный подход меняет целевую установку образования. Главным становится не изучение научных дисциплин, а приобретение компетенций. Соответственно особое значение придается переходу от знания дисциплины (чему преподаватель должен учить) к результатам (что студент должен делать после успешного окончания изучения дисциплины) (табл. 3).



Таблица 3

Системно-деятельностный подход	Компетентностный подход
Высшее профессиональное образование (профессия в оболочке высшего образования)	Высшее образование вообще (непосредственное профессиональное образование на производстве или среднее профессиональное образование)
Устанавливает соответствующие квалификационные характеристики и профессионально важные качества выпускника	Акцентирует внимание на результате образования. В качестве результата рассматривается способность человека действовать в различных ситуациях
Предполагает отбор содержания образования, обеспечивающего формирование квалификационных характеристик	Переносит акцент с преподавателя и содержания образования на студента и ожидаемые результаты образования (это проявление существенного усиления направленности образовательного процесса на студента)

В этом нет ничего плохого, но исторический опыт убедительно доказывает, что образованию России присущи свои обоснованные особенности. Они вызваны природной способностью россиян к решению задач, в которых требуется раскрыть содержание изучаемого объекта (явления). По этой причине российское образование вынуждено было большее внимание уделять изучению содержания объекта (явления). Подобно всему нашему знанию обладает формой и содержанием. Нетрудно заметить, что системно-деятельностный подход — это метод приобретения знания через изучение его содержания. В свою очередь, компетентностный подход — это метод приобретения знания через изучение его формы. При очевидной несхожести оба метода имеют равные права на существование. Выбор приоритета определяется индивидуальными особенностями человека и избираемой им профессии.

Любая дисциплина, используемая в учебном процессе, обладая своей индивидуальностью, должна рассматриваться в контексте общей задачи учебного процесса. Ее программа должна быть максимально адаптирована к особенностям образовательного профиля. Соответственно дисциплины, ориентированные на приобретение профессий, в которых решается временная задача, потребуют применения системно-деятельностного подхода. Дисциплины, ориентированные на приобретение профессий, в которых решается пространственная задача, потребуют использования компетентностного подхода.

Особое место занимают профили, используемые для приобретения профессий, не имеющих пространственно-временной доминанты. Применительно к России подготовка по ним должна строиться на использовании системно-деятельностного подхода. К таким профилям относится "Безопасность технологических процессов и производств". Примером целесообразности использования компетентностного подхода является профессиональная подготовка пилотов и диспетчеров. В настоящее время в их деятельности значимо возрастает доля решения пространственных задач. Вывод таков, что в образовании единых решений быть не может. Каждая дисциплина, в том числе и БЖД, может иметь различные варианты представления. При системно-деятельностном подходе в ней основное внимание следует уделить раскрытию идеи, теории, содержанию. При компетентностном подходе основное внимание необходимо уделить созданию пространственного образа дисциплины, прикладному аспекту ее использования.

Очевидной задачей образования является оказание помощи человеку занять свое, адекватное его природным способностям место (нишу) в трудовой деятельности. Возможности компетентностного подхода обеспечивают точное попадание человека в свою нишу. Чтобы обеспечить своевременность ее занятия, компетентностный подход нуждается в использовании конкуренции. Отли-

чительная особенность системно-деятельностного подхода состоит в том, что он позволяет человеку своевременно занять свою нишу. Точность решения этой задачи достигается тем, что исключается возможность занятия ее кем-то другим. В то время как компетентностный подход эффективно работает в условиях внешней конкуренции и нуждается в дефиците рабочих мест, системно-деятельностный подход эффективно работает в условиях внутренней конкуренции (конкуренции с самим собой).

При использовании системно-деятельностного подхода любая образовательная дисциплина должна обладать избыточностью, что автоматически приводит к увеличению общего срока обучения. Компетентностный подход относится к изучению дисциплины более экономно и позволяет значительно сократить общий срок обучения. Это обстоятельство делает его привлекательным. Однако позже, оказавшись в условиях конкуренции, человек теряет это преимущество.

Представление о том, что интеграционный процесс должен привести к единообразию, ложно. Интеграционный процесс преследует цель совмещения многообразия. Опыт создания новых образовательных программ и программ дисциплин свидетельствует, что переориентация российского образования в пользу компетентностного подхода должна осуществляться избирательно. В компетентностном подходе есть многое из того, в чем нуждается отечественное образование. Но для его использования вовсе не надо реформировать систему образования. Достаточно адаптировать компетентностный подход к условиям России. А такая возможность есть.

На наш взгляд, в системе профессионального образования России вполне совместимы два подхода: системно-деятельностный и профессионально ориентированный. В качестве профессионально ориентированного подхода допустимо использовать компетентностный подход, адаптированный к условиям России. Его особенность состоит в том, что он ориентирован на обучение человека, обладающего временной доминантой, решать пространственные задачи.

Процесс сближения БЖД с безопасностью полетов усиливает значимость выбора модели профессионального образования. Дело в том, что авиационные происшествия преимущественно возникают из-за ошибок человека. Как следствие, опасность принимает особенности, присущие человеку. В них отчетливо проявляется пространственная или временная доминанта. Слепое использование компетентностного подхода в БЖД может стать фактором, провоцирующим увеличение опасности.

#### Список литературы

1. **Руководство** по управлению безопасностью полетов (РУБП). Рос. 9859. А14/460/ ИКАО, 2006.
2. **Баласников В. В.** Управление безопасностью в гражданской авиации // Вестник СПб ГУ ГА. — 2012. — № 1. — С. 35—40.

# СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ

УДК 658.343:681.3

Э. П. Пышкина, канд. техн. наук, проф., Е. Н. Симакова, канд. пед. наук, доц.,  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
E-mail: s\_marusya@mail.ru

## К вопросу оценки условий труда на рабочих местах пользователей ПЭВМ. Анализ основных нормативно-правовых актов

*На основе опыта проведения аттестации рабочих мест пользователей ПЭВМ дается анализ основных нормативных актов, на базе которых она проводилась. Комментируются имеющиеся в них неясности, неточности и несогласованность отдельных положений. Даются рекомендации по необходимым уточнениям и дополнениям.*

**Ключевые слова:** условия труда, рабочее место, пользователь ПЭВМ, гигиенические требования, требования безопасности, факторы рабочей среды, факторы трудового процесса

**Pishkina E. P., Simakova E. N. On Assessment of the Working Conditions at the Workplace PC Users. Analysis of the Basic Regulations**

*Based on the experience of the job evaluation PC users an analysis of the basic regulations on the basis of which it was carried out. Commented available in these ambiguities, inconsistencies and inaccuracies provisions. The recommendations on the necessary corrections and additions.*

**Keywords:** working conditions, workplace, PC users, hygiene, safety, working environment factors, factors of the labor process

Обеспечение безопасных условий труда в соответствии с трудовым кодексом является обязанностью каждого работодателя. Опыт проведения аттестации рабочих мест по условиям труда на предприятиях и в организациях показал, что повсеместно значительное число рабочих мест связано с использованием ПЭВМ. Применительно к эксплуатации ПЭВМ разработаны "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ" СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 [1], с изменениями [2, 3], которые составляют основу для оценки условий труда на рабочих местах пользователей ПЭВМ. Этот документ значительно упрощает работу по выявлению опасных и вредных факторов на этих рабочих местах. Однако в этом документе приводятся не сами нормативные значения вредных производственных факторов, а ссылки на действующие санитарные нормы без указания их названий и номеров. В то же время, как показал анализ действующей нормативной документации на условия труда пользователей ПЭВМ, имеются значительные различия в требованиях отдельных доку-

ментов. Это в значительной мере осложняло процедуру оценки условий труда на рабочих местах пользователей ПЭВМ. Поэтому представляется оправданным внесение изменений в действовавший "Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда" [4]. Однако в новой редакции указанного Порядка [5] рабочие места пользователей ПЭВМ (если работа на них производится исключительно с ПЭВМ) из объектов аттестации рабочих мест по условиям труда исключены, что вряд ли является правильным.

В "Руководстве по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" Р 2.2.2006—05 [6] каких-либо указаний по особенностям определения вредных факторов и классификации условий труда пользователей ПЭВМ практически нет, а там где они есть имеются противоречия между требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 [2] и Р 2.2.2006—05 [5] в части контролируемых показателей.

Особо следует отметить несоответствие принципов нормирования отдельных вредных факторов в соответствующих санитарных нормах и в СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 [2].

Имеют место ссылки на использование нормативных актов, требования которых по отдельным характеристикам условий труда применительно к ПЭВМ различны [5]. На это неоднократно указывалось представителями служб охраны труда организаций, преподавателями вузов.

Ниже приведен анализ основных нормативных документов по оценке условий труда на рабочих местах пользователей ПЭВМ. Как отмечалось, основополагающие требования к условиям труда в указанном случае определяются в СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03.

В разделе 2 "Требования к ПЭВМ" указанного нормативного документа обращают на себя внимание требования к шуму. Приведенные допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука, создаваемые ПЭВМ, точно соответствуют значению тех же параметров для рабочих мест ПЭВМ, на которые дается ссылка в разделе 5 "Требования к уровням шума и вибраций на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ" того же документа. Для этого достаточно ознакомиться с СН 2.2.4/2.1.8. 562—96 "Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки" [7].

Совершенно очевидно, что шум на рабочих местах в реальных производственных и офисных помещениях, а также в компьютерных классах учебных заведений, оборудованных большим количеством ПЭВМ, всегда будет превышать уровни шума при работе одного ПЭВМ за



счет влияния рядом расположенного оборудования, шумов, проникающих извне (окна, двери и т. д.). Существенный вклад в повышение уровня шума могут вносить также системы вентиляции и кондиционирования в помещении.

Аналогичное несоответствие имеет место применительно к требованиям к электромагнитным полям (ЭМП), которые, согласно нормативному документу [1] одинаковы как для ПЭВМ, так и для рабочих мест ее пользователей. Представляется некорректным введение в табл. 3 "Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ" Приложения 1 допустимого значения электростатического потенциала экрана видеомонитора. Следовало бы вместо указанного потенциала дать значение напряженности создаваемого им электростатического поля либо перевести его в отдельный пункт раздела 2 документа [1].

Вызывает недоумение приведенное значение допустимой экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения, так как в действующих нормах радиационной безопасности НРБ—99/2009 такого рода характеристики нет, не используется в нем и единица измерения рентген (указанная характеристика имела место в предшествующих документах НРБ—96, НРБ—87).

Представляется, что следовало бы подчеркнуть, что приведенные в разделе 2 требования установлены для заводов-изготовителей, в том числе виды контролируемых параметров, указанных в табл. 1 приложения 1 [1]. В отсутствие этого уточнения имели место случаи включения определения концентрации вредных веществ, выделяемых ПЭВМ, в программу оценки условий труда на рабочем месте.

В разделе 3 "Требования к помещениям для работы с ПЭВМ" [1] читаем: "Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при наличии расчетов, обосновывающих соответствие нормам естественного освещения...". Как при отсутствии системы естественного освещения расчет может показать ее эффективность? Почему достаточность естественного освещения не может подтверждаться инструментальными замерами?

Требуется уточнения, о какой нормативной документации по естественному и искусственному освещению идет речь. В системе нормативных актов Роспотребнадзора (Госсанэпиднадзора) имеется единственный документ по системам освещения — это СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 "Гигиенические требования к естественному и искусственному освещению жилых и общественных зданий" [8]. Само название документа говорит об ограниченности его применения. Ясно, что большая часть пользователей ПЭВМ трудятся в различных отраслях экономики. Требования к их условиям труда, таким образом, не подпадают под действие приведенного документа. Учитывая, что во всех документах Роспотребнадзора (Госсанэпиднадзора), как известно, используются ссылки только на собственные нормативные документы, следует в случаях, не рассматриваемых в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03, при нормировании естественного освещения использовать строительные нормы и правила СНиП 23-05—2010 [9].

Из анализа текста раздела "Требования к освещенности на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ" [1], следует, что его требования распространяются только на систему бокового естественного освещения. Встает вопрос: возможно ли, в принципе, использовать ПЭВМ в

помещениях с верхним и комбинированным естественным освещением?

Представляется, что удаление из числа требований к помещениям минимальной кубатуры на одного пользователя (что имело место в изначальной редакции рассматриваемого документа [1]) неправомерно. Как известно, практически во всех нормах строительного проектирования всегда указывались минимальная площадь и кубатура на одного работающего. В скрытом виде за допустимой кубатурой на одного работающего имеем минимальную высоту помещения. В условиях острого дефицита площадей в помещениях старой застройки повсеместно практикуется устройство антресолей, в результате получаются два помещения малой высоты с большим количеством рабочих мест.

Не совсем согласуются с понятием гигиенических требований указания раздела 3 по обеспечению электробезопасности [1]. Формулируя эти требования, следовало бы говорить не о том, что помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением)...", а о необходимости заземления (зануления) оборудования, находящегося в помещении.

Требования к обеспечению норм микроклимата в разделе 4 сведены к проведению ежедневной влажной уборки и систематическому проветриванию после каждого часа работы на ПЭВМ. К чему приводят проветривания в зимний период в условиях, когда пользователи ПЭВМ не заинтересованы в прерывании рабочего процесса, хорошо известны. Проветривание в теплый период года создает проблему повышения уровня шума на рабочих местах. Спрашивается, почему среди мер по нормализации микроклимата не фигурирует устройство системы вентиляции и кондиционирования? В рассматриваемом разделе не указаны мероприятия по нормализации аэроионного состава воздуха.

По мнению авторов, следовало бы привести разъяснения по поводу возможного наличия вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Оно может быть связано не только с технологическим процессом в помещении, но и с действием приточной системы вентиляции, которая может подавать в помещение загрязненный наружный воздух (больше 0,3 ПДК). То же может иметь место при простом проветривании помещений. Безусловно, следовало бы привести в разделе 4 мероприятия по оздоровлению воздушной среды.

В разделе 5 "Требования к уровням шума и вибраций на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ" мероприятия по снижению шума сведены только к удалению из помещений с ПЭВМ оборудования с уровнем шума, обуславливающим превышение значений нормативных его характеристик на рабочих местах. В то же время в помещениях с ПЭВМ широко используются облицовка звукопоглощающими материалами потолка и стен, покрытие звукопоглощающими мастиками металлических воздуховодов систем вентиляции, отделение одного рабочего места с ПЭВМ от другого экраняющими перегородками. Для снижения внешнего шума используются окна и двери с повышенной звукоизоляцией. В случае, если превышение уровня шума в помещении с ПЭВМ связано с работой систем механической вентиляции, практикуется применение в них глушителей шума.

Для снижения вибраций на рабочих местах широко используется виброизоляция ее источников либо установка этих источников на виброгасящие основания.



В разделе 6 [1] определено, что общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при разном расположении видеодисплейных терминалов. Спрашивается, а как быть при применении ламп накаливания, газоразрядных и светодиодных источников света? Возможно ли в принципе применение последних при работе с ПЭВМ? Из текста СанПиН [1] это совершенно не ясно.

В разделе 7 "Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ" обращает на себя внимание принцип нормирования указанных полей, создаваемых ПЭВМ. В диапазоне частоты 2...400 кГц задается напряженность электрического поля и плотность магнитного потока. В то время как в СанПиН 2.2.4.1191—03 "Электромагнитные поля в производственных условиях" [10] в диапазоне частот больше 10...30 кГц задаются предельно допустимые уровни электрического и магнитного поля с учетом времени воздействия. Нельзя не отметить, что такого рода учет времени имеет место в СанПиН 2.2.4.1191—03 и при нормировании ЭМП радиочастотного диапазона от 30 кГц и выше. Логично было бы сохранить этот принцип нормирования ЭМП, создаваемых ПЭВМ, тем более, что в тексте СанПиН [1] повсеместно находим понятие основных и вспомогательных работ, критерием деления которых, как представляется, является время работы с ПЭВМ, а следовательно и время воздействия ЭМП ПЭВМ на пользователя (в самом документе [1] разъяснений по этому поводу нет). Не ясно также почему в документе [1] задается плотность магнитного потока вместо напряженности магнитного поля, как это имеет место в СанПиН 2.2.4.1191—03 [10]. Тем более, что существует зависимость:

$$B = \mu_0 H,$$

где  $B$  — плотность магнитного потока;  $\mu_0$  — магнитная постоянная;  $H$  — напряженность магнитного поля.

Обращает на себя внимание различие в величине допустимых уровней электростатического поля в СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 [1] и СанПиН 2.2.4.1191—03 [10].

Следовало бы указать на необходимость средств защиты от ЭМП ПЭВМ, дав ссылку на Приложение 12 "Средства защиты от излучений оптического диапазона и электромагнитных полей, ПЭВМ", приведенное в руководстве Р 2.2.2006—05 [6].

В разделе 9 "Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ" [1] считаем необходимым указать минимально допустимые расстояния от ПЭВМ до стен при их расположении по периметру помещения, как это имело место в ранее действовавших санитарных нормах, определявших требования при работе с источниками ЭМП.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 приведена "Методика инструментального контроля и гигиенической оценки уровней электромагнитных полей на рабочих местах". Представляется, что эта методика должна быть перенесена в будущую редакцию руководства Р 2.2.2006—05 [6].

Обращает на себя внимание "восстановление в правах" "Предложения по организации работы с ПЭВМ", в которых приводятся рекомендуемые режимы труда и отдыха при работе с ПЭВМ. Кроме того, в последней редакции документа [1—3] вновь появились приложения,

связанные с профилактикой утомляемости глаз, что тоже можно только приветствовать.

При использовании "Руководства по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" Р 2.2.2006—05 [6] возникает следующий вопрос: правомерны ли ссылки на Государственные стандарты в Перечне федеральных нормативных и методических документов, учитывая, что в соответствии с ФЗ "О техническом регулировании" ГОСТы носят рекомендательный характер? Кроме того, стандарты ССБТ не входят в перечень нормативных актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда [11].

В подразделе 5.4 "Виброакустические факторы" руководства [6] отсутствуют разъяснения по оценке этих факторов в случае, когда рабочие места с ПЭВМ располагаются непосредственно в производственных помещениях (технологические комплексы, цехи, участки предприятий и т. п.), где характеристики шума и вибраций на рабочих местах полностью обусловлены работой технологического оборудования. При этом уровень виброакустических факторов в значительной мере определяется режимами работы оборудования. Так, в случае, когда источниками шума являются станки, характеристики шума и вибраций зависят от скорости и глубины резания, величины подачи, материала и вида заготовок. Все перечисленные факторы могут меняться в течение отдельных календарных отрезков времени. Поэтому совершенно не ясно, как определять уровни соответствующих факторов: то ли исходить из режима максимального шумообразования, то ли оценивать эквивалентные уровни шума и скорректированных значений виброскорости за длительные отрезки времени. Отсутствуют соответствующие разъяснения и в Методических указаниях на измерение шума и вибраций, на которые имеется ссылка в Р 2.2.2006—05. Следует отметить, что сказанное выше касается не только рабочих мест с ПЭВМ, но и всех рабочих мест при обслуживании технологического оборудования на производстве.

В разделе 5.6 "Световая среда" руководства [6] в качестве нормативных актов приводятся документы, требования которых противоречат друг другу, в частности, в последней редакции СНиП 23-05—2010 [9] допустимое значение освещенности на рабочем месте при общем освещении составляет 400 лк, коэффициент пульсации — 10 %, показатель дискомфорта — 15, в то время как в СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 [1] допустимые значения этих же характеристик составляют: освещенность — 300...500 лк, коэффициент пульсаций — 5 %, показатель дискомфорта — 40. В СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 [8] указанные характеристики составляют: освещенность — 400 лк, коэффициент пульсации — 15 %, показатель дискомфорта — 15. Кроме того, в руководстве [6] дается ссылка на СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 [8], требования которого применительно к рабочим местам с ПЭВМ противоречат требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 [1]. Ни в одном из рассмотренных документов не представлены требования к естественному освещению при использовании ПЭВМ в производственных помещениях.

Оценка условий труда на рабочих местах пользователей ПЭВМ производится не по всем нормативным характеристикам, установленным в документе [1]. В частности, в руководстве [6] не учтены показатели ослепленности, коэффициента пульсации, показателя дискомфорта. Оценка неравномерности распределения яркости в поле зрения



пользователя ПЭВМ проводится в относительных единицах, смысл которых не разъяснен; то же относится к понятию контраста, используемого при оценке визуальных параметров ВДТ для монохромного режима.

Согласно требованиям раздела 5.6 Р 2.2.2006—05 [6] контроль показателя "неравномерность распределения яркости" в поле зрения пользователя ПЭВМ проводят для рабочих мест, оборудованных ПЭВМ (в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03). Класс и степень вредности по этому показателю устанавливаются только для работ III категории трудовой деятельности в соответствии с классификацией СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03. Однако в тексте последнего документа [1] термина "категории трудовой деятельности" нет.

В заключение нельзя не отметить, что работы по оценке условий труда рабочих мест пользователей ПЭВМ в значительной мере осложняются необходимостью поиска соответствующей информации в достаточно емких по объему нормативных актах [1, 6], не говоря уже о многочисленных нормах и правилах и других нормативно-правовых актах, используемых при оценке условий труда.

Из всего сказанного выше можно сделать перечисленные ниже выводы.

1. В "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03" требуется внести целый ряд уточнений и дополнений, особенно в части требований к ПЭВМ, а также мероприятий по улучшению условий труда по отдельным факторам. Требования к световой среде и электромагнитным излучениям при этом должны быть согласованы с действующими санитарными нормами.

2. В "Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" Р 2.2.2006—05 необходимо внести дополнения и уточнения в раздел 5.4 "Виброакустические факторы" (в части порядка оценки указанных факторов при использовании ПЭВМ в производственных помещениях), а также в раздел 5.6 "Световая среда" (в части применения отдельных нормативных актов на производственное освещение, приведенных в этом документе).

3. Необходимо согласование требований нормативных документов в части характеристик световой среды на рабочих местах пользователей ПЭВМ.

4. Учитывая масштаб применения ПЭВМ, считаем целесообразным разработать методические указания по оценке условий труда пользователей ПЭВМ.

#### Список литературы

1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. СанПиН 2.2.2/2.4.2732—10 Изменения № 3 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.2620—10 Изменения № 2 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (приложение).
4. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 26 апреля 2011 № 342н "Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда".
5. Приказ Минтруда России от 12.12.2012 № 590н "О внесении изменений в "Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда", утвержденного приказом Минздравсоцразвития от 26.04.2011 № 342н.
6. Р 2.2.2006—05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Роспотребнадзором 29.07.2005).
7. СН 2.2.4/2.1.8.562—96 Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278—03 Гигиенические требования к естественному и искусственному освещению жилых и общественных зданий.
9. СНиП 23-05-95—2010 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05—95\*.
10. СанПиН 2.2.4.1.1191—03 Электромагнитные поля в производственных условиях.
11. 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.

## ИНФОРМАЦИЯ

### ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

о Пятом Всероссийском совещании заведующих кафедрами вузов  
по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды  
30 сентября — 6 октября 2013 г., г. Москва

Совещание будет проведено на базе МГТУ им. Н. Э. Баумана и 7 ведущих вузов г. Москвы: Академия государственной противопожарной службы МЧС России, Академия гражданской защиты МЧС России, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, Национальный исследовательский университет "МЭИ", Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Национальный исследовательский университет "Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина", Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС".

#### 1. Тематика совещания

На совещании будут рассмотрены вопросы состояния, проблем и перспектив развития подготовки кадров в области безопасности; содержание и технологии обучения по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" и по образовательным программам направления 280700 — "Техносферная безопасность", учебно-методические вопросы организации учебного процесса в рамках ФГОС ВПО нового поколения.

В период совещания будут проведены методические и лекционные занятия, мастер-классы; участники познакомятся с содержанием и технологиями обучения вузов



г. Москвы. Перед участниками совещания выступят представители Министерства образования и науки РФ, Государственной Думы РФ, ведущие ученые РАН и научных организаций.

Участникам совещания будут выданы удостоверения о повышении квалификации.

К началу работы будут изданы материалы совещания и другие учебно-методические разработки.

1. Для участия в совещании необходимо до 01.06.2013 г. прислать заявку на официальную почту совещания [zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru). Форму заявки можно скачать с сайтов: [www.mhts.ru](http://www.mhts.ru), [www.magbvt.ru](http://www.magbvt.ru).

2. Расходы, связанные с оплатой проезда, питания, проживания, участники совещания несут самостоятельно.

## 2. Проживание в период совещания

Поселение в гостиницу через МГТУ им. Н. Э. Баумана будет осуществляться в соответствии с количеством забронированных мест.

*В случае непредставления информации по проживанию в заявке в указанные сроки (до 01.06.2013 г.) участники совещания размещаются самостоятельно.*

Обращаем Ваше внимание на то, что бронирование (в том числе при отказе от поселения при регистрации участника совещания) является платным и оплачивается участником совещания.

Для самостоятельного решения вопроса размещения в гостинице рекомендуется воспользоваться открытой линией бронирования гостиниц на сайте <http://www.komandirovka.ru>

## 3. Публикации

К началу совещания будет издан сборник материалов совещания. Материалы, представленные к публикации, пройдут экспертизу редакционной коллегии. Стоимость рецензирования и публикации в сборнике включена в стоимость участия в совещании. Наиболее интересные материалы по рекомендации оргкомитета совещания будут опубликованы в ведущих периодических журналах, включенных в перечень Высшей аттестационной комиссии.

Требования к оформлению статей для публикации в сборнике материалов размещены на сайтах [www.mhts.ru](http://www.mhts.ru), [www.magbvt.ru](http://www.magbvt.ru).

Материалы статьи должны быть направлены по адресу электронной почты [zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru) в срок до 25.06.2013 г.

## 4. Оплата участия

1) **Стоимость участия в совещании — 12 000 руб.** включает в себя: папку участника с информационным раздаточным материалом, публикацию в сборнике статей, кофе-брейки, заключительный фуршет, повышение квалификации с выдачей удостоверения, включающее участие в методических занятиях и мастер-классах.

2) **Стоимость участия в совещании — 4000 руб.** включает в себя: папку участника с информационным раздаточным материалом, публикацию в сборнике статей, кофе-брейки, заключительный фуршет.

Участники совещания должны оформить договора на участие в совещании и оказание услуг. Формы соответствующих договоров на оплату участия представлены на сайтах [www.mhts.ru](http://www.mhts.ru), [www.magbvt.ru](http://www.magbvt.ru). Договор № 1 (12 000 руб.). Договор № 2 (4000 руб.).

Оплата производится на счет, указанный в договоре. Участник совещания должен иметь 2 экз. подписанных договора. По окончании совещания участнику будет передан полностью оформленный договор и отчетные документы.

## 5. Анкета участника

Организационный комитет просит участников совещания заполнить и представить в срок до 15.09.2013 г. заполненные анкеты участников. Форма анкеты размещена на сайте [www.mhts.ru](http://www.mhts.ru)

## 6. Контрольные сроки:

1. Представление заявки на участие — до 01.06.2013 г. (на официальную почту совещания [zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru)).

2. Представление материалов (требования к оформлению статей) в сборник статей совещания — до 25.06.2013 г. (на почту совещания [zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru)).

3. Оплата участия в совещании (Договор № 1. Договор № 2) — до 15.09.2013 г. — копия платежного поручения с банковской отметкой ([zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru)).

4. Представление анкеты участника до 15.09.2013 г. ([zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru)).

5. Заезд — 29, 30 сентября 2013 г., отъезд — 6, 7 октября 2013 г.

Подробная программа совещания будет выслана участникам, направившим заявки. Дополнительную и текстовую информацию см. на сайтах: [www.mhts.ru](http://www.mhts.ru), [www.magbvt.ru](http://www.magbvt.ru)

## ЖДЕМ ВАС ПО АДРЕСУ:

г. МОСКВА, 2-я Бауманская, д. 5

Контакты: тел (495) 263-68-93; e-mail: [zav.kaf.bjd-2013@mail.ru](mailto:zav.kaf.bjd-2013@mail.ru)

Подробная информация размещена на сайте [www.mhts.ru](http://www.mhts.ru)

Оргкомитет совещания

## Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии""

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

**ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский пер., 4**

**Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: [bjd@novtex.ru](mailto: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.0

Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор М. Г. Джавадян

Сдано в набор 29.04.13. Подписано в печать 17.06.13. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG713.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

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