



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

9(129)  
2011

**Редакционный совет:**

АКИМОВ В. А.  
БАЛЫХИН Г. А.  
БЕЛОВ С. В.  
ГРИГОРЬЕВ С. Н.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.  
(председатель)  
ПАВЛИХИН Г. П.  
СОКОЛОВ Э. М.  
СОРОКИН Ю. Г.  
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:**

ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАРТАШОВ С. В.  
КАЧАНОВ С. А.  
КАЧУРИН Н. М.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАЛАЯН К. Р.  
МАСТРЮКОВ Б. С.  
МИНЬКО В. М.  
ПАНАРИН В. М.  
ПОЛАНДОВ Ю. Х.  
ПОПОВ В. М.  
СИДОРОВ А. И.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА

**Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М., Драган С. П., Богомолов А. В.** Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм. . . . . 2

**Пиктушанская Т. Е., Акатьев В. А., Радионов И. Ю.** Опыт применения логистической функции для оценки профессионального риска . . . . . 11

### ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ

**Алыков Н. М., Алыкова А. Е., Алыкова Л. Е., Куанышбаева И. С.** Энтеросорбенты из опок Астраханской области . . . . . 17

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

**Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Ахмеров В. В., Шавалиев Р. Р.** Сравнительный анализ возможностей трехмерного моделирования в системе обеспечения промышленной и экологической безопасности. . . . . 23

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Гришагин В. М., Фарберов В. Я.** О комплексной программе развития безопасности образовательных учреждений высшего профессионального образования . . . . . 29

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Ксенофонтов Б. С., Иванов М. В., Геворкян Р. Э.** Флотационная очистка сточных вод с использованием вибровоздействий. . . . . 32

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

**Козин В. М., Погорелова А. В., Рогожникова Е. Г., Верещагин В. Ю.** Повышение эффективности разрушения ледяного покрова судами на воздушной подушке резонансным методом. . . . . 37

**Сулейманов М. Г., Черчинцев В. Д., Тимиргалеева Л. Ш., Радуй М. А.** Оценка вероятности возникновения аварийных ситуаций в энергогенерирующих цехах металлургических предприятий . . . . . 43

### ОБРАЗОВАНИЕ

**Наумов В. С., Васильев А. В., Глебов А. Н., Русак О. Н.** Проект ФГОС ВПО по направлению подготовки Защита окружающей среды (бакалавриат) . . . . . 47

**Приложение. Андреева В. А., Ефремов С. В., Малаян К. Р., Монашков В. В.** Примерная основная образовательная программа высшего профессионального образования для профиля подготовки бакалавров "Безопасность технологических процессов и производств" направления подготовки 280700 "Техносферная безопасность" по ФГОС ВПО. Выпуск 3.

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

УДК 613.644:614.89

*Светлой памяти профессора  
Василия Ивановича СВИДОВОГО (1940–2011) —  
видного ученого в области исследований  
гигиенических аспектов шума и инфразвука*

**В. Н. Зинкин**<sup>1</sup>, д-р мед. наук, проф., ст. науч. сотр., **И. М. Ахметзянов**<sup>2</sup>, д-р мед наук, проф., **С. П. Драган**<sup>3</sup>, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., **А. В. Богомолов**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., зам. нач. центра

<sup>1</sup> Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва;

<sup>2</sup> Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург;

<sup>3</sup> Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна, г. Москва  
E-mail: zinkin-vn@yandex.ru

## Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм

*На примере авиационного и транспортного шума показаны особенности сочетанного действия шума и инфразвука на персонал; сформулированы рекомендации по выбору методов, средств и способов защиты от шума и инфразвука.*

**Ключевые слова:** шум, инфразвук, вредный фактор, средства защиты от шума и инфразвука

**Zinkin V. N., Ahmetzyanov I. M., Dragan S. P., Bogomolov A. V. Physiological effects of the combined action of noise and infrasound**

*On the example of air and traffic noise were studied especially combined effects of noise and infrasound, formulated recommendations on the choice of means and methods of protection against noise and infrasound.*

**Keywords:** noise, infrasound, damage, means protection against noise and infrasound

Неблагоприятное действие шума продолжает оставаться актуальной проблемой на производстве и транспорте, а доля рабочих мест, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму, занимает в РФ первое место среди физических факторов [13].

Известно, что действие акустических колебаний, в спектре которых преобладают частоты звукового диапазона, сопровождается развитием специфической (профессиональной) клинической

патологии в периферическом отделе слухового анализатора в виде нейросенсорной тугоухости (НСТ) и неспецифической (производственно обусловленной) патологии в виде артериальной гипертензии, вегетососудистой дистонии [6, 8]. В настоящее время накоплено достаточно убедительных данных об особенностях действия инфразвука (ИЗ) на организм человека. Установлено, что он способствует формированию у работников заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой и нервной систем, а также органа слуха [1, 2, 6].

Зачастую производственный шум имеет сложный спектральный состав. Учитывая, что в патогенезе неблагоприятного действия шума и ИЗ имеется много общего, можно прогнозировать, что одновременное действие разных акустических диапазонов может сопровождаться изменением (модификацией) клинических проявлений шумовой патологии. Целенаправленных научных исследований в этом направлении не проводилось. Одновременное действие шума и ИЗ представляет не только научный интерес, но и имеет большое практическое значение, так как такое сочетание имеет широкое распространение в промышленности и, особенно, на транспорте (авиационном, железнодорожном, морском и т. д.). Это обусловлено, как правило, наличием нескольких источников шума, высокой энерговооруженностью и крупными габаритами транспортных средств.

Поэтому весьма актуальным является проведение исследований акустической обстановки и ус-



ловий труда на рабочих местах авиационных специалистов и водителей тяжелых грузовиков для выявления особенностей сочетанного действия шума и ИЗ в интересах разработки эффективных средств, способов и методов защиты от такого действия шума и ИЗ.

Известно, что при одновременном или последовательном действии на человека двух и более внешних факторов в медицинской литературе часто используются термины "сочетанное" и "комбинированное". При оценке повреждающего действия под комбинированным действием принято понимать действие на людей факторов различной природы (механической, физической, химической и др.). К сочетанному — относят воздействие факторов, имеющих близкую сущность (шум, инфразвук, ультразвук, вибрация и т. д.). Поэтому в данной работе для оценки одновременного действия шума и инфразвука был выбран термин "сочетанное действие". Кроме того, этимология слова "сочетанное" предполагает "соединение", что приемлемо в данном случае, так как инфразвук и шум объединяет единый источник их образования, но имеются определенные различия как в механизмах действия шума и инфразвука на человека, так и в клинических проявлениях.

#### **Характеристика акустической обстановки на рабочих местах авиационных специалистов и водителей тяжелых грузовиков**

Было проведено исследование акустической обстановки и условий труда на рабочих местах в двух профессиональных группах: инженерно-технический состав авиации (ИТС) и водители тяжелых грузовиков. Измерения шума и ИЗ выполняли в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.050—86 и СН 2.2.4/2.1.8—95 [3, 18]. Для регистрации акустических сигналов использовали следующую аппаратуру: конденсаторные микрофоны фирмы "Брюль и Кьер" тип 4193 и ВМК-201; прецизионный интегрирующий шумомер фирмы "Брюль и Кьер" тип 2250; цифровой регистратор "Gitac A-320" в комплекте с 16-канальным АЦП "Dark-card-16 ЕМІ". Замеры проводили на аэродроме на рабочих местах ИТС при подготовке летательных аппаратов (самолетов, вертолетов) к полетам и в кабинах водителей тяжелых грузовиков.

Результаты измерения уровня звукового давления (УЗД) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 2 до 8000 Гц представлены в табл. 1. Из таблицы следует, что УЗД на рабочих местах ИТС в инфразвуковом диапазоне колебались от 95 до 113 дБ, а у водителей — от 65 до 113 дБ. Во всех случаях максимальные выявленные значения этого показателя превышали предельно допустимый уровень (ПДУ) в октавных полосах 2...16 Гц.

Таблица 1

#### **Диапазон колебания уровня звукового давления на рабочих местах**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Группа обследуемых		ПДУ
	ИТС	Водители	
2	96... <b>104</b>	66... <b>110</b>	100
4	95... <b>112</b>	65... <b>108</b>	95
8	<b>96...113</b>	69... <b>113</b>	90
16	<b>96...112</b>	70... <b>106</b>	85
31,5	96... <b>116</b>	71...99	107
63	<b>97...118</b>	68... <b>97</b>	95
125	<b>98...121</b>	65...86	87
250	<b>101...123</b>	64... <b>87</b>	82
500	<b>102...126</b>	62... <b>90</b>	78
1000	<b>101...127</b>	55... <b>83</b>	75
2000	<b>103...127</b>	53... <b>83</b>	73
4000	<b>101...128</b>	55... <b>83</b>	71
8000	<b>97...123</b>	48... <b>79</b>	69

Примечание. Полужирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДУ.

Минимальные значения УЗД на рабочих местах водителей были ниже ПДУ, а у ИТС они были равны или превышали допустимые значения.

В звуковом (слышимом) диапазоне УЗД на рабочих местах ИТС колебались от 96 до 128 дБ и были выше, чем в области инфразвука, превышая ПДУ практически во всех октавных полосах на 2...46 дБ. На рабочих местах водителей значения этого показателя изменялись в диапазоне от 53 до 99 дБ и были ниже, чем в области инфразвука.

На рабочих местах ИТС при подготовке летательных аппаратов к вылету уровень шума изменяется в зависимости от работы вспомогательного оборудования и этапа прогрева самолетного двигателя. В промежутках между выпусками самолетов ИТС находится в помещении, где уровень шума и инфразвука не превышает ПДУ. Водители тяжелых грузовиков в процессе рабочей смены находятся в кабине при работающих двигателях. Уровни шума на стоянках транспорта соответствуют минимальным значениям, приведенным в табл. 1, и существенно повышаются при движении, достигая максимальных значений при движении и открытых окнах.

С учетом циклограмм выполнения профессиональной деятельности проведены расчеты эквивалентного уровня звука на рабочих местах ИТС и водителей (табл. 2). Эквивалентный уровень звука на рабочих местах ИТС колебался от 94 до 120 дБА и был выше ПДУ на 14...40 дБА, а у водителей он был существенно ниже (70...90 дБА), и только максимальные значения его превышали допустимые значения на 10 дБА. Общий эквивалентный УЗД на рабочих местах ИТС колебался от 117 до 129 дБ Лин и был выше ПДУ на 17...29 дБ Лин, у водите-



Таблица 2

**Интегральные показатели акустической обстановки на рабочих местах**

Показатели	Специальность		ПДУ
	ИТС	Водители	
Эквивалентный уровень воздуха, дБА	<b>94...120 (107)</b>	70... <b>90</b> (80)	80
Общий эквивалентный УЗД, дБ Лин	<b>117...129</b> (123)	77... <b>113</b> (98)	100
Максимум УЗД, дБ	119...128	90...113	—
Октавные полосы, УЗД в которых превышает ПДУ, Гц	125...8000	2...16	—

Примечание. В скобках показаны средние значения акустических показателей, а полужирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДУ.

лей УЗД достигал лишь 77...113 дБ Лин, максимальные значения его превышали допустимые значения до 13 дБ Лин. На рабочих местах ИТС максимум УЗД приходился практически на все октавные частоты звукового диапазона, а у водителей — на инфразвуковой диапазон.

Таким образом, ИТС и водители на своих рабочих местах подвергаются сочетанному воздействию двух вредных факторов — непостоянного широкополосного шума и ИЗ. У ИТС уровни шума и ИЗ достигают высокоинтенсивных значений, так как УЗД превышают 100 дБ практически во всех октавных полосах частот с максимумом акустического спектра в области звукового диапазона от низких до высоких частот. На водителей действует интенсивный шум (УЗД в октавных полосах звукового диапазона не превышают 100 дБ) и высокоинтенсивный инфразвук (УЗД в октавных полосах инфразвукового диапазона превышает 100 дБ) с максимумом акустического спектра в области инфразвуковых частот.

**Гигиеническая оценка условий труда**

При оценке условий труда на рабочих местах руководствовались требованиями Руководства Р 2.2.2006—05 [14]. Расчет статистических показателей профессионального риска по данным заболеваемости проведен с учетом соответствующих рекомендаций [10].

Гигиеническая оценка рабочей среды ИТС показала, что условия труда этих специалистов относятся к вредным и опасным. Так, уровни шума превышают ПДУ на 14...40 дБА, поэтому условия труда по шуму соответствуют классам 3.2—4, по ИЗ (превышение ПДУ на 17...29 дБ Лин) — классам 3.3—4. Условия труда водителей квалифицируются как допустимые и вредные: превышение ПДУ шума до 10 дБА (классы 2—3.2), превышение

ПДУ ИЗ до 13 дБ Лин (классы 2—3.3). Следовательно, на рабочих местах ИТС шум и ИЗ являются более значимыми неблагоприятными факторами по сравнению с водителями.

**Результаты анализа заболеваемости и трудопотерь специалистов, подвергающихся сочетанному воздействию шума и инфразвука**

Оценку заболеваемости проводили по данным медицинской документации. В качестве показателей заболеваемости с временной утратой трудоспособности на 100 работающих использовали число случаев первичной заболеваемости, число случаев трудопотерь и число дней трудопотерь. Углубленное медицинское обследование ИТС проведено в соответствии с утвержденным порядком [12].

Известно, что вредные и опасные факторы, оказывая неблагоприятное действие на организм работающих, приводят к увеличению уровня хронической и общей, производственно обусловленной и профессиональной заболеваемости. Данные по заболеваемости и трудопотерям ИТС и контрольной группы специалистов, находящихся в течение рабочего дня в относительно благоприятных акустических условиях, подтверждают это положение (табл. 3).

Из табл. 3 следует, что в группе ИТС величина показателей общей заболеваемости была выше, чем в контрольной. Так, число случаев первичной заболеваемости у ИТС составило  $66,1 \pm 7,5$  в контрольной группе —  $43,8 \pm 0,6$  ( $p < 0,05$ ), число случаев нетрудоспособности —  $73,3 \pm 11,6$  и  $53,2 \pm 2,9$  ( $p > 0,05$ ), а число дней нетрудоспособности —  $655,3 \pm 44,9$  и  $431,8 \pm 7,2$  ( $p < 0,05$ ) соответственно. Согласно методике оценки заболеваемости [11] величина показателей "число случаев" и "число дней нетрудоспособности" в контрольной группе соответствуют уровню "низкий" и "очень низкий". В группе ИТС эти показатели выше, поэтому они относятся к более высокому уровню заболеваемости — "средний".

Среднее значение показателя "число дней нетрудоспособности" в группе ИТС было достоверно ( $p < 0,05$ ) выше, чем в контрольной группе: в классе болезней нервной системы в 2,4 раза, глаз — 3 раза, уха — 5,4 раза, органов кровообращения — 6,3 раза, органов дыхания — 2,2 раза, органов пищеварения — 2,3 раза, кожи — 3,2 раза.

В структуре заболеваемости преобладают классы болезней органов дыхания (41,1 % в группе ИТС и 29,0 % в контрольной группе), системы кровообращения соответственно 11,4 и 2,8, органов пищеварения — 10,5 и 7,1; кожи и подкожной клетчатки — 6,5 и 3,0, нервной системы — 6,5 и 4,1.

Итак, у ИТС выявлено увеличение общей заболеваемости и заболеваемости по ряду классов болезней,

**Заболеваемость ИТС, подвергающегося воздействию авиационного шума ( $M \pm m$ )\***

Классы болезней	Исследуемая группа	Первичная заболеваемость (число случаев)	Число случаев нетрудоспособности	Число дней нетрудоспособности
Болезни нервной системы	Контрольная ИТС	0,9 ± 0,2 2,9 ± 0,4**	1,4 ± 0,2 4,1 ± 0,1**	17,5 ± 3,4 42,5 ± 5,0**
Болезни глаз	Контрольная ИТС	0,9 ± 0,1 1,4 ± 0,3	0,9 ± 0,2 1,4 ± 0,3	2,9 ± 0,5 8,8 ± 1,7**
Болезни уха	Контрольная ИТС	0,9 ± 0,2 3,6 ± 0,1**	1,3 ± 0,2 8,0 ± 0,2**	9,9 ± 0,3 53,6 ± 1,7**
Болезни органов кровообращения	Контрольная ИТС	0,6 ± 0,5 1,9 ± 0,3**	1,5 ± 0,3 6,5 ± 1,0**	12,0 ± 1,4 75,0 ± 14,2**
Болезни органов дыхания	Контрольная ИТС	30,8 ± 0,2 44,6 ± 4,7	30,8 ± 0,2 45,3 ± 4,3	125,2 ± 12,9 269,7 ± 30,0**
Болезни органов пищеварения	Контрольная ИТС	1,3 ± 0,9 3,2 ± 0,4**	3,0 ± 0,5 4,7 ± 0,3**	30,6 ± 0,7 68,9 ± 7,3**
Болезни кожи	Контрольная ИТС	1,4 ± 0,2 4,0 ± 0,5**	1,5 ± 0,2 5,0 ± 0,8**	13,1 ± 2,1 42,3 ± 6,2**
Всего	Контрольная ИТС	43,8 ± 0,6 66,0 ± 7,5**	53,2 ± 2,9 73,3 ± 11,6	431,8 ± 7,2 655,3 ± 44,9**

\*  $M$  — среднее арифметическое значение показателя по группе;  $m$  — ошибка среднего.  
 \*\* Различия между группами достоверны,  $p < 0,05$ .

что связано с неблагоприятными условиями их труда. Заболевания органа слуха обусловлены специфическим действием высокоинтенсивного шума, а развитие болезней сердечно-сосудистой, нервной и пищеварительной систем — неспецифическим проявлением шумовой патологии [8]. Однако у авиационных специалистов установлен более высокий уровень заболеваемости по таким классам, как болезни органов дыхания, глаз и кожи, что можно объяснить уже прямым воздействием ИЗ на организм человека. Подтверждением последнему являются работы отечественных [7, 17, 19, 20] и зарубежных [23] ученых, в которых было показано, что низкочастотный шум приводит к развитию у человека патологии органов дыхания и других органов и систем.

Таким образом, воздействие авиационного широкополосного шума с выраженной инфразвуковой составляющей сопровождается увеличением уровня как общей заболеваемости, так и болезней, характерных для действия шума и ИЗ, тем самым указывая на феномен суммирования неблагоприятных эффектов при сочетанном влиянии шума и ИЗ.

#### **Профессиональные риски и взаимосвязи заболеваемости специалистов с условиями труда**

Для доказательности профессионального заболевания использовали статистический показатель категория риска профзаболевания ( $K_p$ ), а профес-

сионально обусловленных заболеваний — относительный риск, этиологическая доля, категория и степень связи с работой, которые в соответствии с методическими рекомендациями следует применять [10] для оценки профессионального риска. Применение их позволило дать количественную оценку степени связи заболеваний ИТС с условиями их труда (табл. 4).

Среди всех заболеваний ИТС болезни органов дыхания имеют "малую" связь с работой, болезни глаз и органов пищеварения — "среднюю", болез-

Таблица 4

**Оценка степени связи заболеваний ИТС, подвергающихся воздействию высокоинтенсивного авиационного шума, с работой**

Классы болезней	Относительный риск, ед.	Этиологическая доля, %	Категория связи с работой	Степень связи с работой
Болезни нервной системы	2,9	65	3	Высокая
Болезни глаз	1,5	34	4	Средняя
Болезни уха	5,7	82	1	Почти полная
Болезни органов кровообращения	4,2	76	2	Очень высокая
Болезни органов дыхания	1,4	32	5	Малая
Болезни органов пищеварения	1,5	35	4	Средняя
Болезни кожи	3,3	69	2	Очень высокая



ни нервной системы — "высокую", болезни органов кровообращения и кожи — "очень высокую". Рассчитанные статистические показатели позволяют утверждать, что перечисленные болезни, выявленные у ИТС, являются профессионально обусловленными.

Самую высокую степень связи с условиями работы ИТС имели болезни уха (НСТ) — "почти полная", что характерно для профессиональных заболеваний. На профессиональный характер заболевания указывает и другой статистический показатель — категория риска профзаболевания  $K_p$ . Для диагноза НСТ I—II степени он был высокой ( $K_p = 1$ ), так как эта патология была выявлена у 28 % обследуемых, т. е. превышал нижнюю границу в 10 %, установленную для градации "выявленные случаи профзаболевания" [10]. Для диагноза начальные признаки НСТ, установленного у 20 % ИТС, категория риска профзаболевания была ниже и для градации "выявленные случаи ранних признаков профзаболевания" составила  $K_p = 2$ .

Клиническое обследование ИТС и водителей показало, что среди всех болезней у них доминировали болезни уха — НСТ и артериальная гипертензия (АГ). У 58 % обследованных лиц ИТС выявлены заболевания, имеющие патогенетическую связь с шумом: НСТ установлена у 48 %, артериальная гипертензия — 13 %, дисциркуляторная энцефалопатия — 4 %. У водителей НСТ встречалась в 6,5 % случаев и артериальная гипертензия — 21,5 %.

Таким образом, установлено, что НСТ и АГ занимают ведущее место среди болезней, развивающихся у ИТС и водителей при сочетанном воздействии шума и ИЗ.

На основании полученных математических моделей для НСТ и АГ были определены вероятности развития заболеваний в зависимости от длительности профессионального стажа при работе с шу-

мом, или, иначе, в зависимости от стажевой дозы шума (табл. 5).

Зависимость имеет вид:

$$P_{ji} = \frac{a_{ji} \left\{ 2 - \exp \left[ -\lg \left( \frac{ДШ_{\text{стаж}}}{ДШ_0} \right) \right] \right\}}{1 + \left[ \frac{B + n_{ji} \lg \left( \frac{ДШ_{\text{стаж}}}{ДШ_0} \right)}{B_{0ji}} \right]^{\frac{B_{0ji}}{\sigma_{ji}}}}$$

где  $P_{ji}$  — вероятность (частота встречаемости) появления диагностического патологического признака в группе, подвергшейся воздействию высокоинтенсивного шума,  $j = 1, 2$  — вид заболевания (НСТ и АГ);  $i = 1, 2$  — степень тяжести;  $B$  — средний возраст в группе, год;  $ДШ_{\text{стаж}}$  — накопленная суммарная стажевая доза шума;  $ДШ_0 = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{с}$  — параметр нормирования;  $n_{ji}$  — коэффициент старения организма от интенсивного шумового воздействия;  $a_{ji}$ ,  $B_{0ji}$  и  $\sigma_{ji}$  — коэффициенты, определенные статистическим путем у контрольной группы лиц, не подвергавшейся шумовому воздействию.

Для сравнения в табл. 5 представлены данные по прогностической оценке потери слуха, которые были рассчитаны в соответствии с требованиями стандарта ISO 1999:1990 [26] для среднего значения потери слуха на трех частотах (0,5; 1 и 2 кГц), равному 20 дБ.

Из таблицы следует, что полученные зависимости в целом соответствуют прогностическим оценкам потери слуха, представленным в международном стандарте. Вероятность развития НСТ у водителей при стаже 15 лет и менее не отличается от прогноза ISO (не выше 0,01). Однако при стаже работы 20—25 лет вероятность развития НСТ у этой группы работников значительно увеличивается и существенно превышает прогностические данные ISO. У ИТС вероятность развития НСТ

Таблица 5

Вероятность развития заболеваний у лиц ИТС и водителей

Патология	Группа специалистов	Эквивалентный уровень звука, дБА	Источник данных	Продолжительность работы с шумом, лет				
				5	10	15	20	25
НСТ	ИТС	107	Собственная модель	0,25	0,41	0,65	0,82	1,00
			ISO 1999:1990	0,23	0,43	0,57	0,70	0,79
	Водители	80	Собственная модель	—	—	0,01	0,13	0,25
			ISO 1999:1990	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03
АГ	ИТС	107	Собственная модель	0,04	0,14	0,32	0,56	0,88
	Водители	80	Собственная модель	0,02	0,05	0,15	0,25	0,45

при продолжительности работы 5—10 лет практически соответствует оценкам ISO. Однако при стаже работы свыше 15 лет она также превышает их, а с увеличением стажа эта разница становится большей. Вероятность появления АГ у водителей в течение первых 10 лет работы незначительная. В последующем она увеличивается, достигая максимальных значений 0,45 при стаже 25 лет. У ИТС этот показатель имеет такую же динамику развития, но вероятность события приблизительно в два раза выше.

Таким образом, исследование вероятности развития НСТ показало, что при одновременном воздействии шума и инфразвука эффект кумуляции (суммирования) их неблагоприятного воздействия на орган слуха проявляется после 10-летней продолжительности работы. Вероятность развития НСТ у ИТС значительно выше, чем у водителей, что объясняется тем, что в акустическом спектре на рабочих местах у первых преобладают частоты звукового диапазона высокого уровня, а УЗД значительно выше, чем у водителей. Это совпадает с современными представлениями о механизмах повреждающего действия шума на орган слуха, в соответствии с которыми нарушения в кортиево-м органе увеличиваются с ростом частоты и уровня звука.

В свою очередь, экспериментально установлено, что длительное действие ИЗ приводит к необратимым изменениям в кортиево-м органе, при этом страдает слуховая чувствительность на низких частотах [9]. Поскольку орган слуха является критическим органом как для шума, так и для инфразвука, можно ожидать потенцирования повреждения при одновременном действии шума и инфразвука. При этом эффект будет более выраженным, если в широкополосном спектре будут превалировать частоты звукового диапазона.

Из табл. 5 видно, что одновременное действие шума и ИЗ влияет и на формирование АГ. Вероятность ее развития в обеих группах увеличивается со стажем работы. У водителей вероятность развития АГ на всех этапах выше, чем для ИТС, достигая достаточно высоких значений (0,45) при стаже работы 25 лет. Из этого следует, что если на человека действует широкополосный шум, который содержит максимум спектральной плотности мощности в области инфразвука, то сердечно-сосудистая система оказывается более чувствительной, чем орган слуха, и на ведущее место выходит механизм неспецифического действия акустических колебаний.

Полученные данные подтверждают полученные результаты о патологическом действии ИЗ на сосудистую и вегетативную нервную систему, сопро-

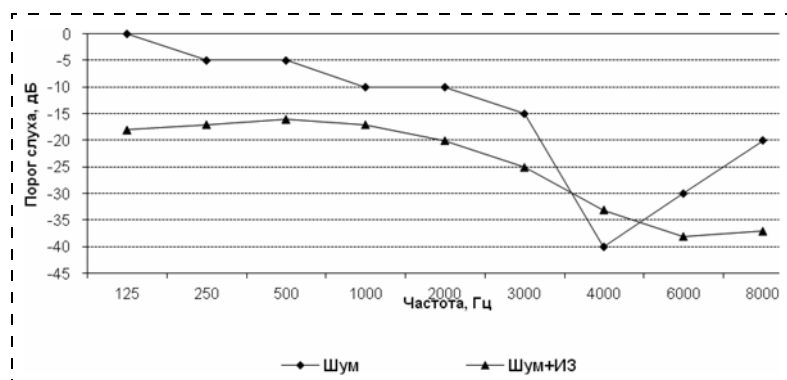
вождающимся повышением тонуса сосудов и артериального давления [1, 2]. Если учесть тот факт, что шум тоже рассматривается в качестве фактора риска гипертонической болезни [21, 22], то можно прогнозировать при одновременном (сочетанном) действии высокоинтенсивного шума и ИЗ возрастание частоты встречаемости этой патологии. Этим объясняется, почему вероятность развития АГ у ИТС оказалась практически в два раза выше по сравнению с водителями. Следовательно, при сочетанном действии шума и ИЗ наблюдается феномен ускоренного развития АГ, особенно если в широкополосном спектре превалируют частоты инфразвукового диапазона.

Таким образом, сочетанное воздействие шума и ИЗ на рабочих местах можно расценивать как отягощающее обстоятельство, требующее более внимательного отношения к оценке состояния здоровья работников, разработки доступных методов и критериев его оценки. К таковым может быть отнесена тональная пороговая аудиометрия и кефалография, с помощью которых можно установить, как было показано в работе [15], на сравнительно ранних этапах наличие признаков сочетанного воздействия шума и ИЗ со стороны слухового и вестибулярного анализаторов.

#### **Сочетанное действие шума и инфразвука на слуховой и вестибулярный анализаторы**

Известно, что для аудиологической кривой при "изолированном" воздействии шума характерно резкое повышение порогов слуха в диапазоне высоких частот (3000...8000 Гц) с максимумом (до 40 дБ) на частоте 4000 Гц ("провал"). При этом в области низких и средних частот повышение порогов слуха не превышает, как правило, 10 дБ, что соответствует пределам физиологических колебаний (рис. 1). Рельеф аудиологической кривой при сочетанном действии ИЗ и шума существенно отличается от типичной для шумовой патологии аудиограммы с "провалом" на 4000 Гц. Он имеет пологий или ступенчато-нисходящий вид и характеризуется равномерным повышением порогов слуха по всему частотному диапазону как в низкочастотном (125...500 Гц) до 20 дБ, так и, в большей степени, в высокочастотном (4000...8000 Гц) — от 30 до 40 дБ.

Выявленное нарушение слуха на низких частотах позволяет предположить, что это было вызвано действием ИЗ, а "провал" на высоких частотах — за счет влияния высокочастотных составляющих. Компонент тугоухости, возникающий при воздействии ИЗ и шума, развивается в основном за счет первого из указанных факторов, второй усиливает развитие процесса. По-видимому, в основе этого феномена лежат нарушения в структурах органа



Аудиограммы при воздействии акустических колебаний различных частот

слуха при воздействии ИЗ в виде застойной гиперемии барабанной перепонки, слуховых косточек и слизистой оболочки среднего уха с последующим их утолщением и нарушением подвижности.

Близкое анатомическое расположение вестибулярного аппарата с улиткой, где находятся рецепторы, воспринимающие звук, заставляют обратить внимание на вестибулярный анализатор. При действии ИЗ отмечается появление субъективных ощущений (головокружение, тошнота, нарушение равновесия) и объективных признаков (снижение статокINETической устойчивости, нистагм), свидетельствующих о реакции анализатора. В исследованиях на добровольцах выявлено, что действие ИЗ со стороны вестибулярного анализатора вызвало увеличение протяженности и меры рассеивания кефалографических кривых. Эти нарушения могут быть следствием прямого действия данного фактора как на вестибулярный анализатор, так и на экстралабиринтные отделы (стволовую и мозжечковую части) и на сосудистую систему головного мозга. Между тем, при сочетанном влиянии шума и инфразвука изменения показателей кефалограммы носят менее выраженный характер, что, по-видимому, свидетельствует о маскирующем действии шума.

Итак, анализ полученных данных позволяет сделать заключение, что авиационный шум по сравнению с транспортным шумом оказывает более выраженное специфическое и неспецифическое действие на обслуживающий персонал. С этим положением согласуются и результаты других авторов, которые установили, что при равных уровнях авиационный шум вызывает чувство раздражения у гораздо большего числа обследуемых по сравнению с шумом от автомобильного и железнодорожного транспорта [12, 24, 25, 27]. Последнее можно объяснить сочетанием в спектре авиационного шума высоких частот звукового диапазона и инфразвука, действие каждого из которых сопровождается неприятными субъективными ощущениями.

## Рекомендации по защите от шума и инфразвука

В соответствии с требованиями по технике безопасности на рабочих местах, где не удается добиться снижения шума до ПДУ техническими средствами или это невозможно по технико-эксплуатационным соображениям, следует применять средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума. Основное предназначение последних — перекрыть пути проникновения акустических колебаний в организм. Между тем количество работающих, страдающих от неблагоприятного воздействия шума, не уменьшается.

Одной из ведущих причин этого является недостаточная эффективность существующих СИЗ от шума и отсутствие таковых для защиты от инфразвука.

Выбор СИЗ от шума рекомендуется производить применительно к характеру спектра и уровню шума на рабочих местах. Для защиты органа слуха от шума до 100 дБА необходимо использовать один из типов противошумов: втулки, вкладыши, тампоны или наушники. При уровнях свыше 100 дБА для защиты органа слуха целесообразно применять противошумные наушники в комбинации с другими типами противошумов. Перечисленные СИЗ предназначены для защиты органа слуха от средне- и высокочастотных звуков, так как именно в диапазоне частот от 1 до 8 кГц табельные противошумы обеспечивают ослабление звука на 20...40 дБ. На частотах ниже 500 Гц многие наушники и вкладыши малоэффективны (ослабление звука не превышает 0...15 дБ), а значит, они не полностью защищают работающих от неблагоприятного действия низкочастотного шума [16].

При уровнях шума свыше 110 дБА необходима защита не только органа слуха, но и головы, чтобы обеспечить уменьшение влияния высокоинтенсивного шума на костный путь проведения звука. Поэтому рекомендуют использовать дополнительно противошумный шлем.

При уровнях шума свыше 125 дБА необходима защита не только органа слуха и головы, но и грудной клетки, и брюшной полости, чтобы обеспечить их защиту от "воздушной вибрации". С этой целью следует дополнительно использовать противовибрационные средства (ботинки и пояса) и противошумный костюм [5]. Однако последнее СИЗ от шума отсутствует, если не считать упоминание о нем в ГОСТ 12.1.029—80 и некоторых публикациях.

В настоящее время защита от авиационного шума представляет большую проблему, что обусловлено его акустическими особенностями. Во-



первых, авиационный шум широкополосный и представлен во всем частотном звуковом диапазоне с максимумом уровня звукового давления в области средних и высоких частот. Во-вторых, проблема защиты усугубляется наличием в спектре его низкочастотных составляющих и ИЗ, обладающих высокой проникающей способностью и оказывающих влияние на организм человека как через слуховой анализатор, так и за счет непосредственного (прямого) воздействия на все органы и ткани. В связи с отсутствием СИЗ от инфразвука при действии авиационного шума, в спектре которого инфразвуковые частоты превышает УЗД 100 дБ, рекомендуется использовать комбинацию противошумов для органа слуха, головы и тела [5].

Важная роль в обеспечении защиты персонала на рабочих местах от высокоинтенсивного шума (уровнем свыше 110...125 дБА), наряду с использованием СИЗ, принадлежит организационно-техническим мероприятиям по оптимизации условий профессиональной деятельности (применение коллективных средств защиты, снижение продолжительности пребывания в зоне шума, чередование периодов работы с отдыхом и др.) [4]. Необходимо учитывать, что периоды работы, связанные с обслуживанием производственного оборудования ("активный период акустической нагрузки"), чередуются с деятельностью, не связанной с обслуживанием источников шума ("пассивный период акустической нагрузки"). В это время важно создать комфортные акустические условия и можно проводить реабилитационные мероприятия.

Таким образом, использование СИЗ от шума является наиболее эффективным способом борьбы с авиационным шумом, поскольку защита органа слуха предупреждает развитие НСТ и нарушения в других органах и системах организма. Выбор СИЗ от шума должен производиться на основании гигиенической оценки акустической обстановки на рабочих местах авиационных специалистов. Отсутствие эффективных табельных средств коллективной и индивидуальной защиты от авиационного шума и ИЗ требует проведения дальнейших исследований в этом направлении с целью разработки новых средств, способов и методов защиты.

В заключение следует отметить, что одновременное наличие шума и инфразвука на рабочих местах инженерно-технического состава и водителей тяжелых грузовиков необходимо рассматривать как сочетанное воздействие двух вредных производственных факторов, что способствует ухудшению условий труда.

Неблагоприятные условия труда инженерно-технического состава (класс 3.2—4) и водителей тяжелых грузовиков (класс 3.1—3.2) приводят к

увеличению хронических и профессиональных заболеваний.

Сочетанное действие шума и инфразвука вызывает у работающих заболевания, характерные как для шума, так для инфразвука, что указывает на суммирование вредного действия этих физических факторов. Наиболее высокую связь с условиями работы имели нейросенсорная тугоухость (профессиональное заболевание) и артериальная гипертензия (производственно обусловленное заболевание).

Сочетанное действие шума и инфразвука приводит к понижению восприятия звуков практически во всем диапазоне исследуемых частот. Рельеф аудиологической кривой имеет пологий или ступенчато-нисходящий вид. Вероятность развития патологии органа слуха выше значений, установленных ISO 1999:1990, что указывает на потенцирующий эффект неблагоприятного действия этих физических факторов.

При сочетанном действии шума и инфразвука с максимумом спектра в области звукового диапазона будет преобладать вероятность развития нейросенсорной тугоухости. Если максимум спектра приходится на инфразвуковой диапазон, то увеличивается вероятность развития неспецифической патологии в виде артериальной гипертензии.

Изменения показателей кефалограммы имеют менее выраженный характер при сочетанном действии шума и инфразвука на вестибулярный анализатор, что можно объяснить маскирующим эффектом шума.

Наличие частот инфра- и звукового диапазонов в спектре авиационного шума в сочетании с высоким их уровнем должно быть учтено при выборе средств и способов защиты. На рабочих местах при уровне шума до 100 дБА целесообразно использовать противושумные наушники для защиты органа слуха, свыше 100 дБА — комбинацию противושумов для защиты органа слуха, свыше 110 дБА — комбинацию СИЗ органа слуха и головы, свыше 125 дБА — комбинацию противושумов органа слуха, головы и тела.

#### Список литературы

1. Ахметзянов И. М., Зинкин В. И., Иванченко А. В. и др. Медицинские последствия влияния низкочастотного акустического шума на организм // Проблемы профилактики, диагностики, лечения экстремальных состояний. — М., 1994. — С. 116—121.
2. Ахметзянов И. М., Гребеньков С. В., Ломов О. П. Шум и инфразвук. Гигиенические аспекты. — СПб.: Бип, 2002. — 100 с.
3. ГОСТ 12.1.050—86. Методы измерения шума на рабочих местах.
4. Зинкин В. Н., Миронов В. Г., Миронова Т. А. Актуальные вопросы шумовой патологии // Передовые мед. технологии практическому здравоохранению. — СПб., 2008. — С. 252—254.



5. **Зинкин В. Н., Свидовый В. И., Ахметзянов И. М.** и др. Обоснование выбора средств индивидуальной защиты для профилактики патологии у авиационных специалистов // Актуальные проблемы защиты и безопасности. — СПб., 2007. — Т. 6. Медико-биологические проблемы. — С. 172—177.
6. **Зинкин В. Н., Солдатов С. К., Шешегов П. М.** и др. Авиационный шум как основной фактор повышенной заболеваемости инженерно-технического состава // Здоровье населения в современной среде обитания. — СПб., 2006. — С. 108—110.
7. **Измеров Н. Ф., Суворов Г. А., Куралесин И. А.** и др. Инфразвук как фактор риска здоровью человека (гигиенические, медико-биологические и патогенетические механизмы). — Воронеж, 1998. — 275 с.
8. **Измеров Н. Ф., Суворов Г. А., Прокопенко Л. В.** Человек и шум. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. — 384 с.
9. **Карпова Н. И., Малышев Э. И.** Низкочастотные акустические колебания на производстве. — М.: Медицина, 1981. — 192 с.
10. **Методические рекомендации по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров / ГУ НИИ медицины труда РАМН.** — М., 2006. — 17 с.
11. **Ноткин Е. Л.** Об углубленном анализе данных заболеваемости с временной нетрудоспособностью // Гигиена и санитария. — 1979. — № 5. — С. 40—46.
12. **О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии: Приказ Минздравмедпрома РФ от 14.03.1996 г. № 90.**
13. **О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году: Государственный доклад.** — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. — 456 с.
14. **Р 2.2.2006—05.** Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
15. **Свидовый В. И., Ахметзянов И. М., Зинкин В. Н.** и др. Влияние сочетанного шума и инфразвука на слуховой и вестибулярный анализаторы // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И. И. Мечникова. — 2006. — № 3. — С. 69—73.
16. **Свидовый В. И., Зинкин В. Н., Ахметзянов И. М.** Требования к выбору средств индивидуальной защиты от высокоинтенсивных акустических колебаний // Актуальные вопросы повышения работоспособности и восстановления здоровья военнослужащих и гражданского персонала в условиях чрезвычайных ситуаций. — СПб., 2006. — С. 285—286.
17. **Свидовый В. И., Зинкин В. Н., Солдатов С. К.** и др. Особенности условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава авиации // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И. И. Мечникова. — 2006. — № 2. — С. 46—49.
18. **СН 2.2.4/2.1.8—95.** Гигиеническая оценка физических факторов производственной и окружающей среды.
19. **Солдатов С. К., Зинкин В. Н., Ворона А. А.** и др. Диагностика патологических изменений у инженерно-технического состава, подвергающегося воздействию высокоинтенсивного шума при обслуживании авиационной техники // Вестник Российской военно-медицинской академии. — 2005. — Прил. № 1 (14). — С. 301—302.
20. **Солдатов С. К., Кукушкин Ю. А., Зинкин В. Н.** и др. Методическое обеспечение оценивания и прогнозирования работоспособности операторов, подвергающихся воздействию авиационного шума // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 4. — С. 11—20.
21. **Ушаков И. Б., Зинкин В. Н., Солдатов С. К.** и др. Влияние высокоинтенсивного авиационного шума на показатели гемодинамики инженерно-технического состава военно-воздушных сил // Военно-медицинский журнал. — 2007. — № 1. — С. 52—57.
22. **Цфасман А. З., Старых И. Ф., Журавлева Г. Н.** и др. Профессиональные аспекты гипертонической болезни: учебное пособие. — М., 1987. — 96 с.
23. **Castelo Branco N. A. A., Alves-Pereira M.** Vibroacoustic disease — current concepts // 11-th International Congress on Sound and Vibration. — СПб., 2004. — P. 1775—1782.
24. **Crocker M. J.** Introduction to community noise and vibration prediction and control // Защита населения от повышенного шумового воздействия / III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием "Защита населения от повышенного шумового воздействия". / Балтийский гос. тех. ун-т (Военмех). — СПб., 2011. — С. 33—58. — 1 электрон. опт. диск.
25. **Finegold L. S., Harris S. C., von Gierke H. E.** Community annoyance and sleep disturbance: updated criteria for assessing the impacts of general transportation noise on people // Noise Control Eng. J. — 1994. — Vol. 42, N 1. — P. 25—30.
26. **ISO 1999:1990.** Acoustics Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. — Geneva: ISO, 1990. — 17 p.
27. **Miedema H. M. E., Vos H.** Exposure-response relationships for transportation noise // J. Acoust. Soc. Am. — 1998. — Vol. 104, N 6. — P. 3432—3445.

*Информация*

**Межрегиональная специализированная выставка**

**"Нефть. Газ. Экология. Энерго-2011"**

**9—11 ноября 2011 г.**

**г. Якутск СК "Модун", ул. Кирова, 20/1.**

**Организаторы:** Правительство Республики Саха (Якутия), торгово-промышленная палата Республики Саха (Якутия), Министерство промышленности Республики Саха (Якутия), а также Выставочная компания "СибЭкспоСервис-Н", 630090, Новосибирск, пр. Коптюга, 4, оф. 113

**Тел./факс: (383) 335-63-50 (многоканальный)**

**E-mail: ses@avmail.ru**



УДК 613.6: 331.4: 616.057

**Т. Е. Пиктушанская**, канд. мед. наук, Центр восстановительной медицины и реабилитации № 2 Ростовской области, г. Шахты, **В. А. Акатьев**, д-р техн. наук, Российский государственный социальный университет, г. Москва, **И. Ю. Радионов**, канд. мед. наук, Управление медико-социальной защиты МВД России, г. Москва  
E-mail: akatiev07@mail.ru

## Опыт применения логистической функции для оценки профессионального риска

*Вероятность возникновения профессиональных заболеваний у шахтеров-угольщиков различных групп профессий в зависимости от стажа их работы описывается логистической зависимостью, характеризующейся значениями критического стажа и критического интервала стажа, в пределах которого происходит резкий рост вероятности возникновения профессиональных заболеваний. Предложена методика, позволяющая производить оценку критического, а также допустимого стажа работы во вредных условиях труда. Установлено, что за период 1998–2007 гг. происходило уменьшение значений критического стажа.*

**Ключевые слова:** профессиональный риск, профессиональная заболеваемость, математическая модель, логистическая функция, критический стаж

**Piktushanskaya T. E., Akatiev V. A., Radionov U. Yu.** Experience of application of logistical function for the professional risk estimation

*The probability of occurrence of occupational diseases at miners-coal miners of various groups of trades depending on the experience of their work is described by the logistical dependence characterized by values of the critical experience and a critical interval of the experience in which limits there is a sharp growth of probability of occurrence of occupational diseases. The technique, allowing to make an estimation critical, and also the admissible experience of work in harmful working conditions is offered. On the basis of the data for the ten years' period 1998–2007 it is revealed that during this period there was a reduction of values of the critical experience by ten and more years, caused by deterioration of working conditions and systems of mediko-preventive maintenance of workers of the coal industry. Regional distinctions of professional risk at miners — the coal miners, depending on a way of coal output are revealed.*

**Keywords:** professional risk, occupational diseases, mathematical model, logistical function, critical length of service

Важнейшим критерием благополучия общества является состояние здоровья населения, уровень которого определяется социально-экономическими условиями, условиями труда и быта, состоянием окружающей среды, а также эффективностью функционирования здравоохранения.

В современной России к числу групп наиболее высокого риска по показателям заболеваемости и смертности относится население трудоспособного возраста. При этом в значительной степени указанные показатели прямо или косвенно связаны с неудовлетворительными условиями труда, а наиболее высокий уровень профессиональной заболеваемости регистрируется у подземных работников в угольной промышленности (более 30 человек на 10 000 работающих).

Условия труда подземных рабочих в угольной отрасли промышленности характеризуются высокой запыленностью, интенсивным шумом и вибрацией, неблагоприятным микроклиматом. Параметры перечисленных вредных факторов значительно превышают гигиенические нормативы и являются причиной развития у шахтеров профессиональных заболеваний: пневмокониозов, пылевого бронхита, профессиональной тугоухости, вибрационной болезни.

Новая парадигма охраны труда, получившая признание во второй половине XX столетия, исходит из положения о невозможности достижения нормативных значений факторов производственной среды и, следовательно, достижения "нулевого риска" на рабочем месте при современном уровне развития техники и производственных технологий [1]. Это послужило стимулом для разработки методологических основ оценки профессиональных рисков.

Общая концепция, принципы и методы оценки профессионального риска как вероятностных нарушений состояния здоровья за время работы сформулированы за последние 20 лет в работах НИИ медицины труда РАМН [2]. Несмотря на определенные успехи в решении этой проблемы, способы оценки профессиональных рисков нуж-



даются в дальнейшем совершенствовании. С позиции медицины труда профессиональный риск можно определить как вероятностные нарушения здоровья под воздействием факторов рабочей среды и трудового процесса за время их воздействия (трудового стажа). При этом оценка условий труда по гигиеническим критериям (по уровню априорного риска) выполняется априори, а показатели, характеризующие фактические проявления в нарушении здоровья (профессиональной заболеваемости), относятся к категории апостериорного (фактического) риска. Так, например, в страховых тарифах на обязательное социальное страхование от профессиональных заболеваний в качестве показателей профессионального риска применяется фактический уровень профессиональной заболеваемости на рабочем месте.

Источником информации о фактическом уровне заболеваний являются периодические медицинские осмотры (ПМО). С 1985 г. в России функционирует Автоматизированная информационная система (АИС) "Профессиональные заболевания", в базу данных которой заносится информация о лицах с впервые установленным диагнозом профессионального заболевания.

В структуре профессиональных заболеваний преобладают заболевания, связанные с воздействиями на работников физических факторов (43,2 %), промышленных аэрозолей (21,4 %), воздействиями физических перегрузок и перенапряжениями отдельных органов и систем (18,5 %), воздействиями химических (7,7 %) и биологических (5,2 %) факторов.

Ведущими формами профессиональных заболеваний являются заболевания органов дыхания, вибрационная болезнь, тугоухость, заболевания опорно-двигательного аппарата.

Для описания вероятности возникновения профессионального заболевания в зависимости от уровня и длительности воздействия вредных производственных факторов используется логистическая зависимость "доза—эффект", которая моделирует кривую роста вероятности заболевания по мере изменения факторов риска — группа профессии, стаж работы и возраст работника.

С использованием логистической функции успешно моделируются профессиональные риски [3, 4].

При оценке профессионального риска важно объективно учитывать экспозицию, т. е. влияние длительности воздействия вредных условий. Поскольку в современных условиях величина вредного фактора часто не известна или недостаточно объективна, то мерой вредного воздействия может служить интервал времени воздействия, т. е. стаж работы, который суммирует не только случайные

вариации уровней основного вредного фактора в течение всего периода трудовой деятельности, но и весь комплекс воздействия других сопутствующих факторов.

Логистическая функция в качестве математической модели была положена в основу методики анализа риска профессиональных заболеваний шахтеров-угольщиков [3—6]. В указанной методике при рассмотрении вероятности (как логистической функции "доза—эффект") возникновения профзаболеваний в зависимости от трудового стажа за аналог "дозы" принят трудовой стаж, а за аналог "эффекта" — вероятность возникновения профессионального заболевания.

Для кривой вероятности  $P_r$  возникновения профзаболевания (рис. 1) в зависимости от трудового стажа можно выделить два характерных параметра. Первый параметр — это стаж, при котором вероятность оценивается значением 50 %, называемый "критическим стажем". Он является независимым параметром, характеризующим связь вероятности возникновения заболевания с воздействием фактором. Вторым независимым параметром — критический интервал стажа  $\Delta t_k$ , в пределах которого происходит резкий рост вероятности возникновения профессиональных заболеваний. Границы критического интервала стажа определяются длиной отрезка проекции касательной в интервале от 0 до 100 %. Этот отрезок тем меньше, чем больше наклон касательной к кривой в точке, где значение вероятности равно 50 %. Этот наклон характеризуется тангенсом угла между касательной и осью абсцисс [3—6].

Математическое выражение вероятности возникновения профессионального заболевания представляется в виде [4]:

$$P_r = \frac{100}{1 + \exp\left(-\frac{4(t - t_k)}{\Delta t_k}\right)},$$

где  $P_r$  — вероятность возникновения профзаболевания, %;  $t$  — трудовой стаж, год;  $t_k$  — критический стаж или стаж, при достижении которого вероятность возникновения профзаболевания оценивается величиной 50 %;  $\Delta t_k$  — критический интервал стажа — длина проекции (на ось абсцисс) касательной к кривой вероятности в интервале значений  $P_r$  от 0 до 100 %.

Вероятность возникновения профессионального заболевания может принимать значения в пределах от 0 до 100 % (см. рис. 1). Вблизи предельных значений функция вероятности  $P_r$  асимптотически приближается к своим предельным

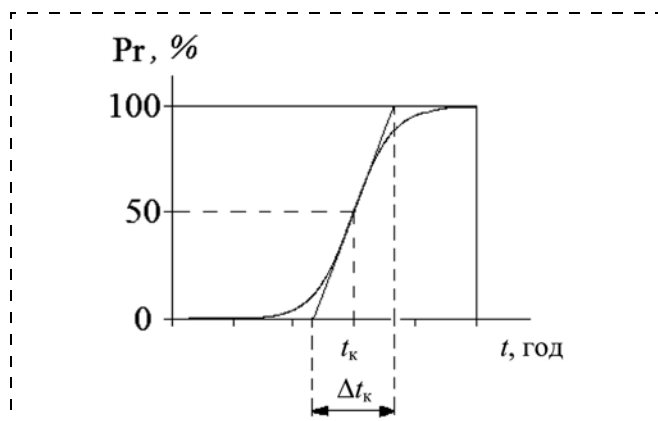


Рис. 1. Вероятность возникновения профзаболевания

значениям, вблизи нулевых значений аргумента имеет слабый рост, а от значений 10...15 % стремительно растет по линейному закону до значений 70...80 %, после чего она, замедляясь, стремится к своему максимальному значению 100 %.

По результатам исследований статистической информации о возникновении профессиональных заболеваний у шахтеров разных групп профессий и разных возрастных и стажевых групп, характеризующихся разными значениями  $t_k$  и  $\Delta t_k$ , можно построить семейство логистических кривых (вероятностей получения профессиональных заболеваний) в зависимости от стажа работы  $t$  в шахте (рис. 2). При этом значения  $t_k$  и  $\Delta t_k$  определяются по результатам исследований и обработки материалов периодических медицинских осмотров и баз данных АИС "Профессиональные заболевания".

Способ и методика оценки профессионального риска на основе моделирования профзаболеваний подробно изложены в методических рекомендациях "Оценка профессионального риска на основе ма-

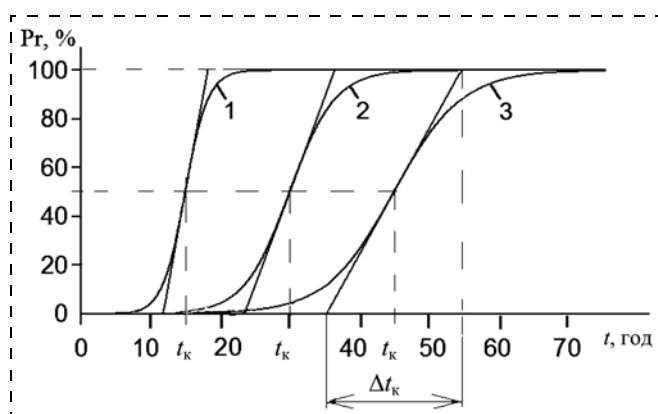


Рис. 2. Определение критического трудового стажа и критического интервала стажа:

1 —  $t_k = 15$  лет,  $\Delta t_k = 6,5$ ; 2 —  $t_k = 30$  лет,  $\Delta t_k = 13$ ; 3 —  $t_k = 45$  лет,  $\Delta t_k = 20$

тематического моделирования профессиональной заболеваемости", утвержденных Научным Советом "Медико-экологические проблемы здоровья работающих" при НИИ медицины труда РАМН 26 февраля 2009 г. [4]. На разработанный способ оценки профессионального риска получен патент на изобретение № 2401070, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений РФ 10 октября 2010 г. [5]

**Оценка профессионального риска.** Для такой оценки в качестве исходных данных были приняты результаты периодических медицинских осмотров горнорабочих очистного забоя (ГРОЗ) и проходчиков по угольной промышленности Ростовской области с разбивкой их на группы по профессиям, возрасту и стажу, поскольку для этих подземных профессий все формы профессиональных заболеваний являются лидирующими. Следует отметить, что по всем нозологическим формам заболеваемость достоверно выше у ГРОЗ, чем у проходчиков. Так, заболеваемость ГРОЗ вибрационной болезнью достигала  $40,2 \pm 1,6$  вновь выявленных больных на 1000 осмотренных против  $32,7 \pm 1,6$  — у проходчиков. Заболеваемость пневмокониозом, пылевым бронхитом у ГРОЗ составила  $13,0 \pm 0,9$  и  $40,2 \pm 1,6$  на 1000 осмотренных соответственно, в то время как у проходчиков —  $10,2 \pm 0,3$  и  $30,9 \pm 1,8$ , соответственно. Различия статистически достоверны. Радикулопатией также достоверно чаще болеют ГРОЗ ( $44,8 \pm 1,6$ ) по сравнению с проходчиками ( $33,4 \pm 1,6$ ).

Профессиональная заболеваемость шахтеров в остальных профессиональных группах, как правило, на порядок ниже по сравнению с заболеваемостью ГРОЗ и проходчиков.

Были оценены значения вероятности заболеваний  $Pr$  для каждого профессионального заболевания в каждой профессиональной и стажевой группе шахтеров в среднем за пятилетний период. В соответствии с математической моделью (логистической функцией  $Pr$  вероятности заболевания в зависимости от длительности стажа  $t$ ) проведен анализ имеющихся данных на основе построения регрессионных зависимостей, характеризующих степень линейной корреляции.

Полученные результаты показали, что для ГРОЗ и проходчиков характер зависимости от стажа практически одинаков. При этом достоверность полученной аппроксимации достаточно надежна (коэффициент корреляции  $r \sim -0,995 \pm 0,005$  для уравнения регрессии). Значения критического стажа у ГРОЗ и проходчиков также почти не различались и были существенно меньше, чем в других профессиональных группах.



Таким образом, представилось возможным дифференцировать различные профессии по критерию "критический стаж". Метод оценки вероятностей профзаболеваний на основе логистической функции в последнее время применялся для оценки вероятностей возникновения заболеваний от воздействия химических и физических факторов (пыли, шума, вибрации), а также от физического перенапряжения, например, для оценки рисков возникновения таких болезней как профессиональная тугоухость, вибрационная болезнь, пневмокониоз, пылевой бронхит и радикулопатия.

**Оценка допустимого (безопасного) стажа.** Для практического применения в охране труда особую ценность имеет такая характеристика безопасности труда как **допустимый стаж**, т. е. безопасный стаж (при прошествии которого появляются начальные признаки воздействия вредного фактора). При этом следует подчеркнуть, что критический стаж  $t_k$  не является допустимым стажем  $t_d$ . Его смысл состоит в том, что он определяет диапазон значений стажа, в пределах которых происходит резкий рост вероятности возникновения профессиональных заболеваний. Однако значение критического стажа  $t_k$  может быть использовано для оценки величины допустимого стажа  $t_d$  работы во вредных условиях.

С этой целью необходимо принять некоторое значение вероятности  $Pr(t_d)$ , которое соответствовало бы требуемому значению допустимого стажа. Так, будем считать, что если принять вероятность возникновения заболеваний, равную 1 %, в качестве "приемлемого" значения вероятности возникновения того или иного заболевания, то допустимый стаж составит 0,5 от значения критического стажа  $t_k$ , а для вероятности 5 % — допустимый

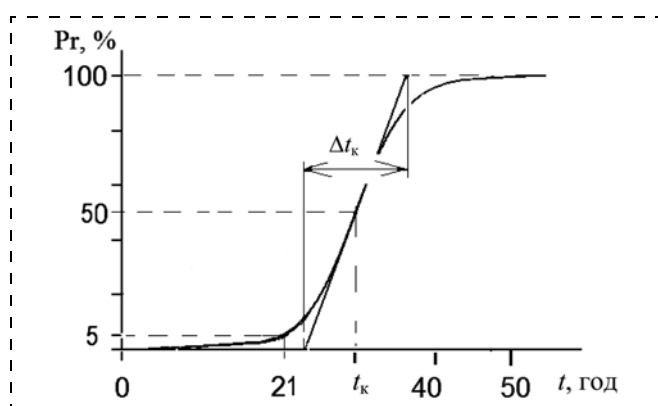


Рис. 3. Определение допустимого трудового стажа: для кривой ( $t_k = 30$  лет,  $\Delta t_k = 13$ ) по графику, при условии, что вероятность возникновения заболевания не превышает 5 %, допустимый трудовой стаж равен:

$$t_d = 30 \cdot 0,7 = 21 \text{ год}$$

стаж составит 0,7 от значения  $t_k$ . Например, если величина критического стажа, при котором вероятность возникновения заболевания оценивается величиной 50 %, равна 30 годам, то величина стажа, при котором вероятность возникновения заболевания оценивается величиной 5 %, — 21 год, что составляет 70 % от критического стажа в 30 лет (рис. 3).

Таким образом, параметры "критический стаж" и "критический интервал стажа" логистической кривой позволяют при известном значении приемлемой вероятности возникновения заболевания оценить продолжительность безопасной работы во вредных условиях.

**Оценка изменения критического стажа в динамике за десять лет.** С использованием данных о заболеваниях за сравнительно длинный промежуток времени можно устанавливать изменения характеристик логистической функции (интервал критического стажа, критический стаж) и выявлять изменения сроков возникновения того или иного заболевания с учетом изменения условий труда. Это позволяет прогнозировать не только общую тенденцию изменения уровней профессиональной заболеваемости, но и предполагать возможные сроки развития того или иного заболевания в конкретной профессии.

Анализ многолетних данных показал, что практически все значения критического стажа  $t_k$ , как правило, изменились в течение прошедшего десятилетия в сторону уменьшения, что свидетельствует о сокращении сроков развития всех профессиональных заболеваний у шахтеров за рассматриваемый период. Это объективно свидетельствует об ухудшении условий труда шахтеров за последнее десятилетие. Наиболее выраженное уменьшение критического стажа было характерно для профессий шахтеров, занятых в самых неблагоприятных условиях труда: горнорабочих очистного забоя и проходчиков. Изменения критического стажа за десятилетний период (1998—2007 гг.) по угольной промышленности Ростовской обл. показаны в табл. 1.

Как видно из таблицы, критический стаж  $t_k$ , составляет около 50 лет для работников, подверженных наименьшему профессиональному риску, т. е. в группах с меньшими уровнями воздействия вредных факторов. Для основных профессиональных групп (ГРОЗ, проходчики) характерно уменьшение значений критического стажа, обусловленное снижением сопротивляемости организма в связи с ухудшением условий труда за последние десятилетия.

С целью выявления тенденции многолетнего изменения критического стажа, полученные данные были аппроксимированы экспоненциальной

Таблица 1

Параметры функции риска

Про- фессии	Профессио- нальные болезни	1998—2002 гг.		2003—2007 гг.	
		$t_k$	$\Delta t_k$	$t_k$	$\Delta t_k$
ГРОЗ	Тугоухость	35,8 ± 1	12,1 ± 1	28,4 ± 1	12,4 ± 1
	Вибрация	27,8 ± 1	9,9 ± 1	24,3 ± 1	10,6 ± 1
	Пневмо- кониоз	33,5 ± 3	12,5 ± 2	32,0 ± 2	14,2 ± 1
	Пылевой бронхит	28,8 ± 2	13,9 ± 1	28,0 ± 3	14,6 ± 2
	Радикуло- патия	30,1 ± 1	15,3 ± 1	25,6 ± 4	15,1 ± 2
	Все болезни	31,2 ± 4	12,7 ± 2	27,7 ± 3	13,4 ± 2
Проход- чики	Тугоухость	38,1 ± 3	13,2 ± 1	26,2 ± 2	9,2 ± 1
	Вибрация	35,3 ± 3	16,9 ± 2	25,8 ± 2	13,8 ± 1
	Пневмо- кониоз	34,8 ± 1	11,6 ± 1	31,6 ± 3	13,0 ± 2
	Пылевой бронхит	31,1 ± 1	13,9 ± 1	29,4 ± 1	15,7 ± 1
	Радикуло- патия	37,4 ± 3	19,5 ± 2	26,6 ± 1	15,7 ± 1
	Все болезни	35,3 ± 3	15,0 ± 3	27,9 ± 2	13,5 ± 3
Взрыв- ники	Тугоухость	Нет данных		43,7 ± 7	21,3 ± 6
	Пневмо- кониоз	41,3 ± 5	12,1 ± 3	42,2 ± 4	17,4 ± 4
	Пылевой бронхит	39,2 ± 2	18,0 ± 1	35,4 ± 4	15,4 ± 2
	Радикуло- патия	Нет данных		56,6 ± 7	25,9 ± 5
Все болезни	40,3 ± 2	15,1 ± 4	44,5 ± 9	20,0 ± 5	
Маши- нисты электро- возов	Тугоухость	39,9 ± 5	11,3 ± 2	36,7 ± 6	14,3 ± 3
	Вибрация	34,6 ± 1	9,5 ± 1	29,8 ± 2	14,7 ± 1
	Пневмоко- ниоз	48,6 ± 3	23,9 ± 3	39,5 ± 9	16,8 ± 7
	Пылевой бронхит	37,1 ± 3	16,3 ± 2	39,9 ± 3	21,5 ± 3
	Радикуло- патия	52,2 ± 3	23,8 ± 3	48,1 ± 9	26,4 ± 9
Все болезни	42,5 ± 8	17,0 ± 7	38,8 ± 7	18,7 ± 5	

зависимостью, характеризующей процесс уменьшения рассматриваемой величины.

Это позволило сделать прогноз на период до 2015 г. (в предположении, что не произойдет коренного улучшения условий труда). Как следует из результатов расчета на примере профессии проходчиков, критический стаж стремится к существенному

уменьшению к концу рассматриваемого временного интервала. Так, если в конце 1990-х годов он составлял около 40...50 лет, то в 2007 г. он уже составил около 30 лет, а к 2015 г. можно ожидать его уменьшения примерно до 20 лет, т. е. профессиональные заболевания будут возникать значительно раньше (на 10...20 лет), чем это было в течение предыдущего периода.

Перечисленные выше неблагоприятные факторы производственной среды (шум, вибрация, пылевой фактор, тяжелый физический труд), как правило, при одновременном воздействии нескольких факторов могут вызывать развитие у работающих одного или нескольких профессиональных заболеваний, а также способствуют более раннему возникновению общих заболеваний. Отметим, что значения факторов и уровней их одновременного воздействия отличаются в отдельных профессиональных группах.

Особой тяжестью и напряженностью отличаются подземные условия труда, при которых воздействие на организм шахтеров больших концентраций пыли, высоких уровней вибрации и шума усугубляется психическими эмоциональными нагрузками, отсутствием естественного освещения, неблагоприятным микроклиматом, ограниченностью пространства при выполнении рабочих операций, вынужденной рабочей позой, наличием взрывоопасных газов. Все перечисленные факторы могут приводить к серьезным нарушениям состояния здоровья и развитию профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний.

В табл. 2 даны сравнения средних значений допустимого стажа для шахтеров-угольщиков Ростовской области при котором вероятность возникновения профессионального заболевания достигает 1 %, т. е. профессиональный риск оценивается величиной  $10^{-2}$ .

Допустимый стаж, как отмечалось выше, может изменяться в зависимости от заданного (приемлемого) риска, нормативное значение которого в настоящее время отсутствует.

Таблица 2

Средние значения допустимого стажа  $t_d$ , годы,  
для шахтеров-угольщиков Ростовской области (2003—2007 гг.)

Профессиональные группы	Тугоухость	Вибрационная болезнь	Пневмокониоз	Пылевой бронхит	Радикулопатия
Горнорабочий очистного забоя	14,2	12,2	16	14,0	12,8
Проходчики	13,1	12,4	15,8	14,7	13,3
Горнорабочий подземный	23,2	23,9	24,0	22,4	19,9
Все профессии	18,4	17,5	24,6	22,2	20,0



## Выводы

Оценка профессионального риска по критерию "критический стаж" для работников, занятых в различных сферах деятельности, является перспективным направлением медицины и охраны труда. Широкое развитие этого направления будет способствовать более объективному дифференцированию отраслей экономики и видов экономической деятельности по уровню профессионального риска в системе социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Использование методики оценки профессионального риска на основе математического моделирования профессиональной заболеваемости [4] будет способствовать решению проблем, касающихся разработки мер профилактики профессиональных заболеваний и определения профессиональной пригодности отдельных работников при достижении ими "допустимого стажа", и планирования дальнейшего их использования в других видах деятельности, не связанных с воздействием вредных факторов труда.

Выявленные закономерности, в том числе региональные различия критического стажа, следует учитывать в системе оценки и управления профессиональным риском, при решении экспертных вопросов о связи заболевания с профессиональной деятельностью и о профессиональной пригодности шахтеров.

Следует, однако, заметить, что объективность оценки профессионального риска может быть достигнута лишь при высоком качестве периодических медицинских осмотров работников вредных профессий, полном выявлении профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний на ранних стадиях их развития.

Создание базы данных о возрастном, стажевом и профессиональном составе как вновь выявленных больных, так и всех работников, подлежащих периодическим медицинским осмотрам на отдельных предприятиях или на территориальном уровне, повысит результативность анализа полученных материалов и объективность оценки профессионального риска. На базе некоторых территориальных центров профпатологии такие информационные базы уже успешно функционируют не один год, в том числе в Ростовском областном центре профпатологии.

## Список литературы

1. **Акатьев В. А.** К проблеме управления профессиональным риском / В. А. Акатьев, В. П. Захаркин, В. И. Шмырев // Актуальные проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности: материалы годичных научных чтений факультета охраны труда и окружающей среды РГСУ, 4–5 февр. 2008 г. — М.: Изд-во РГСУ, 2008. — С. 479–484.
2. **Профессиональный риск для работников: Руководство** / Под ред. Н. Ф. Измерова, Э. И. Денисова. — М.: Травант, 2003. — 448 с.
3. **Пиктушанская Т. Е.** Опыт использования математической модели при оценке апостериорного профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. — 2009. — № 12. — С. 41–44.
4. **Измеров Н. Ф., Радионова Г. К., Пиктушанская Т. Е.** и др. Оценка профессионального риска на основе математического моделирования профессиональной заболеваемости / Методические рекомендации. — М.: РАМН. НС МЭПЗР, 2009. — 76 с.
5. **Пиктушанская И. Н., Радионова Г. К., Пиктушанская Т. Е., Шефов Н. Н., Радионов И. Ю.** Способ оценки профессионального риска для здоровья шахтеров / Патент на изобретение № 2401070. Зарегистрирован в Гос. реестре изобретений РФ 10 октября 2010 г.
6. **Онищенко Г. Г., Новиков С. М., Рахманин Ю. А., Авалиани С. Л., Буштуева К. А.** Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. — 408 с.

Информация

VIII Всеармейская научно-практическая конференция

## "Баротерапия в комплексном лечении и реабилитации раненых, больных и пораженных"

15–16 марта 2012, г. Санкт-Петербург

### Тематика конференции:

- теоретические и прикладные вопросы лечения раненых, больных и пораженных;
- проблема реабилитации человека со сниженной работоспособностью различными видами и методами баротерапии;
- теоретические и практические положения гипербарической физиологии и водолазной медицины.

**Контактные телефоны:** (812) 495-72-43; (812) 495-72-87

**Шутов А. Ю., Зверев Д. П., Юрьев А. Ю.**

**e-mail:** [arseniyshitov@mail.ru](mailto:arseniyshitov@mail.ru); [z.d.p@mail.ru](mailto:z.d.p@mail.ru); [urievandrey@yandex.ru](mailto:urievandrey@yandex.ru)



УДК 504.75: 14.00.30: 14.00.33

**Н. М. Алыков**, д-р хим. наук, проф., зав. каф., **А. Е. Алыкова**, **Л. Е. Алыкова**,  
**И. С. Куанышбаева**, асп., Астраханский государственный университет  
E-mail: acyaalykova@mail.ru

## Энтеросорбенты из опок Астраханской области

*Описан порядок получения энтеросорбентов с многофункциональными свойствами путем насыщения сорбентов-опок различными витаминсодержащими экстрактами и соками свежей и квашеной капусты, а также из плодов и ягод. Рассмотрены варианты использования витаминсодержащих энтеросорбентов: удаление из желудочно-кишечного тракта тяжелых металлов, различных патогенных аминов, окислителей и др. Заживление мелких гнойничков, дерматитов, т. е. использование энтеросорбентов как лечебно-профилактических косметических средств.*

**Ключевые слова:** энтеросорбенты, сорбция, опоки

**Alykov N. M., Alykova A. E., Alykova L. E.,  
Kuanysbbaeva I. S. Enterosorbents out of  
flask of Astrakhan area**

*By saturation of the sorbents-flasks by various vitaminous extracts and juices of fresh and sour cabbage, and also from fruits and berries were obtained sorbents with multifunctional properties. First, they are removed from the gastrointestinal tract heavy metals, various pathogenic amines, oxidizers, and at the same time, perform the functions of vitamins. This enterosorbents, at their drawing on the skin, promote healing of small pustules, dermatitis, i.e. in this case, the sorbents can be used as therapeutic — preventive cosmetic.*

**Keywords:** enterosorbents, sorption, flasks

Целью данной работы явилось изучение адсорбции на сорбенте СВ-1 в статическом и динамическом вариантах ряда водорастворимых витаминов для получения энтеросорбентов с многофункциональными свойствами.

### 1. Сорбционное концентрирование водорастворимых витаминов на сорбенте СВ-1

Сорбенты на основе опок эффективно поглощают из воды все известные водорастворимые витамины, ионы железа (III), железа (II), свинца (II), ртути (II, I), кадмия, цинка, молибдена (II, VI),

марганца (II), кобальта (II, III), никеля (II, III), аммония, стронция, калия, рубидия и цезия.

### Экспериментальная часть

**Реагенты:** водорастворимые витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, В<sub>15</sub>, U, C — химически чистые кристаллические вещества; буферные растворы аммонийно-ацетатные с pH = 3...11; среды с иными значениями pH создавали из растворов HCl или KOH. Ионная сила поддерживалась постоянной ( $\mu = 0,05$ , KCl). Температура растворов поддерживалась постоянной с точностью  $\pm 0,5^\circ$ .

**Аппаратура:** концентрационные фотоэлектродиметры КФК-3Ц, КФК-3-МП, флуориметр ЭФ-3М. Иономер "Эконикс-эксперт 001" с набором электродов для pH-метрии.

**Получение сорбента.** Сорбент СВ-1 получают так: размалывают опоки до состояния пудры, далее высыпают эту пудру в воду (соотношение пудра : вода = 1:10 по массе), интенсивно перемешивают, перемешивание прекращают и через 20 с сливают верхнюю часть жидкости (2/3 объема) в другой стакан, оставляют в этом стакане на 25 мин, а жидкость отбрасывают. Оставшийся на дне стакана осадок переносят на стеклянную поверхность и высушивают в потоке воздуха (комнатный вентилятор) при температуре 20...35 °С, сухой остаток переносят в фарфоровую чашку и выдерживают в сушильном шкафу 6 ч при температуре 100...105 °С. Далее полученный сорбент помещают в склянку с плотно притертой пробкой. Этот сорбент можно использовать как основу для получения самых различных комбинированных энтеросорбентов.

Были проведены адсорбционно-структурные исследования полученных сорбентов: определение размеров частиц с использованием седиментационного и ситового анализа, их удельной поверхности путем исследования адсорбции изопропанола из растворов с различной концентрацией.

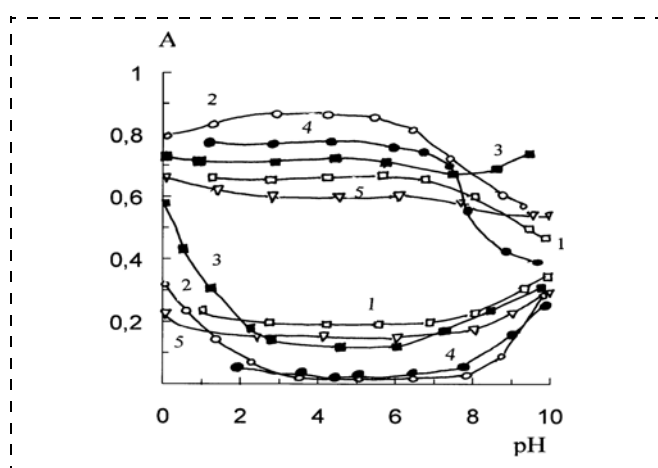
Установлено, что удельная поверхность СВ-1 составляет 750...800 м<sup>2</sup> при радиусе частиц 50...80 нм.



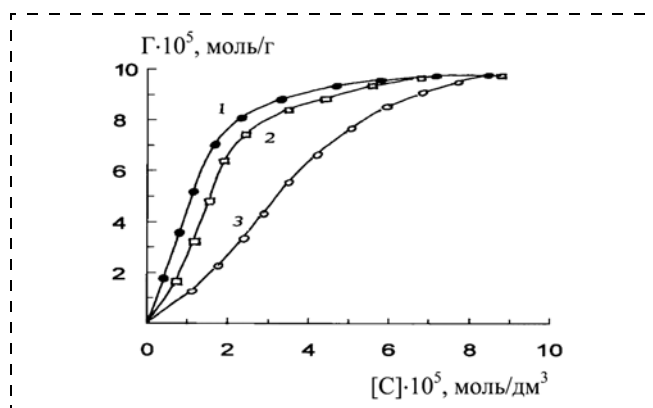
**Изучение влияния pH на адсорбцию.** Приготовив серию растворов с постоянной концентрацией витаминов  $10^{-4}$  или  $10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> и переменной величиной pH от 1 до 12, измеряли оптические плотности (*A*) этих растворов в относительных единицах при оптимальной длине волны (соединения витамина В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>15</sub> с парадиметиламинобензальдегидом (ПДАБА), витамина U в виде ионного ассоциата с пирокатехиновым фиолетовым и ионами алюминия), продукта взаимодействия витамина С с реактивом Несслера, или измеряли оптические плотности витаминов В<sub>12</sub>, В<sub>2</sub>.

В такие же исходные растворы витаминов вносили по 0,2 г сорбента СВ-1, встряхивали 5 мин, давали смесям отстояться, отбирали часть осветленной фракции, центрифугировали, добавляли в раствор системы индикаторные реагенты и измеряли интенсивности флуоресценции или оптические плотности центрифугатов или экстрактов, как и в предыдущем случае. По результатам таких измерений до и после сорбции строили графические зависимости "оптическая плотность (интенсивность свечения) — pH". Как видно из рис. 1, сорбция изучаемых витаминов проходит вполне удовлетворительно в области pH от 3 до 8.

Дальнейшее изучение адсорбции витаминов проводили в области pH = 5,9...6,5 в ацетатно-аммонийном буферном растворе (ионная сила  $\mu = 0,05$ ). В этот раствор вносили хлорид калия таким образом, чтобы при разбавлении буферного раствора до концентрации 0,02 моль/дм<sup>3</sup> ионная сила сохранялась на уровне  $\mu = 0,05$ .



**Рис. 1.** Оптические плотности водных растворов витаминов и их соединений с индикаторными реагентами в зависимости от pH до сорбции (верхние кривые) и после сорбции (нижние кривые): 1 — В<sub>12</sub> (540 нм); 2 — В<sub>2</sub> (430 нм); 3 — В<sub>1</sub> комплекс с ПДАБА (440 нм); 4 — В<sub>6</sub> комплекс с ПДАБА (440 нм); 5 — U комплекс с пирокатехиновым фиолетовым +Al (600 нм). Кювета толщиной 1 см, измерения — относительно воды при  $T = 298$  К



**Рис. 2.** Изотермы сорбции витамина В<sub>1</sub> сорбентом СВ-1 из водных растворов с pH = 6,2 и при температурах:

1 — 278 К; 2 — 285 К; 3 — 298 К

**Изотермы сорбции.** Изотермы сорбции водорастворимых витаминов изучены в статическом режиме при pH  $\approx 6,2$ . Для этого готовили растворы витаминов с концентрациями 0;  $1 \cdot 10^{-5}$ ;  $2 \cdot 10^{-5}$ ;  $3 \cdot 10^{-5}$ ... $5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> (конечные объемы составляли 100 см<sup>3</sup>) и измеряли оптические плотности этих растворов или их соединений с использованием индикаторных реакций. В такие исходные же растворы вносили по 0,5 г сорбента, встряхивали 10 мин, отстаивали  $\sim 25$ ...30 мин, центрифугировали, в осветленные растворы вносили индикаторные системы и измеряли оптические плотности или интенсивности свечения витаминов с индикаторными реагентами.

По значениям оптических плотностей растворов до сорбции строили градуировочные графики (обычно для концентраций  $C_{исх} = 0...5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>), с их использованием находили равновесные концентрации  $[C]$  для растворов витаминов после их сорбции. Концентрацию витаминов, поглощенных сорбентом массой  $m$ , оценивали так

$$C = \frac{C_{исх} - [C]}{m} \quad (1)$$

Объем растворов  $V$  составлял 100 см<sup>3</sup>. Сорбция  $\Gamma$  оценивалась количеством моль витаминов, поглощенных 1 г сорбента.

Адсорбцию  $\Gamma$  рассчитывали по формуле:

$$\Gamma = \frac{C_{исх} - [C]VM}{1000m} \quad (2)$$

где  $M$  — молярная масса одного из витаминов (сорбатов).

Были построены изотермы в координатах "сорбция  $\Gamma$ , моль/г, — равновесная концентрация  $[C]$ , моль/дм<sup>3</sup>" (рис. 2 и 3).

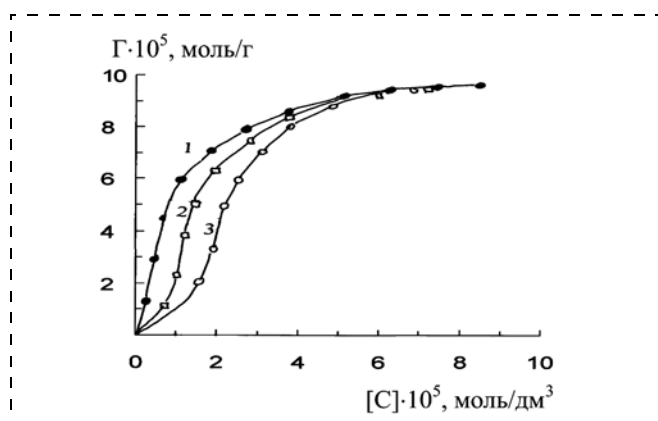


Рис. 3. Изотермы сорбции витамина В<sub>2</sub> сорбентом СВ-1 из водных растворов с рН = 6,5 при температурах: 1 — 278 К; 2 — 285 К; 3 — 298 К

Как видно из изотерм сорбции витаминов, выбранный сорбент достаточно эффективен и может быть использован в аналитических, экологических и технологических целях.

**Термодинамические характеристики статической сорбции.** Эффективность сорбционных процессов можно оценить по изменению энтальпий сорбции  $\Delta H$ , которые можно рассчитать с использованием уравнения

$$\Delta H = \frac{RT_i T_k \lg K_k / K_i}{T_k - T_i}, \quad (3)$$

где  $R$  — универсальная газовая постоянная;  $T_i$ ,  $T_k$  — две температуры;  $K_i$ ,  $K_k$  — соответствующие им константы сорбции.

Константы сорбции ( $K_i$ ,  $K_k$ ) и емкость сорбента  $\Gamma$  рассчитывалась графическим путем.

Для этого были построены изотермы в координатах "обратная величина сорбции — обратная величина равновесной концентрации", с использованием которых были рассчитаны константы

сорбции для разных температур и величины предельной сорбции для температуры 298 К, которые были пересчитаны в мг/г ( $\Gamma_\infty$ ).

Величины изобарно-изотермического потенциала  $\Delta G$  были рассчитаны с использованием уравнения

$$-\Delta G_i = RT_i \ln K_i. \quad (4)$$

По рассчитанным величинам  $\Delta H$  и  $\Delta G_i$  по формуле

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (5)$$

для  $T = 298$  К были рассчитаны величины изменения энтропии статической сорбции  $\Delta S$ .

В табл. 1 приведены результаты расчетов  $K$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta S$  и  $\Gamma_\infty$  для различных витаминов на сорбенте СВ-1. Результаты, приведенные в таблице, свидетельствуют о высокой сорбционной способности сорбента СВ-1 по отношению к водорастворимым витаминам. Вызывают особый интерес величины изобарно-изотермического потенциала процесса сорбции витаминов. Они достаточно низкие и могут характеризовать процессы сорбции в данном случае как хемосорбционные процессы.

#### Кинетика сорбции витаминов на сорбенте СВ-1.

При изучении статической сорбции используются значения равновесных констант сорбции  $K$ , которые позволяют оценить термодинамические характеристики сорбционных процессов. Эти характеристики позволяют оценить глубину и необратимость процесса сорбции. Но сорбционный процесс, согласно полученным результатам (см. рис. 2 и 3, табл. 1), — это все же хемосорбция, если учитывать, что некоторое увеличение температуры приводит к ускорению наступления равновесия. В этом плане необходимо изучение скоростей сорбции, что позволит определить время наступления равновесия и, кроме того, хотя бы ориентировочно оценить химизм процесса формирования активированного адсорбционного комплекса.

Таблица 1

Основные характеристики сорбции водорастворимых витаминов на СВ-1

Витамины	Константы сорбции $K \cdot 10^{-4}$			$-\Delta H$ , кДж/моль	$-\Delta G_{298}$ , кДж/моль	$\Delta S_{298}$ , кДж/моль · К	$\Gamma_\infty$ , мг/г
	$K_{278}$	$K_{285}$	$K_{298}$				
В <sub>1</sub>	1,75	8,05	15,06	7,46	29,53	74,06	30,0
В <sub>2</sub>	0,85	2,06	4,84	5,98	25,83	69,47	21,9
В <sub>3</sub>	1,50	3,76	13,33	7,51	29,17	71,31	21,0
В <sub>6</sub>	0,71	1,53	3,42	5,40	19,48	47,2	16,7
В <sub>9</sub>	1,02	4,43	8,89	7,45	28,20	69,6	43,9
В <sub>12</sub>	1,16	2,97	16,60	8,62	29,74	70,8	100,0
В <sub>15</sub>	0,68	1,67	6,11	7,58	27,27	66,1	25,5
U	2,13	10,50	24,40	8,37	30,69	74,9	20,1
C	0,83	1,43	3,60	5,04	25,96	70,2	10,5



**Порядок выполнения работы.** В широкогорлой колбе приготавливали 500 см<sup>3</sup> раствора какого-либо витамина с концентрацией  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> при рН = 6,2. Отбирали 10 см<sup>3</sup> раствора, весь оставшийся раствор термостатировали при температуре  $298 \pm 0,5$  К или погружали колбу в лед, добиваясь того, чтобы температура раствора находилась на уровне  $278 \pm 0,5$  К. Вносили в колбу 20 г сорбента, быстро перемешивали, одновременно включали секундомер. Через определенные промежутки времени отбирали пробы мутного раствора, отфильтровывали через стеклянный фильтр или центрифугировали их. В начале проведения опытов отбирали пробы через 10, 20, 30, 40, 50 и 60 с, далее — через каждую минуту. Отбор проб заканчивали через 30 мин. Использовали индикаторные реакции, далее измеряли оптические плотности и строили изотермы кинетики сорбции в координатах "оптическая плотность  $A$  — время  $\tau$ ". Для примера приведены изотермы кинетики сорбции витаминов В<sub>2</sub> и В<sub>3</sub> (рис. 4 и 5).

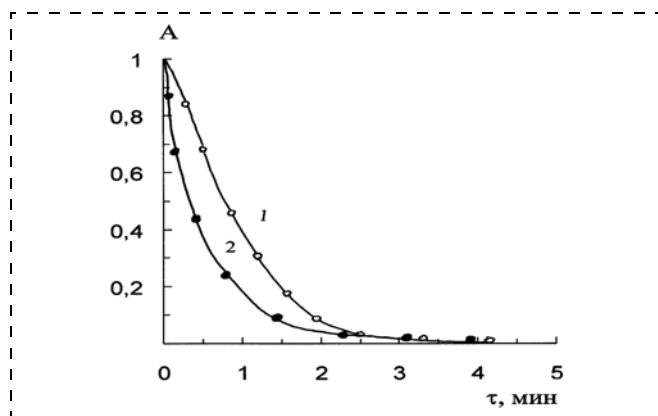
Для всех сорбционных процессов характерен достаточно крутой начальный участок изотерм кинетики сорбции. Процесс сорбции витаминов протекает достаточно быстро и практически заканчивается через несколько минут для самой медленной сорбции.

Сорбция представляет собой односторонний процесс, подчиняющийся кинетическому уравнению первого порядка

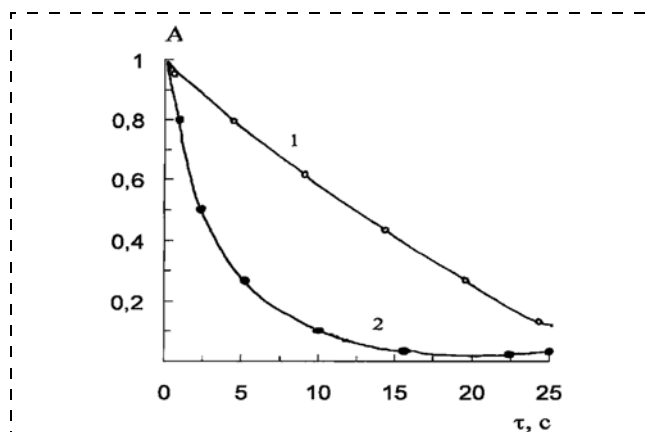
$$K = \frac{1}{\tau} \ln \frac{X_{\text{пред}}}{X_{\text{пред}} - X_{\tau}}, \quad (6)$$

где  $K$  — константа скорости процесса;  $X_{\text{пред}}$  — предельная измеряемая характеристика;  $X_{\tau}$  — та же характеристика, измеренная за время  $\tau$ .

При фотометрических измерениях вместо  $X_{\text{пред}}$  можно использовать величину  $A_0$ , т. е. оптическую



**Рис. 4.** Изотермы кинетики сорбции витамина В<sub>2</sub> (рибофлавина) сорбентом СВ-1 из водных растворов с рН = 6,0 при температурах: 1 — 278 К; 2 — 298 К. Фотометрическое изучение при 430 нм, измерения проведены относительно воды. Кювета толщиной 1 см



**Рис. 5.** Изотермы кинетики сорбции пантотеновой кислоты В<sub>3</sub> концентрацией  $4 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> сорбентом СВ-1 из водных растворов с рН = 6,2 при температурах растворов: 1 — 278 К; 2 — 298 К. Измерения относительно воды оптических плотностей хлороформных экстрактов ионных ассоциатов В<sub>6</sub> с метилоранжем при 530 нм

плотность раствора до начала сорбции, вместо  $X_{\tau}$  можно использовать величины оптических плотностей растворов при соответствующих значениях времени сорбции, тогда

$$K = \frac{1}{\tau_i} \ln \frac{A_0}{A_i}. \quad (7)$$

Рассчитанные для двух температур значения констант скоростей сорбции позволили путем графического решения уравнения Аррениуса определить энергию активации процесса образования активированного сорбционного комплекса  $E_{\text{акт}}$  и величину логарифма предэкспоненциального фактора  $\ln PZ_0$  в уравнении Аррениуса. По полученным результатам с использованием уравнения Эйринга

$$K = \frac{kT}{h} e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}} e^{\frac{\Delta S^*}{R}} \quad (8)$$

для  $T = 298$  К были рассчитаны величины энтропии активации формирования промежуточных соединений  $\Delta S^*$  — активированных адсорбционных комплексов (ААК). В уравнении (8)  $k$  — константа Больцмана;  $h$  — постоянная Планка;  $e$  — энергия активации. Рассчитанные основные характеристики кинетики сорбции водорастворимых витаминов сорбентом СВ-1 приведены в табл. 2.

Основа образования адсорбционного активированного комплекса в случае сорбции водорастворимых витаминов — образование  $\pi$ -комплекса между молекулами воды на поверхности пор сорбента и сорбатом. Энергии активации этих процессов представляют собой энергии активации формирования дублетов в системе сорбент—сор-

Таблица 2

**Основные характеристики кинетики сорбции из водных растворов водорастворимых витаминов на сорбенте СВ-1**

Витамины	Константы сорбции $K \cdot 10^{-4}$		$\ln PZ_0$	$E_{\text{акт}}$ , кДж/моль	$-\Delta S^*$ , Дж/моль · К
	$K_{278}$	$K_{298}$			
$V_1$	0,59	1,6	3,0	34,3	100,5
$V_2$	0,114	0,254	6,0	20,78	83,60
$V_3$	0,036	0,30	23,0	47,50	99,0
$V_6$	0,172	0,293	7,0	21,10	75,23
$V_9$	1,47	3,86	14	23,2	17,05
$V_{12}$	1,43	3,50	4,75	23,09	93,94
$V_{15}$	1,53	3,22	3,25	19,88	106,41
U	5,94	12,50	10,5	22,86	45,22
C	0,435	1,00	4,8	19,29	93,60

бат, где основу взаимодействия составляют ван-дер-ваальсовы силы. Усложнение структуры водорастворимых витаминов уменьшает величину  $E_{\text{акт}}$ .

В чисто прикладном плане изучение кинетики адсорбции дает возможность судить о времени, при котором практически все сорбируемое вещество будет поглощено сорбентом. Вначале процесс сорбции идет быстро, по крайней мере за 20...40 с половина сорбата переходит на сорбент. За время 2...8 мин в воде не остается сорбата, он весь переходит на сорбент и прочно удерживается на нем.

## 2. Получение витаминсодержащих энтеросорбентов

Создание витаминсодержащих энтеросорбентов является, в принципе, несложной задачей. Ее решение осуществляется:

- насыщением сорбента СВ-1 из водных растворов любыми видами водорастворимых витаминов. В этом случае могут быть использованы препараты известных витаминов или поливитаминные составы, например гендевит, ундевит и т. д. Из водных растворов витамины могут полностью переходить на сорбент и оставшуюся жидкую фазу можно попросту отбрасывать;
- можно использовать различные настои, содержащие водорастворимые витамины, например, настои шиповника, боярышника, лимона, смородины;
- особый интерес представляет использование капустного сока. В первом случае в сорбент переходят витамины С и U, а во втором случае — полный набор водорастворимых витаминов.

**Материалы:** капуста белокочанная, сок капусты квашеной, плоды шиповника сухие, плоды боя-

рышника сухие, плоды смородины свежей, яблоки свежие; сорбент СВ-1, вода дистиллированная.

**Оборудование:** шнековый измельчитель (мясорубка), смеситель емкостью 250... 1000 см<sup>3</sup>, нагреватели, сушильный шкаф.

**Пример 1.** Около 5 кг белокочанной капусты тонко измельчают с использованием любого измельчителя (мясорубки) или можно воспользоваться соковыжималкой. После измельчения весь материал заливают дистиллированной водой до объема 10 дм<sup>3</sup>, перемешивают массу в течение примерно 1 ч, отстаивают в течение 3 ч и отфильтровывают всю массу через бязевый фильтр. В конце фильтрования массу на фильтре отжимают. В полученный фильтрат вносят 5 кг сорбента СВ-1, перемешивают в течение 1 ч, отстаивают 1 ч, далее декантируют с сорбента водную фазу. Сорбент переносят на стеклянную поверхность, которая находится на столе и имеет уклон около 5°. Остатки воды стекают с сорбента, а его подсушивают потоком воздуха от вентилятора при температуре 5...40 °С. Подсушенный сорбент собирают в керамическую, стеклянную или эмалированную тару и высушивают в термостате при температуре около 50 °С до постоянной массы. Полученный материал (энтеросорбент ЛК-6) упаковывают в закрытые стеклянные емкости и хранят при температуре 0...5 °С; срок хранения составляет 2,5 года.

**Пример 2.** Рассол из-под квашеной капусты отфильтровывают через бязевый фильтр. В 10 дм<sup>3</sup> рассола вносят 5 кг СВ-1 и перемешивают в течение 1 ч; отстаивают 1 ч, далее жидкость сливают, материал помещают на стеклянную пластину, через 1 ч подсушивают в потоке воздуха от вентилятора при температуре 5...40 °С. После этого полученный материал (энтеросорбент ЛК-7) собирают в емкость, помещают в термостат при температуре 50...55 °С; хранят в стеклянной плотно упакованной посуде при температуре 0...5 °С; срок хранения 1 год.

**Пример 3.** Настаивают 2 кг тонкоизмельченных плодов шиповника, боярышника, смородины, яблок в 10 дм<sup>3</sup> воды при температуре 60...70 °С в течение 1 ч. Фильтруют через бязевый фильтр, отжимают, вносят 5 кг сорбента СВ-1. Когда кашица расслоилась, декантируют воду насколько это возможно. Всю массу переносят на стеклянную пластину и далее проводят все операции, как в примерах 1 и 2. В результате получают энтеросорбенты ЛК-8...ЛК-11)\*.

\* ЛК-1—ЛК-5 получают насыщением СВ-1 различными солями [1]; ЛК-6—ЛК-11, используемые для профилактики желудочно-кишечных заболеваний, выпускаются в виде порошков, фасованных по 100 г, которые упакованы в пластиковые коробки.



### 3. Использование витаминсодержащих энтеросорбентов ЛК-6...ЛК-11

Эти энтеросорбенты можно использовать для удаления гнойничков, дерматитов, шелушения кожи. Перед употреблением энтеросорбентов для профилактики поверхности тела приготавливают кашицу, смешивая в равных долях (приблизительно) воду с каким-либо ЛК. Например, берут полстакана ЛК и полстакана воды, мажут кашицу на лицо (делают маску), руки (ноги) на 1 ч, далее смывают водой. Такие операции проводят 6...15 дней. Сроки зависят от степени повреждения кожного покрова. В результате проведения профилактических мероприятий кожа хорошо выглядит, исчезают мелкие гнойнички, дерматиты и др. Энтеросорбенты ЛК-6—ЛК-11, используемые в качестве профилактического средства поверхности кожи, выпускаются в виде мазей в тубиках емкостью 200 см<sup>3</sup>.

Энтеросорбенты ЛК-6...ЛК-11 можно использовать для профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта. Для этого около 10 г энтеросорбента (2 чайные ложки) нужно залить в стакан воды (200 см<sup>3</sup>), перемешать и выпить. Такую операцию необходимо применять при различных желудочно-кишечных заболеваниях параллельно с использованием антибиотиков и других лекарственных средств. При использовании ЛК-6...ЛК-11 происходит заживление язвы желудка.

Какого-либо разрешения Минздрава и других органов на производство, выпуск и использование препаратов на основе витаминов и опок не требуется, так как все эти вещества широко используются на практике.

### 4. Поглотительная способность ЛК-1...ЛК-11 по отношению к тяжелым элементам и общеизвестным токсикантам — органическим соединениям

Сорбенты, получаемые из опок Астраханской области, обладают способностью сорбировать из водных растворов различные токсиканты, такие как углеводороды, фенолы, поверхностно-активные вещества и ионы металлов. Но как поведут себя различные ЛК, остались ли на поверхности их частиц вакантные места после того, как на них уже адсорбированы ионы металлов или витамины? Этот вопрос также требует ответа. При решении этой задачи для определения сорбционной емкости ЛК по отношению к ионам металлов была использована ионометрия.

Приготавливали градуировочные растворы для отдельных ионов с концентрациями 10<sup>-9</sup>; 10<sup>-8</sup>; 10<sup>-7</sup>; 10<sup>-6</sup>; 10<sup>-5</sup>; 10<sup>-4</sup>; 10<sup>-3</sup> моль/дм<sup>3</sup> (обратные логарифмы концентраций рС: 9, 8, 7, ..., 3) и измеряли ЭДС растворов. Строили градуировочные графики в

Таблица 3

Сорбционная емкость, мг/г, различных ЛК (выборочно) по отношению к ионам тяжелых металлов

Ионы	СВ-1*	ЛК-6	ЛК-7	ЛК-10
Pb <sup>2+</sup>	130,0	130,0	130,0	130,0
Hg <sup>2+</sup>	130,0	130,0	130,0	130,0
Cd <sup>2+</sup>	72,0	67,5	67,0	68,0
Zn <sup>2+</sup>	40,0	34,0	33,0	34,0
Cu <sup>2+</sup>	40,0	32,5	32,5	33,0
Mn <sup>2+</sup>	32,0	30,5	31,0	31,5
Ni <sup>2+</sup>	37,0	31,5	33,0	32,5
Fe <sup>3+</sup>	35,0	31,5	32,0	31,0

\* Не содержит дополнительных включений.

координатах "ЭДС — рС". Далее, во все растворы вносили какой-либо ЛК (1 г/50 см<sup>3</sup>), перемешивали 5 мин, давали отстояться, отбирали по 25 см<sup>3</sup> каждого раствора и фиксировали показания иономера. Для сравнения такую же работу проводили с использованием исходного сорбента СВ-1.

Данные по сорбционной емкости ЛК-6—ЛК-11 и СВ-1 по отношению к ионам металлов приведены в табл. 3.

Для изучения адсорбции фенолов, триэтиламина, триметиламина, некоторых катионных поверхностно-активных веществ и др. использовали фотометрические методы. Результаты исследований приведены в табл. 4.

Таким образом, сорбция на поверхности СВ-1 ионов металлов, а также ряда физиологически активных веществ, не снижает общей сорбционной емкости полученных энтеросорбентов. Это обстоятельство может служить стимулом к расширению диапазона использования композиций от ЛК-6 до ЛК-11 в целях удаления из желудочно-кишечного тракта различных органических и неорганических токсикантов.

Таблица 4

Сорбционная емкость, мг/г, различных ЛК (выборочно) по отношению к некоторым токсичным органическим соединениям

Органические соединения	СВ-1	ЛК-6	ЛК-7	ЛК-10
Метанол	5,5	5,0	5,0	5,0
Формальдегид	2,5	2,2	2,2	2,2
Гидроксиламин солянокислый	5,6	5,4	5,4	5,4
Гидразин	2,4	2,2	2,2	2,2
Фенол	12,5	11,5	11,5	11,5
Дихлорфенол	20,5	20,0	20,0	20,0
Нитрофенол	19,0	18,0	18,0	18,0
Динитрофенол	23,0	21,5	21,5	21,5
Бензол	10,5	10,0	10,0	10,0
Толуол	9,5	9,5	9,5	9,5
Анилин солянокислый	19,5	19,0	19,0	19,0
Паранитроанилин	25,5	25,5	25,5	25,5
Триметиламин солянокислый	10,5	10,0	10,0	10,0
Диэтиламин солянокислый	19,0	19,0	19,0	19,0



## 5. Результаты испытания лечебных композиций и энтеросорбентов

**Ванны.** Обычная ванна (для купания) заполняется водой примерно на 2/3 объема. В ванну погружают сухую лечебную композицию ( $\approx 250$  г), все перемешивают. Любое лицо погружается в ванну, время от времени перемешивая воду в течение 30 минут. Процедура может повторяться ежедневно в течение 6 дней.

**Локальное воздействие.** Кашицу из различных ЛК наносят слоем 3...5 мл на тот участок тела, для которого необходим профилактический уход (голова, лицо, шея, ноги, руки и др.) Выдерживается в течение 3...4 ч, после чего смывается. Профилактические мероприятия проводятся в течение 6 дней.

Следует особо отметить, что при использовании ЛК в качестве профилактических средств улучшает-

ся общее состояние организма, увеличивается работоспособность, появляется уверенность в себе.

**Формы выпуска.** ЛК-1...ЛК-5 для использования в качестве лечебных грязей выпускаются в виде порошков (сухих смесей), фасованных по 200 г в герметичных пакетиках, которые упакованы в красиво оформленные пластиковые коробочки. ЛК-1...ЛК-5 для локального воздействия выпускаются в виде мазей в тубиках по 100 см<sup>3</sup>.

### Список литературы

1. **Альков Н. М.** Сорбционное концентрирование водорастворимых витаминов на сорбенте СВ-1 / Н. М. Альков, И. С. Куанышбаева // Экологические системы и приборы. — 2007. — № 8. — С. 36—41.
2. **Альков Н. М.** Опои Астраханской области / Н. М. Альков, Н. Н. Альков, Т. В. Алыкова, Н. И. Воронин, Е. Н. Альков и др. // Под ред. Н. М. Алыкова. — Астрахань: Изд-во Астраханского государственного университета, 2005. — 146 с.

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

УДК 629.039.58.004.928

**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., зав. каф.,  
**А. Н. Елизарьев**, канд. геогр. наук, доц., **В. В. Ахмеров**, асп., **Р. Р. Шавалиев**,  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
E-mail: nk.ufa@mail.ru

## Сравнительный анализ возможностей трехмерного моделирования в системе обеспечения промышленной и экологической безопасности

*С учетом требований МЧС России проведен сравнительный анализ возможностей современных программных продуктов, по результатам которого разработаны рекомендации по выбору программных продуктов при трехмерном моделировании в системе обеспечения промышленной и экологической безопасности.*

**Ключевые слова:** трехмерное моделирование, программные продукты, геоинформационные системы, моделирование чрезвычайной ситуации, авария, промышленная и экологическая безопасность, предупреждение и ликвидация чрезвычайной ситуации

**Krasnogorskaya N. N., Elizariev A. N., Akhmerov V. V., Shavaliiev R. R.** Comparative analysis of opportunities in the three-dimensional modeling software for industrial and environmental safety

*Taking into account the requirements of Russian Ministry of Emergency Situations carried out a comparative analysis capabilities of modern software products, which resulted in recommendations on informed choice of software for three-dimensional modeling in the system of industrial and environmental safety.*

**Keywords:** three-dimensional, modelling, software products, geoinformation systems, simulation of an emergency, accident, industrial and environmental safety, warning and emergency response

В настоящее время широкое использование, наряду с геоинформационными системами, получили системы трехмерного (3D) моделирования.

3D-моделирование является универсальным инструментом для многих исследований и проектов, поскольку позволяет получить очень точную



модель, максимально приближенную к реальности, а с использованием современных программных продуктов — достичь высокой детализации и наглядности проекта. 3D-моделирование показывает эффективность в различных областях: кинематографе, архитектуре, дизайне, картографировании [1].

Возможности 3D-моделирования приобретают особую значимость в системе промышленной и экологической безопасности и в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), поскольку повышают оперативность получения информации об инциденте и ЧС в целях организации своевременного реагирования и эффективного применения сил и средств. В целях эффективного обмена информационными ресурсами в системе предупреждения и ликвидации ЧС, в соответствии с поручениями Президента РФ от 21 марта 2005 г. № Пр-422 и Правительства РФ от 2 марта 2005 г. № МФ-П4-893 в МЧС России формируется единая электронная база информации, включающая трехмерные изображения моделей пространственно-расположенных объектов [2].

В базе МЧС создаются 3D-модели территорий с нанесением на них пространственно-расположенных объектов, в первую очередь потенциально опасных объектов региона: атомных станций, гидроэлектростанций, предприятий химической промышленности и т. д. Для построения 3D-моделей территории специалисты МЧС интегрируют 3D-модели объектов на 3D-модель местности. В итоге создается 3D-карта, воспроизводящая рельеф местности, строения, дороги, трубопроводы, колодцы, светофоры, растительность, а также подземные коммуникации [3].

3D-моделирование активно используется в системе декларирования безопасности. Например, согласно приказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 15 декабря 2009 г. № 412 [4], декларация безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) должна включать 3D-модель объекта, а, также 3D-модели сценариев возможных аварий и повреждений ГТС [4].

В то же время процесс интеграции 3D-моделирования в систему промышленной и экологической безопасности, а также в систему предупреждения и ликвидации ЧС требует методичной и целенаправленной работы в течение нескольких лет и в настоящее время не завершен. В большинстве случаев это вызвано отсутствием четкой и единой научной и/или нормативно-технической базы (методические рекомендации, правила), определяющей порядок выбора программных средств и требования к 3D-модели [5]. В связи с этим для совершенствования процесса интеграции 3D-моделирования в

систему обеспечения промышленной и экологической безопасности, а также в систему предупреждения и ликвидации ЧС необходимо:

- оценить возможности использования 3D-моделирования;
- разработать рекомендации по выбору программных продуктов для 3D-моделирования.

#### **Возможности использования 3D-моделирования в системе обеспечения промышленной и экологической безопасности**

Анализ литературных данных [5], [9] показал, что при помощи 3D-моделирования описываются как природные, так и техногенные ЧС.

При прогнозировании природных ЧС 3D-моделирование позволяет создавать модель рельефа, прогнозировать последствия опасных природных процессов (оползней, наводнений, цунами и т. д.), в том числе определять вероятность возникновения новых опасностей (эффект домино). Например, в г. Сикким (Индия) проведено 3D-моделирование возникновения оползня и разрушения плотины и деревни, расположенной в узкой крутой гималайской долине (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки). Учитывалось, что оползни, сошедшие со склонов, могут переполнить водохранилище, затопив малые деревни на его берегах, а также разрушить плотину при переливе. Результаты моделирования показали, что объема сошедшего оползня не достаточно для затопления населенных пунктов и перелива через плотину с последующим ее разрушением [6].

При прогнозировании последствий техногенных ЧС особое значение имеет точность и физически непротиворечивое представление технологических объектов, что критически важно при оценке устойчивости элементов конструкции. Использование 3D-моделирования при проектировании объектов нефтеперерабатывающих предприятий позволяет уже на этапе проектирования оценить те или иные объемно-планировочные решения и обеспечить высокий уровень безопасности [10]. На радиационно опасных объектах 3D-моделирование нашло применение для минимизации последствий аварийных ситуаций. Используя легко управляемые динамические 3D-модели площадок объектов (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки), руководители и специалисты служб и подразделений могут принимать решения для оперативного информирования, управления и координации действия при ликвидации последствий радиационной аварии [5].

Прогноз экологических последствий ЧС определяется точностью моделирования природных объектов (рельеф местности, водные объекты и т. д.). Например, при 3D-моделировании разливов



нефти при авариях на нефтепроводах, наносящих значительный ущерб окружающей среде, нефть растекается по суше с появлением вероятности попадания в водные объекты. При решении задач по анализу воздействия разливов нефти на природные объекты наиболее удобным инструментом являются 3D-модели местности, которые позволяют моделировать развитие аварийных ситуаций, а также оценивать экологический и экономический ущерб (рис. 3 — см. 2-ю стр. обложки) [9].

При обеспечении безопасности в системе городского планирования 3D-моделирование позволяет снизить возможные ошибки на этапах проектирования, спрогнозировать возможные аварийные ситуации, повысить качество городских объектов. Например, 3D-модель транспортной инфраструктуры в США позволяет департаменту транспорта визуализировать проекты на любой стадии с минимизацией ошибок, разработать несколько сценариев развития ситуаций и оперативно оценить возможные расходы времени и финансовых средств [7]. В Австрии (г. Вене) 3D-моделирование в системе городского планирования позволяет эффективно управлять подземными системами связи, мероприятиями по шумоизоляции и др. [8].

### **Сравнительный анализ современных программных продуктов для 3D-моделирования**

Исследователи предъявляют целый ряд требований к современным программным продуктам для 3D-моделирования, а именно: высокую точность геометрии, фотореализм и моделирование полной информации, а также низкую стоимость, мобильность и гибкость методов моделирования [2]. На сегодняшний день существует довольно большое количество самых разных программных продуктов для 3D-моделирования как российских (AutomatiCS, GeoniCS, IndorCAD, КОМПАС и т. д.), так и зарубежных (ArchiCAD, AutoCAD, 3D Studio MAX, ArcGIS и т. д.) производителей, которые используются в различных отраслях и имеют свои специфические назначения [11].

Выбрать наиболее подходящий программный продукт для 3D-моделирования, удовлетворяющий приведенным выше характеристикам, является трудной задачей [12]. Анализ современных программных продуктов, которые предназначены для инженерного трехмерного моделирования, позволяет условно разделить их на три категории [13].

**1. Системы тяжелого класса** содержат мощные гибридные трехмерные редакторы для расчета моделей практически любых форм (Pro/ENGINEER, CATIA и пр.).

**2. Системы среднего класса** содержат редакторы для твердотельного моделирования, ориентирова-

ны на обычного пользователя (3D studio MAX, AutoCAD, КОМПАС 3D и так далее).

**3. Узкоспециализированные модули** — небольшие программы, автоматизирующие решение нетипичной узкопрофильной задачи конкретной отрасли (подключаемые модули или библиотеки).

Наиболее доступными для пользователя являются программные продукты, относящиеся к системам среднего класса, у которых имеются возможности для 3D-моделирования пространственно-расположенных объектов (как природных, так и техногенных) и процессов, связанных с данными объектами.

При выборе программных продуктов для разработки 3D-моделей пространственно-расположенных объектов, а также в процессе создания 3D-моделей необходимо учитывать требования и рекомендации МЧС России как к программным продуктам, так и к 3D-моделям (табл. 1) [11, 14], потенциально опасных и социально значимых объектов. 3D-модели указанных объектов должны обеспечивать максимально возможную визуализацию самих объектов, их структурных элементов и систем, зон поражения и размещения сил и средств по ликвидации ЧС.

Среди наиболее распространенных программных продуктов среднего класса в России для создания трехмерных изображений пространственно-расположенных объектов, удовлетворяющих требованиям, представленным в табл. 1 и доступных для пользователей, можно выделить 3D Studio MAX, AutoCAD, КОМПАС 3D. Данные программные продукты имеют различные возможности создания трехмерных объектов, используются для выполнения различных задач трехмерного моделирования, что и определяет их различную стоимость — 146,85, 124,88 и 82,5 тыс. руб. соответственно [15]. Как видно, разница в цене достигает 63,35 тыс. руб.

Наиболее дорогой программный продукт 3D Studio MAX имеет возможности моделирования динамических процессов, происходящих с 3D-моделью объекта, что позволяет визуально представить, каким образом может развиваться ЧС, как будут происходить те или иные процессы (разрушение зданий и сооружений, эвакуация людей и т. д.). При помощи 3D Studio MAX можно создавать анимации различных частей объектов с учетом их формы, размеров, пространственного положения, цвета и характеристик материалов.

Программный продукт 3D Studio MAX используется в подготовке рекламных роликов, компьютерной мультипликации и художественной анимации, способен создавать 3D-модели как правильных, так и неправильных форм, находит применение в архи-



Таблица 1

## Требования МЧС РФ к 3D-моделям и программным продуктам для 3D-моделирования

Требования к программным продуктам для 3D-моделирования [11]		Требования к 3D-модели [14] потенциально опасных и социально значимых объектов
Необходимые компоненты	Критерии выбора	
Математическое обеспечение <sup>1</sup>	Распространенность программы	Внешний вид объекта с прилегающей территорией (дороги, газон и т.д.)
Лингвистическое обеспечение	Цена программы, ее сопровождения и модификации	Внешний вид зданий и сооружений (двери, окна, лестницы, коммуникации и т. д.)
Техническое обеспечение <sup>2</sup>	Широта охвата задач проектирования	Поэтажные планы со схемой эвакуации, схемой размещения оборудования
Информационное обеспечение <sup>3</sup>	Удобство работы программы и ее "дружественность"	Схема инженерных коммуникаций (трубопроводы, задвижки, вентили и т. д.)
Программное обеспечение	Наличие широкой библиотечной поддержки стандартных решений	Зоны возможных разрушений зданий и сооружений
Методическое обеспечение	Возможность и простота стыковки с другими программными продуктами	Зоны поражения от вторичных факторов — зона разлива, зона возможного взрыва, зона пожара разлива и т. д.
	Возможность коллективной работы	Места размещения сил и средств по ликвидации ЧС и аварий Демонстрационный видеоролик со звуковыми комментариями

<sup>1</sup> Математическое обеспечение — математические модели, методики и способы их получения.  
<sup>2</sup> Техническое обеспечение — устройства ввода, обработки и вывода данных, средства поддержки архива проектных решений, устройства передачи данных.  
<sup>3</sup> Информационное обеспечение — информационная база системы автоматизированного проектирования, автоматизированные банки данных, системы управления базами данных.

тектурном проектировании и описании процессов возникновения и ликвидации ЧС [16].

На рис. 4 (см. 2-ю стр. обложки) представлен кадр 3D-моделирования аварии на автомобильной заправочной станции, расположенной в черте населенного пункта, выполненный в 3D Studio MAX. Данная 3D-модель объекта (зданий, сооружений, площадки и прилегающей территории) дает визуальное представление о процессе возникновения, развития и ликвидации аварийной ситуации на автомобильной заправочной станции.

Менее дорогим по стоимости среди рассмотренных программных продуктов для разработки 3D-моделей пространственно-расположенных объектов, является AutoCAD. Данный программный продукт имеет возможности создания 3D-моделей зданий и сооружений с прилегающей местностью, инженерными коммуникациями, представления зоны разрушения, зоны возможного поражения, места размещения сил и средств для ликвидации ЧС и аварий. В программном продукте AutoCAD имеется также возможность "облета" 3D-модели, работы с камерами, анимации движения, но в отличие от 3D Studio MAX отсутствует возможность обеспечения полноценной визуализации объекта (создание видеороликов), что вызывает затруднения при описании различных динамических про-

цессов (развитие чрезвычайной ситуации, процессы загрязнения окружающей среды и т. д.) [17].

AutoCAD способен создавать фотореалистичные изображения, так как позволяет имитировать особенности освещения объекта, имеет функции тонирования объектов [18] и широко применяется в профессиональном архитектурно-строительном проектировании (рис. 5 — см. 2-ю стр. обложки) [17, 18]. В отличие от 3D Studio MAX, который чаще используется для оформления фасадов и интерьеров, у AutoCAD больше возможностей для создания сложных архитектурных проектов.

Самым недорогим среди рассмотренных программных продуктов и наиболее "дружественным" при работе является КОМПАС 3D. Он прост в изучении, имеет встроенную систему обучения и не требует опыта работы в 3D-моделировании [19].

КОМПАС 3D, в отличие от предыдущих программных продуктов, предназначен в основном для конструирования в машиностроении и используется, как правило, для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц. Создание 3D-моделей от простых до сложных деталей и конструкций позволяет использовать данный программный продукт при моделировании промышленного оборудования, инженерных коммуникаций и техногенных объектов.



В то же время некоторые версии программного продукта КОМПАС 3D не обеспечивают возможность расчета объектов неправильной формы и создания анимации, что усложняет моделирование природных объектов и создание видеороликов (при описании различных динамических процессов: развитие чрезвычайной ситуации, распространение загрязняющих веществ и т. д.). Используя продукт КОМПАС 3D, нельзя достичь такого фотореалистичного изображения и такую реалистичную визуализацию (с созданием видеороликов), которую обеспечивает 3D Studio MAX [19].

На рис. 6 (см. 2-ю стр. обложки) представлен пример 3D-моделирования автомобильной газозаправочной станции, расположенной в черте населенного пункта, выполненный в КОМПАС 3D.

Если в программных продуктах 3D Studio MAX и AutoCAD имеется библиотечная база стандартных решений в области архитектурного проектирования и оформления интерьеров и экстерьеров зданий (двери, окна, лестницы и т. д.), то в КОМПАС 3D имеется обширная библиотека стандартизованных по ГОСТ элементов, используемых в основном в машиностроении (шестерен, элементов кранов, вентилях, трубопроводов и т. д.), что во многом и определяет приоритетные задачи 3D-моделирования у данных программных продуктов.

Для обоснованного выбора программных продуктов для 3D-моделирования с учетом требований МЧС России (см. табл. 1) предложены критерии, по которым проведена экспертная оценка эффективности применения программных продуктов. Результаты оценок приведены в табл. 2. Как видно

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа программных продуктов для разработки 3D-моделей пространственно-расположенных объектов (средненные значения 10 экспертных оценок)

№ п/п	Задачи и моделирования		Программные продукты для 3D-моделирования, баллы		
			3D Studio MAX	AutoCAD	КОМПАС 3D
1	Создание статических 3D-моделей				
	1.1	Создание природных объектов	5	4	3
	1.2	Создание техногенных объектов	3	3	5
	1.3	Создание объектов архитектуры	4	5	2
	Средний балл		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3,3</b>
2	Визуализация 3D-моделей				
	2.1	Анимация составляющих объекта	5	4	3
	2.2	Создание видеороликов	5	2	0
	2.3	Фотореализм	5	5	3
		Средний балл		<b>5</b>	<b>4</b>
3	Удобство работы				
	3.1	"Дружественность" программы	3	3	5
	3.2	Наличие библиотечной поддержки стандартных решений в области архитектуры (в том числе и ландшафтной архитектуры)	4	5	0
	3.3	Наличие библиотечной поддержки стандартных решений в области машиностроения	0	0	5
		Средний балл		<b>2,3</b>	<b>2,6</b>
4	Обмен файлами				
	4.1	Возможность прямой стыковки с ГИС-системами (на примере ArcGis)	5	5	0
	4.2	Возможность коллективной работы	5	5	5
		Средний балл		<b>5</b>	<b>5</b>
Итого средний балл			<b>4</b>	<b>3,8</b>	<b>2,8</b>
Примечание. Балл, равный 0, подразумевает отсутствие возможности выполнения данной задачи. Балл, равный 1 или 5, означает низкую или высокую эффективность выполнения задачи соответственно.					

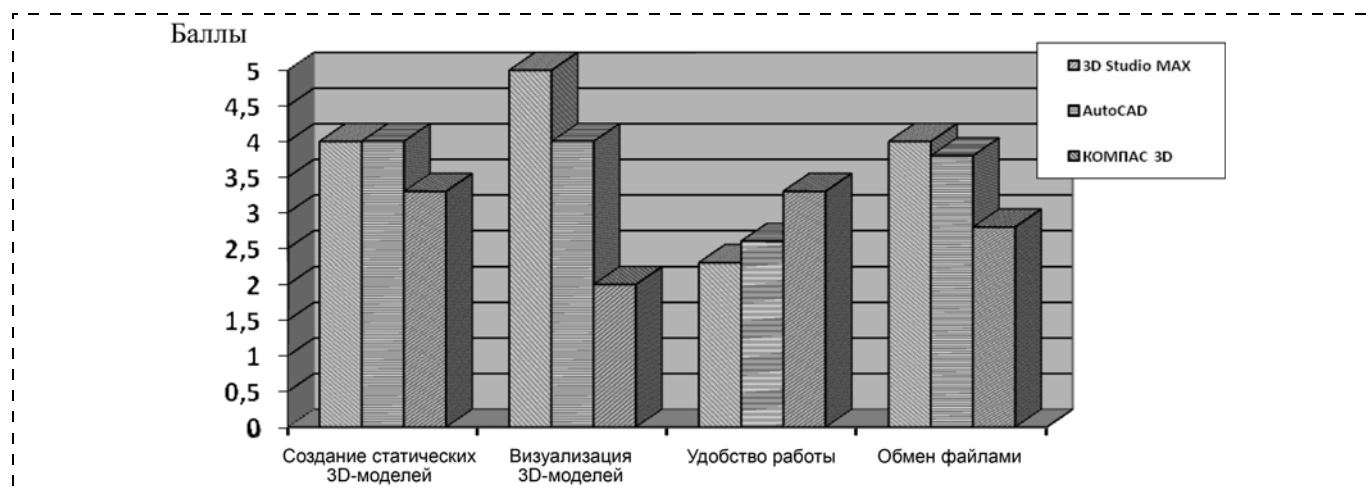


Рис. 7. Графическая интерпретация результата экспертной оценки эффективности программных продуктов для 3D-моделирования

из таблицы, критерии для оценки объединены в группы, отражающие основные требования к программным продуктам, предъявляемые МЧС России. Результаты комплексной оценки графически интерпретированы на рис. 7.

### Выводы

1. На основании требований и рекомендаций МЧС России предложена система критериев, позволяющих обосновать выбор наиболее приемлемого программного продукта для 3D-моделирования пространственно-расположенных объектов, который позволяет учесть в 3D-модели аспекты промышленной и экологической безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

2. Проведен сравнительный анализ наиболее доступных и распространенных в России программных продуктов 3D Studio MAX, AutoCAD, КОМПАС 3D для 3D-моделирования пространственно-расположенных объектов.

3. Среди рассмотренных программных продуктов, наиболее соответствующих требованиям и рекомендациям МЧС России, позволяющих создавать полноценные видеоролики, обеспечить высокую фотореалистичность, легко интегрироваться с другими программными продуктами и ГИС-системами, является 3D Studio MAX.

### Список литературы

1. Xi-Dao Luan, Yu-Xiang XIE, Long Ying and Ling-Da W.U. Research and Development of 3D Modeling // International Journal of Computer Science and Network Security. — 2008. — Vol. 8. — P. 49–53.
2. Письмо Министра РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий С. К. Шойгу Президенту Республики Башкортостан М. Г. Рахимову от 21.07.2008 № 43-2488.

3. Тихонова А. "Аватар" от МЧС // Деловой Петербург, СПб, 27-01-2010.
4. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 15 декабря 2009 г. № 412 "Об утверждении дополнительных требований к содержанию деклараций безопасности гидротехнических сооружений и методики их составления, учитывающих особенности декларирования безопасности гидротехнических сооружений различных видов в зависимости от их назначения, класса, конструкции, условий эксплуатации и специальных требований к безопасности".
5. Применение трехмерного моделирования для минимизации последствий аварийных ситуаций на ядерно- и радиационно-опасных объектах — <http://www.neolant.ru/press-center/articles/>
6. Merrier J. F. 3D Modeling of a Landslide-Induced Wave Hazard // FLOW-3D News, 2008. [http://www.flow3d.com/resources/news\\_08/res\\_news\\_summer08\\_03.html](http://www.flow3d.com/resources/news_08/res_news_summer08_03.html)
7. Weiss K. Trusting 3D roadway modeling to tackle a tricky intersection. The future is now in California // Rebuilding America's infrastructure, 2009. — Vol. 12. — P. 20–23.
8. Forkert G., Dorffner L. The Vienna 3D City Model // GEOinformatics, 2007. — Vol. 7. — P. 10–11.
9. Атнабаев А. Ф., Бахтизин Р. Н., Нагаев Р. З., Ефремова О. А., Павлов С. В., Сайфутдинова Г. М. ГИС модели для анализа последствий аварийных разливов нефти // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. — 2005. — № 1 (32). — С. 18–19.
10. Солодовников А. В. Использование твердотельного параметрического моделирования на службе отечественных проектировщиков объектов нефтеперерабатывающих предприятий // Нефтегазовое дело. — 2006 <http://www.ogbus.ru/authors/Solodovnikov/Solodovnikov1.pdf>. — 9 с.
11. Рекомендации по созданию трехмерных геоизображений (моделей) территорий и объектов жизнеобеспечения, потенциально-опасных, критически важных для национальной безопасности // Нормативно-методические документы по вопросам организации выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. — М.: ВНИИ ГОЧС, 2009. — 41 с.
12. Remondino F., El-Hakim S. Image-based 3D modeling: a review // The Photogrammetric Record, 2006. — Vol. 21. — P. 269–291.
13. Кидрук М. Компас-3D V10, 2009 г. — СПб.: Питер, 2009. — 560 с.
14. Требования к 3D моделям потенциально-опасных и социально-значимых объектов — <http://02.mchs.gov.ru/>
15. Стоимость лицензионных программных продуктов — <http://www.architect-design.ru/>
16. Тозик В. 3Ds MAX трехмерное моделирование и анимация на примерах. — СПб.: БВХ-Петербург, 2008. — 861 с.
17. Погорелов В. Н. 25 уроков AutoCAD 2005. — СПб.: Питер, 2005. — 332 с.
18. Погорелов В. И. AutoCAD 2009. 3D-моделирование. — СПб.: БВХ-Петербург, 2009. — 385 с.
19. САПР КОМПАС-3D — <http://vokb-la.spb.ru/>

УДК 378: 614.8

**В. М. Гришагин**, канд. техн. наук, доц., зав. каф., **В. Я. Фарберов**, нач. упр. безопасности, Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета  
E-mail: farberov09@rambler.ru

## О комплексной программе развития безопасности образовательных учреждений высшего профессионального образования

*Рассмотрена концепция комплексной программы развития безопасности образовательных учреждений высшего профессионального образования, отмечена ее актуальность, приведено содержание составных частей программы.*

**Ключевые слова:** безопасность жизнедеятельности, безопасность вуза в чрезвычайных ситуациях, безопасность вуза в повседневной деятельности, охрана труда, личная безопасность

**Griskhagin V. M., Farberov V. Ya. On a complex program of safety improvement at higher educational institutions**

*The article offers a concept of an integrated program of higher educational institutions safety development, the topicality of the concept and the meaning of its constituent parts are disclosed.*

**Keywords:** personal and social safety, safety of a higher educational institution in emergencies, safety of a higher educational institution in day-to-day activity, occupational safety and health, personal safety

Вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и безопасности предприятий, учреждений, организаций с развитием науки и техники и связанным с этим возрастанием энергетических и массовых загрязнений техносферы с каждым годом ставятся на повестку дня все острее и острее. В различном объеме и на различных уровнях проработки они рассматривались различными авторами и многие из них отражены в современных научных и учебно-методических работах, в том числе в статьях [2, 3]. Вместе с тем, проблемы обеспечения безопасности человека и образовательного учреждения, в котором он работает (учится), не могут сводиться только к созданию системы пожарной безопасности и защите от проявлений терроризма, они видятся нам гораздо шире и должны решаться в комплексе и на научной основе. Это требует разработки и реализации

комплексной программы развития безопасности образовательных учреждений.

Комплексная программа развития безопасности образовательных учреждений высшего профессионального образования должна предусматривать систему обучения сотрудников и студентов вопросам безопасности.

**Обучение сотрудников** должно проводиться во исполнение Федеральных законов 1994 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" и 1998 г. № 28-ФЗ "О гражданской обороне" в соответствии с Примерной программой обучения работающего населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, рекомендованной МЧС России, для чего также должен быть разработан комплект учебно-методических документов, включающих в себя теоретическую часть в виде лекционного курса, практическую часть в виде материалов для проведения тренировок и практических занятий и материалов для проведения комплексных учений и объектовых тренировок. При этом существенное внимание должно быть уделено вопросам пожарной безопасности, действиям в условиях проявлений терроризма, личным действиям в различных условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и криминогенного характера.

Такие документы также разработаны в Юргинском технологическом институте (филиале) Томского политехнического университета (далее — ЮТИ ТПУ), и по ним осуществляется обучение сотрудников.

**Обучение студентов** в обязательном порядке проводится в рамках дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", однако, учебными планами специальностей изучение данной дисциплины предусмотрено на различных курсах и, обычно, не на первом, а студент должен быть готов к возникающим опасностям с первых дней учебы в вузе. Ликвидировать такое несоответствие можно введением на первом курсе факультатива, например, "Введение в охрану труда", что реализуется в ЮТИ ТПУ.



Изучаемые дисциплины ("Безопасность жизнедеятельности" и "Введение в охрану труда") должны быть обеспечены полным комплектом учебно-методических документов для подготовки студентов всех форм обучения на основе действующих и с учетом перспективных рабочих программ учебных дисциплин — так называемым учебно-методическим комплексом дисциплины, включающим в себя:

— предварительные сведения о дисциплине (выписки из ГОС ВПО, выписки из образовательного стандарта вуза);

— общие сведения о дисциплине (рабочая программа учебной дисциплины и аннотация к ней, учебно-методическая карта дисциплины);

— учебно-методические материалы организации процесса обучения по дисциплине (материалы по теоретической части в виде учебника или учебного пособия, материалы по практической части в виде учебных пособий для практических и лабораторных занятий и решения контрольных работ студентами заочной формы обучения, материалы по организации самостоятельной познавательной деятельности, справочный и дополнительный материал по дисциплине в виде глоссария, словарей-справочников и т. п.);

— учебное пособие дипломнику для выполнения раздела выпускной квалификационной работы, посвященного вопросам безопасности;

— задания на учебные и преддипломную практики;

— комплект контролирующих материалов для проведения текущего контроля, экзаменов или зачетов (билеты, тесты и т. п.);

— образцы студенческой продукции (отчеты по практическим и лабораторным занятиям, по учебным практикам, контрольные работы).

Для студентов заочной формы обучения целесообразно иметь электронную версию учебно-методического комплекса дисциплины.

При этом построение учебно-методического комплекса должно исходить из того, что конечная цель изучения данных дисциплин студентами вуза — формирование личности, имеющей устойчивую потребность в безопасном поведении, что может явиться залогом более высокого уровня безопасности жизнедеятельности общества в целом.

В качестве комментария отметим, что сотрудниками ЮТИ ТПУ разработан полный комплект учебно-методического комплекса дисциплин "Безопасность жизнедеятельности" и "Введение в охрану труда" для студентов всех специальностей.

Для лучшего ориентирования в опасностях современного мира целесообразно разработать **паспорт личной безопасности** сотрудника и студента в чрезвычайных ситуациях, в котором могут отражаться личные данные, обязанности сотрудника и студента по выполнению мероприятий защиты в чрезвычайных ситуациях, варианты их действий в различных экстремальных ситуациях (радиационное, химическое и

бактериологическое заражение, аварии со взрывами и пожарами, землетрясение, наводнение, лесные и степные пожары, снежные заносы и метели, гололед, ураганы и бури, обнаружение подозрительных веществ в почтовых отправлениях, обнаружение подозрительных предметов, похожих на взрывное устройство, захват людей в заложники, аварии на автотранспорте, криминальные ситуации и т. п.), порядок оказания первой медицинской помощи пострадавшим, список телефонов дежурно-диспетчерских служб. Паспорт личной безопасности имеется у всех сотрудников и студентов ЮТИ ТПУ.

В рамках концепции непрерывного многоуровневого образования в области безопасности жизнедеятельности, развернутой в статье С. В. Белова [1], необходимо разработать комплект методических документов по **организации и осуществлению взаимодействия вуза с другими уровнями образования.**

В контексте реализации упомянутой концепции ЮТИ ТПУ организует тесное взаимодействие с управлением по г. Юрге ГУ МЧС России по Кемеровской области, ГУ "Агентство по защите населения и территории Кемеровской области", муниципальными учреждениями дополнительного образования детей в области экологии и безопасности жизнедеятельности, средними учебными заведениями, особенно со специализированными классами и кадетскими корпусами МЧС России. Дальнейшее развитие концепции непрерывного образования видится в усилении и укреплении взаимодействия и сотрудничества с вышеупомянутыми организациями, для чего предпринимаются действия по установлению стратегического партнерства, совместному проведению научно-практических конференций, семинаров как на базе института, так и во взаимодействующих структурах, а также взаимодействие с другими вузами региона.

При решении **практических вопросов обеспечения безопасности** следует выделять два направления: безопасность в чрезвычайных ситуациях и безопасность в повседневной деятельности.

**Безопасность в чрезвычайных ситуациях** должна обеспечиваться, прежде всего, по таким основным направлениям, как пожарная безопасность и защита от различных проявлений терроризма, а в условиях расположения вуза в сейсмоопасных районах или на территориях, подвергающихся периодическим подтоплениям или другим чрезвычайным ситуациям природного характера, — и вопросам защиты в условиях таких ЧС. Особое внимание должно уделяться и в ЮТИ ТПУ уделяется постоянному решению вопросов повышения устойчивости функционирования в ЧС. К таким вопросам можно отнести: оснащение зданий и сооружений вуза системами автоматической пожарной и охранной сигнализации, системами наружного и внутреннего видеонаблюдения, кнопками тревожного вызова охранных структур; огнезащитную обработку деревянных конструкций чердач-

ных перекрытий; своевременную проверку (а при необходимости — замену) сопротивления изоляции линий энергоснабжения; периодическое освидетельствование зданий и сооружений на предмет их структурной устойчивости; поддержание в нормальном состоянии подъездных путей, пожарных гидрантов и кранов и их периодическое освидетельствование; систематическое обучение и тренировки сотрудников и студентов действиям в условиях ЧС и т. д.

В ЮТИ ТПУ по этим направлениям выполнены перечисленные ниже мероприятия:

1. По вопросам пожарной безопасности — определен противопожарный режим в институте; разработана инструкция по соблюдению мер пожарной безопасности на объектах института; 2 раза в год проводится противопожарный инструктаж сотрудников; пути эвакуации сотрудников и студентов выполнены из негорючих материалов; все решетки на окнах сделаны распашными; все учебные корпуса оснащены современными системами автоматической пожарной сигнализации, которые находятся под постоянным обслуживанием; архив института оснащен системой автоматического пожаротушения; деревянные перекрытия чердаков учебных корпусов обработаны огнезащитным составом; во всех учебных корпусах размещены знаки пожарной безопасности; проводятся ежегодные проверки пожарных кранов на водоотдачу, ежегодные перекачки пожарных рукавов; 1 раз в три года (по нормам) проводятся замеры сопротивления изоляции всех учебных корпусов; 1 раз в полугодие совместно с ГУ "17 отряд ФПС" по Кемеровской области проводятся тренировки по эвакуации сотрудников и студентов из учебных корпусов в случае пожара или его угрозы.

2. По вопросам противодействия терроризму — разработана согласованная с ОВД и Управлением ГО ЧС инструкция по обеспечению безопасности на объектах института; во всех учебных корпусах размещены уголки "Терроризм — угроза обществу"; благодаря губернаторской программе осуществлено оснащение учебных корпусов камерами наружного видеонаблюдения (44 шт.); за счет своих средств учебные корпуса оснащены и камерами внутреннего видеонаблюдения (15 шт.); все учебные корпуса и общежитие оснащены системами охранной сигнализации и кнопками тревожной сигнализации; 1 раз в полугодие проводятся тренировки по эвакуации сотрудников и студентов из учебных корпусов в случае угрозы совершения террористических актов, создан и постоянно работает студенческий спасательный отряд.

**Безопасность вуза в повседневной деятельности** заключается в своевременном решении вопросов охраны труда, обеспечении сохранности имущества вуза и его сотрудников и студентов, в оснащении зданий и сооружений вуза системами автоматической пожарной и охранной сигнализации (а отдельных помещений — системами автоматического пожаротушения), видеонаблюдения, кнопками тре-

возного вызова охранных структур, реализации четко налаженной системы пропускного режима, защите от криминогенных ситуаций, что также требует глубокой теоретической, методической и практической проработки.

В какой-то мере эти вопросы перекликаются с предыдущими, однако есть и другие направления, как-то:

— проведение периодических медицинских освидетельствований всех сотрудников;

— разработка инструкций и проведение периодических инструктажей по охране труда;

— периодическое обучение руководителей структурных подразделений по вопросам охраны труда;

— постоянный текущий контроль за соблюдением техники безопасности при выполнении различного вида работ;

— постоянный контроль за соблюдением пропускного режима и режима перемещения оборудования и имущества вуза;

— разработка памяток о бдительности в различных условиях и доведение информации о всевозможных нарушениях правопорядка по причине халатности должностных лиц, сотрудников и студентов;

— проведение аттестации рабочих мест по условиям труда и, на этой основе — разработка программы по обеспечению безопасных условий труда;

— разработка и реализация программы производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических мероприятий.

Все эти вопросы также успешно решаются в ЮТИ ТПУ.

Комплексная программа развития безопасности ЮТИ ТПУ была доложена Ученому Совету института весной 2009 г., получила одобрение и поддержку, что послужило основой для ее дальнейшего успешного внедрения.

Таким образом, разработка комплексной программы развития безопасности образовательного учреждения требует всестороннего анализа состояния образовательного учреждения, степени его подготовленности и защищенности на современном этапе развития и теоретической разработки нерешенных вопросов и их практической реализации.

Не претендуя на однозначность трактовки подхода к комплексной программе развития безопасности образовательного учреждения, авторы приглашают к обсуждению программы всех заинтересованных лиц.

#### Список литературы

1. Белов С. В., Девисилов В. А. Российская концепция непрерывного многоуровневого образования в области безопасности жизнедеятельности // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — № 4. — С. 4—8.
2. Девисилов В. А. Компетенции в области безопасности // Безопасность в техносфере. — 2007. — № 3. — С. 41—49.
3. Ефимов В. Ф. Некоторые практические вопросы организации комплексной безопасности учреждений образования // Безопасность в техносфере. — 2007. — № 3. — С. 20—22.

УДК 628.543

**Б. С. Ксенофонов**, д-р техн. наук, проф., **М. В. Иванов**, асп., **Р. Э. Геворкян**,  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
E-mail: kbsflot@mail.ru

## Флотационная очистка сточных вод с использованием вибровоздействий

*Рассмотрены способы интенсификации очистки сточных вод флотацией с использованием вибрационных воздействий, включая воздействие вибрации и шума акустического диапазона на пузырьки воздуха. Установлено влияние вибрационных воздействий на размер и количество газовых пузырей. Показана возможность определения размеров газовых пузырей акустическими методами.*

**Ключевые слова:** флотация, вибровоздействие, очистка сточных вод

**Ksenofontov B. S., Ivanov M. V., Gevorgjan R. E. Sewage treatment by flotation with use of vibrating influence**

*Ways of an intensification of sewage treatment by flotation with use of vibrating influences, including influence of vibration and noise of an acoustic range on bubbles are considered. Researches influence of vibrating influences on the size and quantity of gas bubbles is established. Besides alongside with technological aspects the possibility of definition of the sizes of gas bubbles is shown by acoustic methods.*

**Keywords:** flotation, vibration, sawage treatment

Флотационный процесс извлечения загрязнений из сточных вод является достаточно сложным физико-химическим явлением. В практике все чаще наблюдается подтверждение тому, что процесс флотации необходимо рассматривать как многостадийный, включающий образование флотокомплексов, их всплытие и разрушение в пенном слое [1]. Особого внимания, по мнению авторов, заслуживает стадия образования флотокомплексов, в частности при взаимодействии газовых пузырьков с гидрофобно-гидрофильными загрязнениями. В последнем случае важно уменьшить размер газовых (воздушных) пузырьков, а также влияние тонких водных пленок на поверхности гидрофобно-гидрофильных загрязнений на образование флотокомплексов частица — пузырек. Это

следует из теории и практики флотационного способа очистки сточных вод [1—2]. Одним из способов, с помощью которого можно добиться уменьшения размера газовых пузырьков, а также уменьшения влияния тонких водных пленок на образование комплексов частица загрязнений — пузырек, является использование вибровоздействий.

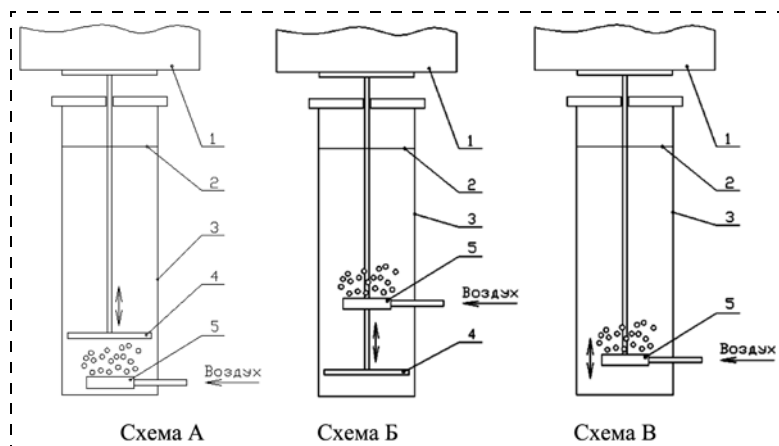
Представляется возможным с учетом поставленных задач получить качественно новый метод вибрационной флотации, используя разные уровни и частоты виброакустического воздействия в тех областях, где они наиболее необходимы. Однако при этом следует решить проблему регистрации размера пузырьков. В настоящее время существуют два основных метода регистрации размера пузырьков в воде: метод фото/видео регистрации и ультразвуковой метод. Для получения эффективных результатов последним методом необходимо, чтобы по всему исследуемому объему пузырьки были равномерно распределены, а их размер по возможности был одинаковым. Для большинства задач, решаемых флотационной очисткой, это условие представляется трудно выполнимым. При регистрации пузырьков методом фото/видео фиксации важно обеспечить высокую прозрачность водного слоя, чего также трудно добиться при флотации стоков. Кроме того, достаточно трудно качественно сфотографировать пузырьки размером 20...30 мкм.

Изучая амплитудно-частотный спектр пузырьков воздуха, представляется возможным разработать новый метод определения как размера пузырьков воздуха в воде, так и их количества.

### Описание экспериментальной установки

Для проведения исследований была собрана установка, представленная на рис. 1, состоящая из колонны 3 диаметром 110 мм, изготовленной из стеклопластика, в которой закреплен аэратор 5. Вибратор 1 с помощью тяги приводит в движение





**Рис. 1. Схемы включения экспериментальной установки:**

1 — вибратор; 2 — свободная поверхность воды; 3 — корпус колонны; 4 — поршень; 5 — аэратор

поршень 4, который в свою очередь погружен на некоторую заданную глубину в колонне. Поршень представляет собой пластину различных форм, выполненную из стеклопластика. Вибратор работает от усилителя мощности, сигнал на который подается с помощью генератора. Подаваемый сигнал имеет синусоидальную форму. Уровень заполнения колонны водой был равен числу, кратному диаметру колонны, и составлял от 3 до 5 диаметров колонны.

Установка собиралась в трех различных вариантах: А, Б, В. При сборке по схеме А аэратор находится в самом низу колонны, поршень находится либо непосредственно над аэратором, либо на некотором удалении от него. Принципиальное отличие схемы Б заключается в том, что аэратор находится сверху от поршня. При включении установки по схеме В вибрационному воздействию подвергается непосредственно аэратор, который с помощью тяги соединяется с вибратором. Поршень в данной схеме отсутствует.

Стоит отметить, что при воздействии вибрации с частотами от 10 до 10 000 Гц длина звуковой волны изменяется от 150 м до 15 см, а направление распространения звука является двусторонним (как вниз от поршня, так и вверх). Таким образом, с этой точки зрения на изменение взаимного расположения поршня и аэратора, а также расстояния между ними не должно оказать какого-либо значительного влияния на окончательный результат. Однако в ходе проведения экспериментов были обнаружены различные эффекты. Это обусловлено тем, что в случае включения по схеме А пузырьки воздуха, выходя из аэратора, попадают на вибрирующий поршень, который оказывает на них в дополнение к акустическому механическое воздействие. При включении же по схеме Б имеет ме-

сто исключительно вибрационно-акустическое воздействие на пузырьки воздуха и флотокомплексы. Изменение расстояния между поршнем и аэратором изменяет время, которое требуется пузырьку или флотокомплексу для преодоления пути от аэратора до поршня. При этом длительность акустического воздействия может оказаться решающей для достижения требуемого результата.

В процессе проведения экспериментов применялись аэраторы различных типов и конструкций: керамические аэраторы трех типоразмеров, два самодельных аэратора, собранных из резиновых шлангов с порами разных размеров. Диаметр пузырьков варьировался от 0,5 до 10 мм в зависимости от типа аэратора.

Воздух в аэраторы подавался с помощью двух типов компрессоров, отличающихся между собой мощностью. Оба компрессора имеют возможность регулировки количества подаваемого воздуха. Так как на данном этапе исследования не ставилась задача количественной оценки полученных результатов, для каждого типа аэратора устанавливалось три уровня расхода воздуха:

- *максимальный* для данного типа аэратора;
- *средний*, при котором пузырьки максимально равномерно распределены по площади сечения колонны;
- *минимальный*, при котором пузырьки поднимаются в одну струю с минимальным распределением по площади сечения.

Уровень расхода ограничивался не только возможностями компрессора и диаметром пор аэратора, но и стремлением к некоторой однородности размера пузырей для каждого уровня расхода воздуха.

Регистрация результатов экспериментов проводилась двумя методами. Первый — фотометрический. Он применялся для фиксации эффекта и его качественной оценки. Для этого проводилось фотографирование и видеорегистрация колонны и пузырьков воздуха в ней с помощью макрообъектива. Съемка велась в обычном водовоздушном потоке без использования кювет и прочих устройств, которые могли бы привести к нарушению режима течения смеси и сплошности потока. Данный метод можно считать основным методом регистрации.

Второй метод регистрации разрабатывался для качественно-количественной оценки размера пузырьков и описания явлений. При этом измерялся уровень шума в водном слое и уровень вибрации на поверхности корпуса колонны. Для определения уровня шума в толщу воды в колонне был погружен и закреплен гидрофон. С гидрофона сиг-



нал через предварительный усилитель подавался на узкополосный либо третьоктавный анализатор спектра реального времени в зависимости от необходимости. Для определения уровня вибрации гидрофон заменялся акселерометром, который закреплялся на корпусе колонны. Следует отметить, что с помощью акселерометра, закрепленного на корпусе колонны, можно измерять уровень виброускорения колонны, а не водного слоя. Поэтому для обоснования возможности оценки уровня вибрации воды с помощью акселерометра необходимо оценить волновое сопротивление сред — стеклопластика и воды, представляющее собой произведение плотности среды и скорости распространения звука в ней. Плотность стеклопластика составляет  $2000 \text{ кг/м}^3$ , скорость звука —  $2000...2300 \text{ м/с}$ , т. е. волновое сопротивление равно  $(4...4,6) \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ . Плотность воды составляет  $1000 \text{ кг/м}^3$ , скорость звука  $1500 \text{ м/с}$ , тогда волновое сопротивление воды равно  $1,5 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ . Как видно, данные значения являются величинами одного порядка, поэтому можно с некоторым допущением считать, что вибрация на поверхности корпуса колонны отражает качественные характеристики вибраций, происходящих в воде.

### Результаты экспериментальных исследований

При проведении экспериментов было установлено, что наибольший эффект обнаружен при виброакустическом воздействии непосредственно на аэратор. Суть эффекта, заключающегося в уменьшении размера пузырьков и увеличении их количества, сводится к тому, что при наложении акустических воздействий определенных частот истечение воздуха из аэратора значительно увеличивается. При этом компрессор работает в том же режиме, что и без акустического воздействия. Отмечено, что интенсификация наблюдается как на основной частоте, так и на ее гармонических составляющих. На рис. 2 представлены результаты воздействия вибрации на два типа керамических аэраторов: с крупными порами (сверху) и с мелкими порами (снизу). Слева показана аэрация до наложения виброакустических воздействий, а справа — после. При этом на верхней паре рисунков вибровоздействию подвергается непосредственно аэратор, а на нижней — возмущение создается поршнем и вибрация передается через водный слой на аэратор.

Отметим, что частота, при которой данный эффект наблюдается наиболее четко, подбирается индивидуально для каждого типа аэраторов с целью получения эффекта резонанса — совпадения собствен-

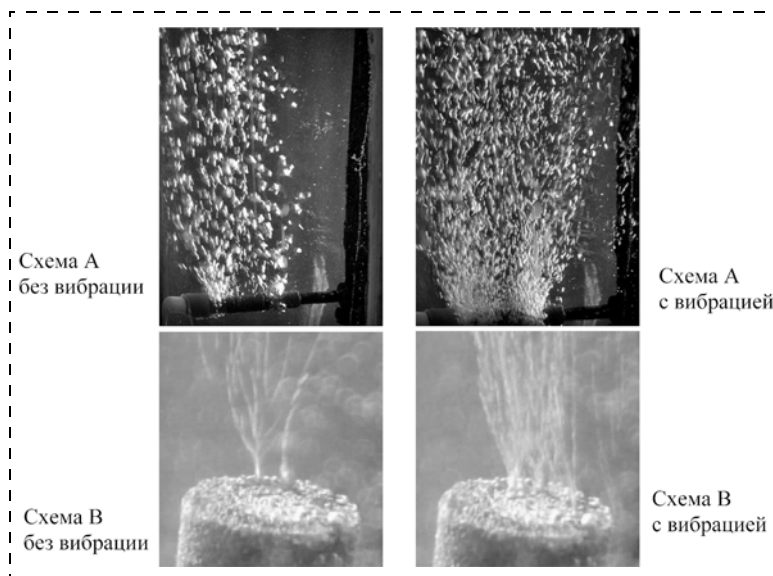


Рис. 2. Аэрация до (слева) и после (справа) воздействия вибрации при аэрировании через крупнопористый аэратор (сверху) и мелкопористый аэратор (снизу)

ных частот аэратора с вынужденными частотами поршня, приводящего к значительному уменьшению гидравлического сопротивления аэратора. Подобная интенсификация истечения воздуха из аэратора наблюдается как при включении установки по схеме А или Б, т. е. тогда, когда непосредственного воздействия на аэратор не оказывается, так и при включении по схеме В, когда вибрационному воздействию подвергается сам аэратор. При этом было отмечено, что при работе по схеме В требуемые энергозатраты для достижения данного эффекта ниже на  $20...30 \%$ , чем при работе по схеме А или Б.

Проведенные эксперименты показали на увеличение коалесценции пузырьков при воздействии на них вибрации. Фото коалесцирующих пузырьков приведены на рис. 3.

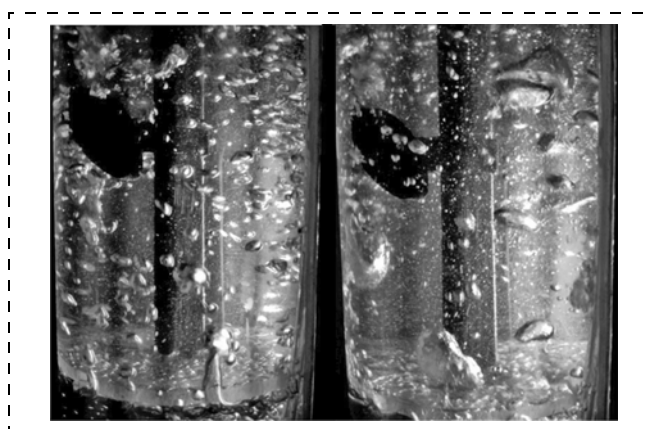


Рис. 3. Воздействие вибрации на коалесцирование воздушных пузырьков без вибрации (слева) и с вибрацией (справа)

При работе установки по схеме А эффект коалесценции наиболее четко наблюдался при частотах от 160 до 350 Гц. При других частотах, вне указанного интервала, эффект не наблюдался. Следует также отметить, что при включении установки по схеме Б коалесценция не наблюдалась ни на каких акустических частотах и уровнях.

Хорошие результаты были достигнуты при диспергировании пузырьков воздуха с помощью вибрационных воздействий при сборе установки по схеме А. Фото пузырьков, полученных в результате проведения таких экспериментов, представлены на рис. 4. В этом случае частота воздействия составляла 40 Гц. Размер воздушных пузырьков до воздействия варьировался от 0,5 до 3 мм. Расход воздуха был минимальным, поэтому пузырьки всплывали в виде узкого факела распределения по площади сечения колонны. На рис. 4 видно, что при наложении вибрационного воздействия пузырьки воздуха значительно диспергировались и их размер составлял не более 0,5 мм. Это значение составляет минимальный размер пузырьков, который можно зафиксировать используемыми методами измерения с помощью установки, описанной ранее.

Кроме диспергирования отмечено перемешивание пузырьков в водной среде. При этом турбулизация потока возрастала незначительно. Как и в случае с коалесценцией, непосредственное воздействие вибрации и шума акустического диапазона на пузырьки воздуха (схема Б) ощутимых результатов не дало.

Наряду с описанными выше опытами был проведен также анализ спектра пузырей воздуха в колонне. Был проведен анализ пяти режимов работы установки с различными аэраторами:

1) малый керамический аэратор (тип 1, минимальный расход воздуха);

2) малый керамический аэратор (тип 1, средний расход воздуха);

3) малый керамический аэратор (тип 1, максимальный расход воздуха);

4) большой керамический аэратор (тип 2, максимальный расход воздуха от компрессора большой мощности);

5) большой резиновый аэратор (тип 3, максимальный расход воздуха от компрессора большой мощности).

При этом наименьший размер пузырька обеспечивал режим работы 3 (менее 1 мм), а в режимах 1 и 2 — примерно одинаковый размер пузырька (около 1 мм).

Значительное увеличение размера пузырька происходит при использовании режима работы 4 (средний размер пузырька — до 3 мм) и режима работы 5 (средний размер пузырька — 5...10 мм), что неприемлемо для проведения эффективной флотационной очистки.

Предварительно было произведено измерение уровней шума в 1/3-октавных полосах частот в спокойном невозмущенном состоянии. Для этого в колонну был налит столб воды высотой, равный 5 диаметрам колонны. После проведения четырех последовательных измерений было рассчитано среднее арифметическое значение четырех измерений, которое было принято за фоновый шум. Затем был произведен ряд последовательных измерений (от 1 до 4) для каждого режима работы установки и вычислено среднее арифметическое значение для каждого из режимов. Полученное значение включало в себя фоновую составляющую.

Для исключения фоновой составляющей было произведено вычитание уровней шума по правилу вычитания логарифмических уровней. При этом, если разница между измеренным значением и фоновым уровнем составляла менее 3 дБ, то полученные данные исключались из рассмотрения. А в случае разницы между измеренным значением и фоновым уровнем более 10 дБ фоновым значением пренебрегали. Также выбраковке подвергались значения уровней вибрации на частоте 50 Гц, так как это частота электрического тока сети, и соответственно частота колебаний всех измерительных и прочих приборов, работающих от сети и установленных на том же столе, что и колонна, и, как следствие, передающих свою вибрацию колонне. Для каждого режима работы были получены свои характерные основные частоты и их гармонические составляющие. Их значения сведены в таблице.

Анализируя данные, представленные в таблице, можно сделать следующее заключение, что чем больше диаметр пузырька воздуха, тем ниже характерная частота спектра. Кроме того, очевидна следующая закономерность, что чем больше расход диспергированного воздуха, тем выше общий уровень шума.

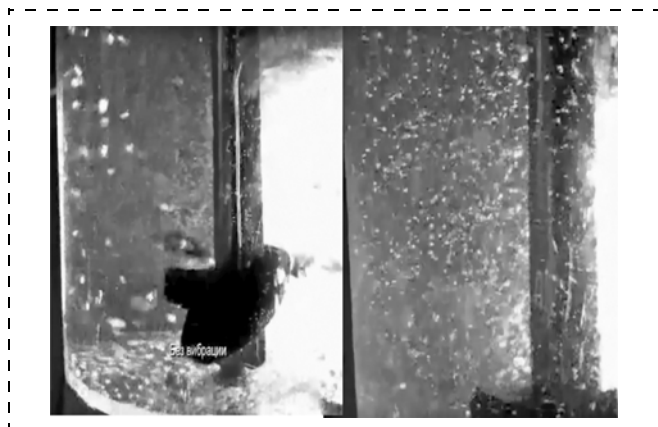


Рис. 4. Воздействие вибрации на диспергирование воздушных пузырьков без вибрации (слева) и с вибрацией (справа)



Характерные основные и гармонические частоты для пяти исследуемых режимов работы

Средний размер пузырьков в данном режиме, мм	Основная частота, Гц	Гармонические составляющие, Гц, по гармоникам				Номер режима
		1-й	2-й	3-й	4-й	
До 1	1600	160	1,6	—	—	3
1	1000	100	—	—	—	2
1	800	80	8	—	—	1
3	630	63	5	—	—	4
5—10	500	250	100	40	20	5

Для флотационного процесса наряду с размером пузырьков и их количеством важнейшее значение имеет величина скорости всплытия флотокомплексов пузырек—частица загрязнений, определяемая в первую очередь скоростью всплытия ненагруженных (не образующих флотокомплексы) пузырьков. В конечном счете, именно эта скорость определяет такие значимые характеристики флотационного аппарата, как габаритные размеры и общее время флотационного процесса очистки воды.

В настоящее время довольно часто в практике очистки воды применяют различные реагенты, в частности поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые могут оказывать влияние на скорость всплытия пузырьков. Например, в основе ионной флотации лежит процесс подъема флотокомплекса, образованного молекулой ПАВ, пузырьком воздуха и ионом загрязняющего вещества.

В этой связи одна из задач заключалась в определении влияния ПАВ на скорость всплытия воздушных пузырьков разного размера. Измерение скорости всплытия производилось путем измерения времени прохождения пузырьком заданного расстояния. Время фиксировалось с помощью электронного секундомера.

Экспериментальная установка для решения указанной задачи (рис. 5) включала прозрачную цилиндрическую колонну 1, закрепленную на подставке 2. На дне колонны установлены аэраторы 3, подсоединенные к компрессору 4 через систему вентилях. Внутри колонны имеется шкала измерения 5, а на наружной части — отмечены уровни начала и конца расчетного участка колонны (расстояние между метками  $H = 600$  мм). На штативе 6 перед колонной установлена видеокамера 7, подключенная к компьютеру 8. Для улучшения качества съемки установка также оснащена дополнительным источником света 9.

Для определения влияния ПАВ на скорость всплытия пузырьков представляется целесообразным сравнить значения скорости в дистиллированной воде, водопроводной воде и в воде, содержащей ПАВ в различных концентрациях. В качестве

ПАВ использовалось часто применяемое вещество ОП-10 по ГОСТ 8433—81. Испытания проводились для следующих значений концентраций: 1, 5, 10, 15, 20 мг/л. Отметим, что приготовление раствора ПАВ определенной концентрации необходимо проводить непосредственно перед началом эксперимента во избежание нежелательных последствий его старения (например, мицеллообразования).

Эксперимент проводили следующим образом. Колонну наполняли подготовленной жидкостью. Включали компрессор и с помощью вентилях устанавливали режим, при котором образовывались пузырьки примерно одинакового размера. Применяя разные аэраторы и регулируя расход газа, удалось получить пузырьки нескольких размеров. Измерения времени всплытия проводились отдельно для каждого полученного размера пузырька. Причем, для повышения точности измерения повторяли до десяти раз. С помощью секундомера определяли время перемещения выбранного для наблюдения пузырька от нижней метки до верхней. Для определения размеров пузырька использовали камеру, соединенную с компьютером. Она позволяет не только в реальном времени следить за движением пузырьков, но и делать их фотоснимки на фоне шкалы измерения внутри колонны. Визуальное сравнение пузырька на фотографии с единицей шкалы измерения дает искомый размер. Регулирование расстояния, угла зрения и света дает возможность добиться лучшего качества фотографий, а значит увеличить точность.

После проведения необходимого числа экспериментов была произведена обработка полученных данных. По известным величинам расстояния и времени была рассчитана скорость всплытия пузырька, а по фотографии — размеры и форма.

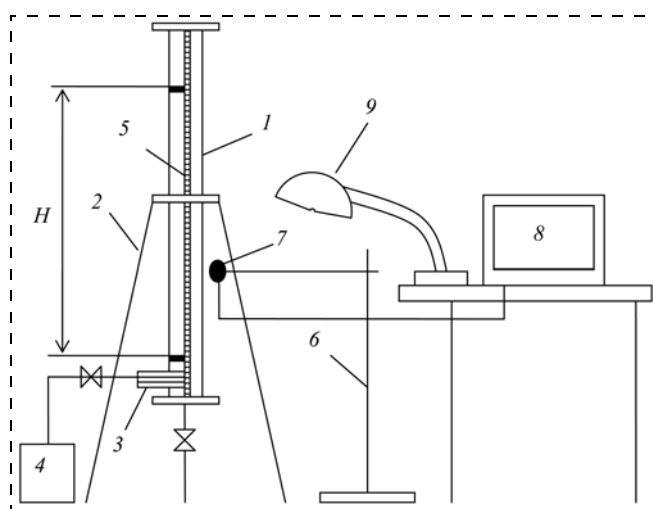


Рис. 5. Схема установки для определения скорости всплытия пузырьков

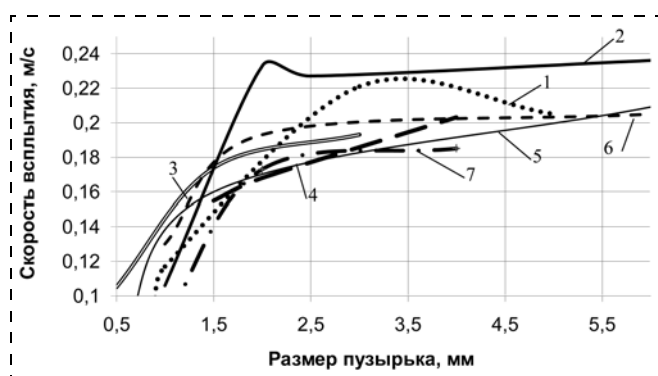


Рис. 6. Зависимость скорости вскрытия пузырьков от их размера в различных жидкостях:

1 — дистиллированная вода; 2 — водопроводная вода; 3 — вода с концентрацией ПАВ  $C = 1$  мг/л; 4 — то же,  $C = 5$  мг/л; 5 — то же,  $C = 10$  мг/л; 6 — то же,  $C = 15$  мг/л; 7 — то же,  $C = 20$  мг/л

В результате были получены значения скорости всплытия пузырьков разного размера в дистиллированной и водопроводной воде, а также в воде, содержащей различные концентрации ПАВ. На рис. 6 представлены данные, отражающие зависи-

мость скорости всплытия воздушных пузырьков от их размеров в исследуемых жидкостях.

Анализируя результаты экспериментов можно отметить, что при увеличении размеров пузырька сначала наблюдается рост скорости всплытия, а затем после достижения максимума скорость может начать падать. Это связано с ростом сопротивления движению пузырька в связи с изменением его формы. С увеличением концентрации ПАВ в воде скорость всплытия пузырьков уменьшается. Это связано с тем, что молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности пузырьков, тем самым увеличивая сопротивление.

Полученные экспериментальные данные имеют важное практическое значение. Достоверные сведения о величине скорости всплытия пузырьков открывают новые возможности как для расчета, так и для оптимизации эксплуатационных режимов флотационных аппаратов.

#### Список литературы

1. Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. — М.: Новые технологии, 2010. — 270 с.
2. Мещеряков Н. Ф. Кондиционирующие и флотационные машины и аппараты. — М.: Недра, 1990. — 236 с.

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

УДК 532.526.2

**В. М. Козин**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., зав. лаб., **А. В. Погорелова**<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., **Е. Г. Рогожникова**<sup>2</sup>, асп., **В. Ю. Верещагин**<sup>2</sup>, асп.

<sup>1</sup> Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре

<sup>2</sup> Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет,

г. Комсомольск-на-Амуре

E-mail: steinbockh@mail.ru

### Повышение эффективности разрушения ледяного покрова судами на воздушной подушке резонансным методом

*Рассмотрены методы повышения эффективности разрушения ледяного покрова резонансным методом. Анализ проведен на основании разработанных и защищенных авторами патентов РФ на изобретения.*

**Ключевые слова:** ледяной покров, изгибно-гравитационные волны, разрушение, резонанс, амфибийные суда на воздушной подушке

**Kozin V. M., Pogorelova A. V., Rogozhnikova E. G., Vereshchagin V. Y. Methods of improving the destruction efficiency of ice cover on an air cushion vessels resonance method**

*The paper discusses methods of improving the destruction efficiency for ice-resonance method. Analysis was conducted on the basis of the developed and protected by the authors RF patents for invention.*

**Keywords:** ice cover, flexural-gravity waves, destruction, resonance, amphibious hovercraft

Одной из проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности человека является совершенствование существующих и разработка перспективных технологий борьбы с ледовыми осложнениями на замерзающих водных акваториях. Среди

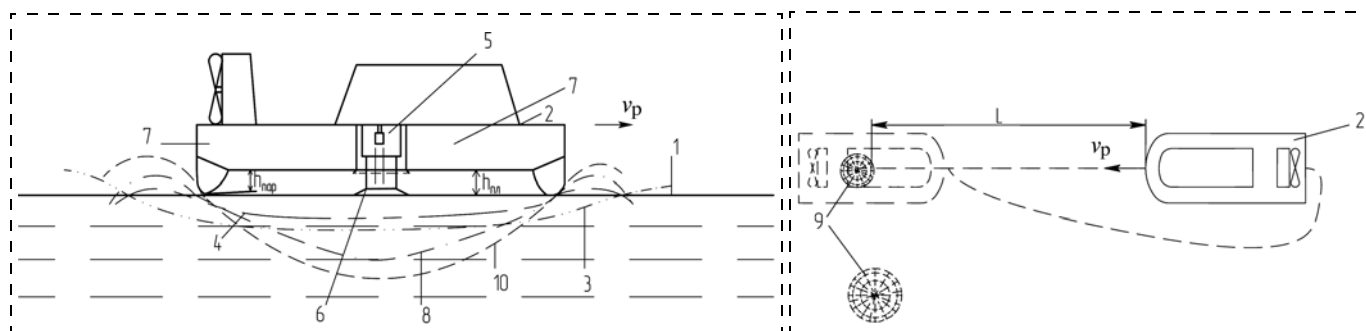


Рис. 3. Схема деформирования ледяного покрова СВП с помощью выдвижного плунжера

Рис. 4. Маневрирование СВП после образования во льду майны

них — использование амфибийных судов на воздушной подушке (СВП) для разрушения ледяного покрова резонансным методом [1] (рис. 1 — см. 3-ю стр. обложки), который в определенных условиях, например, в условиях мелководья, оказывается более эффективным и единственно возможным по сравнению с традиционными средствами разрушения льда. Данный разработанный и апробированный метод [1, с. 87] осуществляется путем возбуждения резонансных изгибно-гравитационных волн (ИГВ) в ледяном покрове (ЛП) при движении судна по льду с резонансной скоростью, т. е. равной скорости распространения ИГВ, при которой движение нагрузки сопровождается интенсивной подкачкой энергии в колеблющуюся систему "лед — вода", что вызывает резкое увеличение прогибов ЛП. Математическое обоснование взаимосвязи параметров ИГВ с характеристиками льда и глубины водоема приведено в работе [2, с. 147].

Когда масса СВП и давление в ее воздушной подушке (ВП) оказываются недостаточными для разрушения ледяного покрова заданной толщины и с соответствующими физико-механическими свойствами льда, ледоразрушающую способность СВП можно повысить за счет создания или использования существующих ледовых условий, конструктивных особенностей и технологий маневрирования СВП при выполнении ледокольных операций.

### Создание майн

Один из методов повышения эффективности разрушения ледяного покрова заключается в увеличении амплитуды резонансных ИГВ, возбуждаемых движущимся СВП. Требуемый результат достигается путем образования в ледяном покрове майны (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки), создаваемой во льду перед началом выполнения ледокольных работ резонансным методом, так как ледяное поле, имеющее свободную кромку, легче раскачать до предельных амплитуд [3, с. 84—88].

Для реализации этого в корпусе судна на одной вертикали с центром масс его корпуса может быть установлен вертикальный выдвижной плунжер, который способен обеспечить СВП периодические вертикальные перемещения с частотой резонансных ИГВ.

Для пояснения метода на рис. 3 показана схема деформирования ледяного покрова СВП, а на рис. 4 — схема его маневрирования при выполнении ледокольных работ. Этот метод реализуется следующим образом. По ледяному покрову 1 перемещают СВП 2 с резонансной скоростью  $v_p$ . Если амплитуда возбуждаемых ИГВ 3 оказывается недостаточной для разрушения льда, то судно 2 останавливают. От статического нагружения в ледяном покрове возникнет чаша прогиба 4. При помощи гидропривода 5 начинают выдвигать вертикальный плунжер 6, установленный в корпусе 7 судна 2. При этом величина выдвижения плунжера  $h_{пл}$  должна быть больше высоты парения корпуса СВП над поверхностью льда  $h_{пар}$ , что необходимо для полной передачи веса СВП на лед, т. е. в этом случае произойдет замена распределенной нагрузки на сосредоточенную и увеличение кривизны чаши прогиба от положения 4 до профиля 8. После этого плунжеру 6 при помощи гидропривода 5 сообщают периодические вертикальные перемещения с частотой резонансных ИГВ. Локализация нагрузки на лед от веса судна и ее динамическое воздействие приведет к разрушению ледяного покрова и образованию в нем майны 9, заполненной битым льдом (см. рис. 4). После этого плунжер 6 задвигают в исходное положение. После приготовления майны 9 СВП удаляют от нее на расстояние  $L$ , достаточное для развития ИГВ максимальной амплитуды при движении СВП с резонансной скоростью  $v_p$ . Увеличение дифферента судна на корму прекращается, что является условием достижения ИГВ максимальной амплитуды. Это и определяет достаточность расстояния  $L$ . Затем судно 2 разворачивают и начинают движение с резонансной скоростью в направлении майны 9. В момент ее

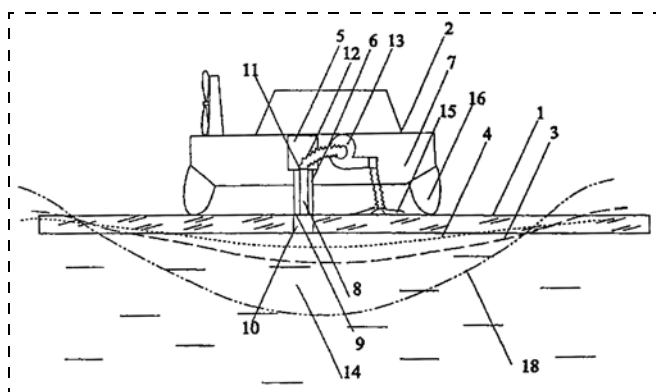


Рис. 5. Схема деформирования ледяного покрова СВП с использованием бура

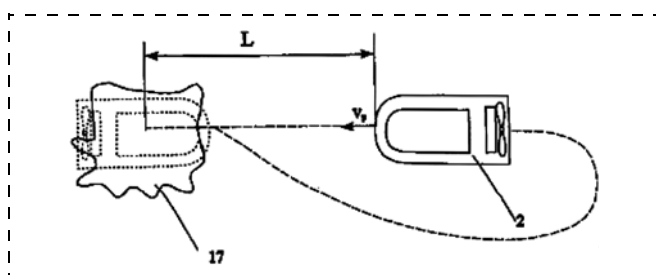


Рис. 6. Траектория движения СВП, оснащенного буром, при выполнении ледокольных работ

прохождения в ледяном покрове амплитуда ИГВ возрастает до профиля 10, и лед начнет разрушаться за судном при его поступательном движении [4].

Еще один метод разрушения ледяного покрова предусматривает образование майны ледовым буром, установленным в корпусе судна [5]. На рис. 5 показано продольное сечение СВП; на рис. 6 — траектория его движения при выполнении ледокольных работ.

Этот метод реализуется следующим образом. По ледяному покрову 1 перемещают СВП 2 с резонансной скоростью  $v_p$ . Если амплитуда возбуждаемых ИГВ 3 оказывается недостаточной для разрушения льда, то судно 2 останавливают. От статического нагружения в ледяном покрове возникнет чаша прогиба 4. При помощи гидропривода 5 начинают выдвигать вертикальный ледовый бур 6, предварительно установленный в корпусе 7 судна 2. Бур 6 имеет водопроточный канал 8 и режущую кромку 9. Затем при помощи ледового бура 6 во льду 1 сверлится отверстие 10. После этого к верхней кромке 11 ледового бура 6 присоединяют шланг 12 центробежного насоса 13 и начинают откачивать воду 14 из-под льда 1. Откачанная вода 15 из насоса 13 поступает под ограждение 16 судна 2 в чашу прогиба 4. Это увеличит деформацию льда, что приведет к его разрушению и образованию в нем майны 17 (см. рис. 6), заполненной битым льдом. После этого насос 13 отключают. Ледовый

бур 6 задвигают в исходное положение. После приготовления майны 17 СВП удаляют от нее на расстояние  $L$ , достаточное для развития ИГВ максимальной амплитуды при движении СВП с резонансной скоростью  $v_p$  (см. рис. 6). Затем судно 2 разворачивают и начинают движение с резонансной скоростью в направлении майны 17. В момент ее прохождения в ледяном покрове амплитуда ИГВ возрастает до профиля 18, и лед начинает разрушаться за судном при его поступательном движении (рис. 7 — см. 3-ю стр. обложки).

Близкие по существу методы реализуются путем образования в ЛП майны, создаваемой во льду перед началом выполнения ледокольных работ резонансным методом [6, 7].

### Увеличение давления в воздушной подушке СВП

Одним из методов повышения эффективности ледокольных работ является увеличение давления судна на лед при его неизменном весе [8]. Метод поясняется графически на рис. 8, где показано первоначальное положение внешнего и внутреннего гибкого ограждений и, на рис. 9, где представлена схема внутреннего гибкого ограждения в сторону опасных углов крена и дифферента.

По ЛП 1 перемещают СВП 2 с резонансной скоростью  $v_p$ , при этом используется внешнее (основное) ограждение 3. Если амплитуда возбуждаемых ИГВ 4 оказывается недостаточной для разрушения льда, то судно 2 останавливают, выдвигают ограждение малой площади 5, имеющую способность перемещаться под корпусом 6 судна (см. рис. 9), и подключают ее к компрессору высокого давления 7. После этого внешнее гибкое ограждение 3 подтягивают к днищу 8 судна и начинают движение по льду с резонансной скоростью. При этом амплитуда ИГВ возрастает до профиля 9, и лед начинает разрушаться за судном при его поступательном движении с меньшими энергозатратами.

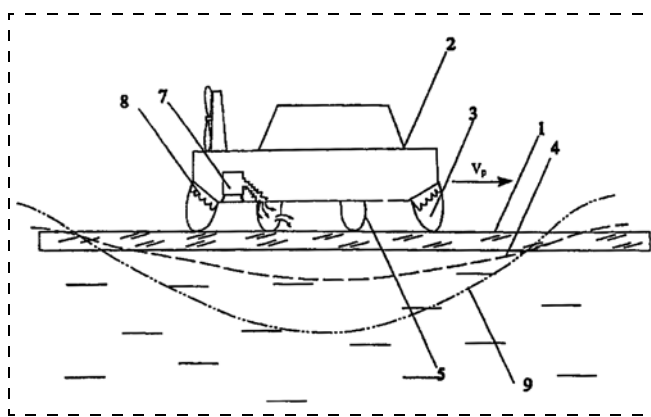


Рис. 8. Метод увеличения давления на лед: первоначальное положение внутреннего и внешнего гибких ограждений

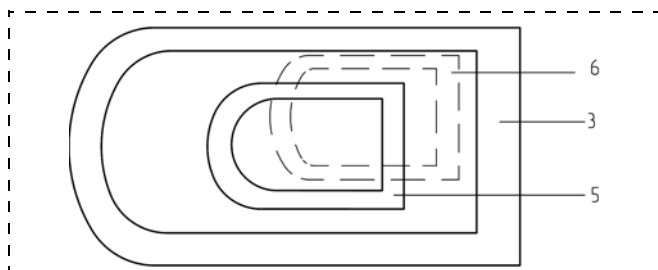


Рис. 9. Смещение внутреннего гибкого ограждения

Схожие методы разрушения ЛП заключаются в увеличении амплитуды резонансных ИГВ путем увеличения давления судна на лед [9]—[12].

### Неоднократность проходов

Существует метод разрушения ледяного покрова судами с воздушной подушкой, заключающийся в возбуждении резонансных ИГВ в ЛП при неоднократных повторных проходах СВП по полю разрушаемого льда (рис. 10, 11 — см. 3-ю и 4-ю стр. обложки). При этом количество проходов ограничивают числом, превышение которого не приводит к увеличению давления в воздушной подушке судна. Давление в подушке измеряется при помощи манометров. Повторные проходы судна осуществляют с критической скоростью для каждой стадии разрушения льда (рис. 12) [13].

Метод реализуется следующим образом. Судно 1 выводят на лед 2 и перемещают с резонансной скоростью  $v_p$ . После первого прохода лед 2 превратится в крупнобитый 3. Затем для измельчения обломков льда 3 судно 1 совершает по льду 3 повторные проходы с критической скоростью  $v_p$ . Размеры обломков льда 3 начнут уменьшаться до размеров 4, амплитуда, дифферент судна и давление в ВП начнут возрастать (для измерения давления служит датчик давления 5). При достижении максимальной степени разрушения битый лед 4 превратится в мелкобитый 6, амплитуда волн в битом льду и дифферент судна увеличатся до максимальных значений, площадь ВП от величины  $S_{ВП}^*$  уменьшится до  $S_{ВП}$ , т. е. ее проекции на горизонтальную плоскость, а давление в ВП

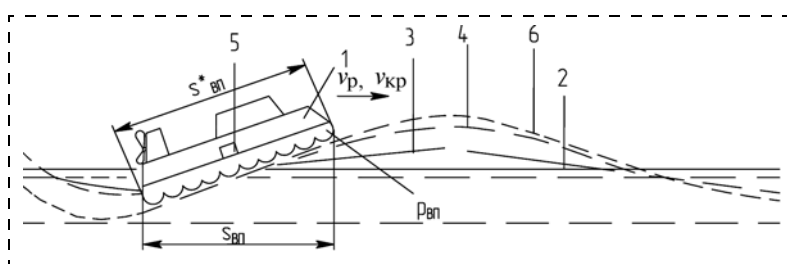


Рис. 12. Схема стадий разрушения льда

$P_{ВП}$  возрастет до максимального. После этого дальнейшие проходы судна прекращают. Судно при этом совершит минимальное количество проходов, достаточное для достижения максимальной степени разрушения ледяного покрова, т. е. крупнобитый лед превратится в мелкобитый при минимальных энергозатратах.

Близким по существу является метод, в котором минимально достаточное количество проходов судна определяют по величине вертикальной составляющей силы упора воздушного винта [14].

### Создание концентраторов напряжений

Для повышения эффективности разрушения ЛП резонансным методом можно применять устройство, устанавливаемое на судно в кормовой его части в виде рамы, выполненной из перфорированных труб, через отверстия в которых устройство способно распылять на лед химические вещества в виде сетки, аналогичной сети трещин, возникающих в ледяном покрове после прохода судна с резонансной скоростью [15].

Перед началом выполнения работ по разрушению ЛП резонансным методом, толщина которого превышает предельную ледоразрушающую способность для данного СВП, на лед при помощи устройства, установленного в кормовой части судна и выполненного в виде рамы, изготовленной из перфорированных труб, через отверстия в них распыляют химическое вещество, способное разрушать лед. Рама расположена в горизонтальной плоскости, а ее размеры и форма в плане позволяют распылять на лед вещество в виде сетки, аналогичной сети трещин в ЛП на ширине, равной трем ширинам судна (как показали эксперименты, область разрушения льда не превышает эту ширину) и между двумя ближайшими поперечными по отношению к направлению движения судна трещинами. Вещество распыляют таким образом, чтобы на поверхности льда образовалась сетка, по своей форме близкая к сети трещин, возникающих в ЛП после прохода судна с резонансной скоростью. Для этого судно перемещают по намеченному пути на всем его протяжении, т. е. предполагаемой полосе разрушения льда, на предельно малой скорости, а вещество в раму подают периодически с расходом, достаточным для образования на поверхности льда сетки в виде полосок из этого вещества. После такого прохода работы на льду прекращают на время, необходимое для формирования во льду канавок вследствие разрушения льда веществом. Затем судно возвращают в начало намеченного пути, с него снимают раму и начинают его перемещение по намеченному пути с резонансной скоростью. Наличие концентраторов напряжений на

образования на поверхности льда сетки в виде полосок из этого вещества. После такого прохода работы на льду прекращают на время, необходимое для формирования во льду канавок вследствие разрушения льда веществом. Затем судно возвращают в начало намеченного пути, с него снимают раму и начинают его перемещение по намеченному пути с резонансной скоростью. Наличие концентраторов напряжений на



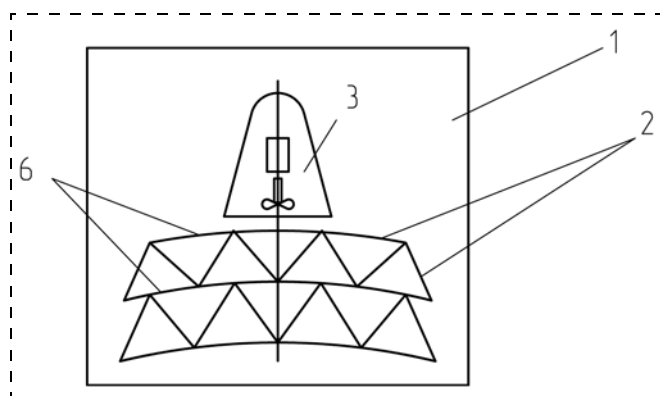


Рис. 13. Рассчитанная сеть трещин для создания концентраторов напряжений

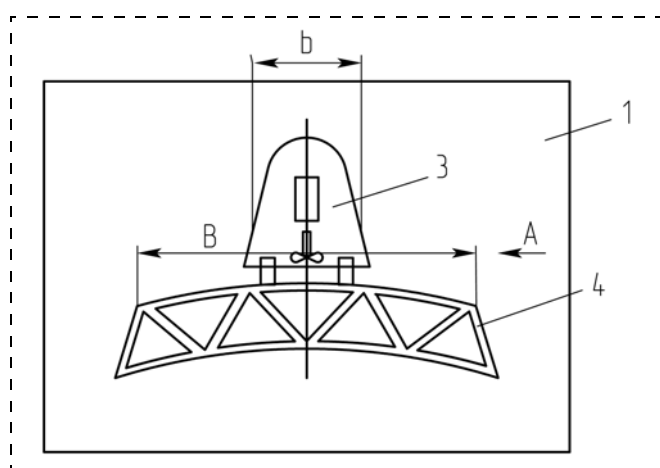


Рис. 14. Вид сверху на судно и распыляющую вещество раму

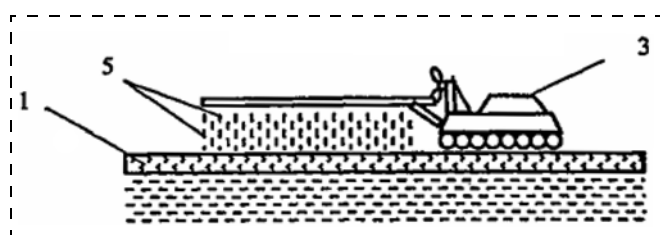


Рис. 15. Вид сбоку на судно и раму

поверхности льда вызовет более интенсивное по сравнению с аналогом разрушение, что позволит достичь заявленный технический результат.

На рис. 13 показана рассчитанная сеть трещин 2, возникающих во льду после прохода СВП с резонансной скоростью; на рис. 14 показан вид сверху на судно и распыляющую вещество раму. Для ЛП 1 с заданными параметрами определяют характер сети трещин 2 (см. рис. 13). Затем на судно 3 устанавливают раму 4 (см. рис. 14), с помощью которой на лед 1 распыляют вещество 5 (рис. 15) в виде сетки, воспроизводящей сеть трещин 2 во

льду 1 на ширине рамы  $B$ , равной трем ширинам судна  $b$  и между двумя ближайшими к судну поперечными трещинами 6.

### Создание периодических гидродинамических и внешних нагрузок

Еще один метод разрушения ЛП заключается в использовании высокочастотного генератора, способного резко повысить давление и тем самым создавать гидравлический удар под вершиной ИГВ, что увеличивает амплитуду этой волны, образующейся при движении СВП вдоль кромки ЛП [16].

Метод реализуют следующим образом. По свободной поверхности воды вдоль кромки ЛП начинают перемещать СВП с резонансной скоростью (рис. 16 — см. 4-ю стр. обложки). Вследствие этого в ледяном покрове в направлении движения судна начинает распространяться ИГВ. Одновременно с движением судна при помощи генератора радиоизлучения на частоте  $10^9 \dots 10^{10}$  Гц, расположенного на выдвинутой штанге в корпусе судна, под максимальной вершиной ИГВ в области нижней поверхности льда дистанционно возбуждаются термогидравлические импульсы, представляющие собой тепловые и гидродинамические воздействия на жидкость под ледяным покровом. Достаточные для разрушения льда параметры этих импульсов предварительно определяют с помощью соответствующих экспериментов. Последние приводят к увеличению амплитуды прогиба ледяной поверхности и, как следствие, к более эффективному разрушению ледяного покрова.

Близкий по методу воздействия способ защищен патентом [17].

Также для разрушения ЛП разработано устройство, устанавливаемое в корпусе судна в виде электрогидравлического водомета для создания гидроудара, направленного под вершину ИГВ, при движении СВП по воде вдоль кромки ЛП с резонансной скоростью. Оно работает следующим образом. По свободной поверхности воды вдоль кромки ЛП начинают перемещать СВП с резонансной скоростью. Вследствие этого в ЛП в направлении движения судна начинает распространяться система ИГВ. Одновременно с движением судна при помощи электрогидравлического водомета, расположенного в корпусе судна, под максимальную вершину ИГВ наносятся гидроудары. Последние приводят к повышению давления на ЛП со стороны воды и, как следствие этого, к более эффективному разрушению ЛП [18].

Также разработан метод, заключающийся в том, что СВП выводят на лед и начинают движение по ледяному покрову с постепенно возрастающей от нуля скоростью  $v$ . По мере движения СВП



в ледяном покрове возникнут и начнут развиваться ИГВ. При  $v = v_k$  кривизна профиля ИГВ достигнет максимального значения, а судно получит максимальный дифферент на корму (рис. 17, а — см. 4-ю стр. обложки). Затем судно переводят на режим торможения и уменьшают скорость до такой величины, чтобы судно опустилось на подошву волны. Одновременно путем отключения вентиляторного комплекса понижают давление в воздушной подушке до атмосферного для обеспечения удара корпуса судна о лед в момент нахождения его на подошве волны (рис. 17, б — см. 4-ю стр. обложки). После этого скорость опять увеличивают до величины, при которой судно вновь получит максимальный дифферент на корму, а давление в воздушной подушке увеличивают до максимальной величины. Судно при этом начинает "взбираться" на волну с одновременным увеличением давления на лед за счет приобретения судном вертикального ускорения. Подобное маневрирование повторяют периодически с частотой, равной частоте резонансных ИГВ, до максимального увеличения амплитуды ИГВ, что увеличит эффективность разрушения льда СВП резонансным способом [19].

Рассмотренные методы и устройства для разрушения ЛП СВП резонансным методом позволяют повысить его эффективность за счет увеличения амплитуды возбуждаемых ИГВ.

#### Список литературы

1. Зуев В. А., Козин В. М. Использование судов на воздушной подушке для разрушения ледяного покрова. — Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 1988. — 128 с.
2. Хейсин Д. Е. Динамика ледяного покрова. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 215 с.
3. Жесткая В. Д., Козин В. М. Исследования возможностей разрушения ледяного покрова амфибийными судами на воздушной подушке резонансным методом. — Владивосток: Дальнаука, 2003. — 161 с.

4. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2173651. Кл. В63В35/08, В60V3/06. Козин В. М., Ломакина Н. С. — от 20.09.2001 г. Бюл. № 26.
5. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2205123. Кл. В63В35/08, В60V3/06, E02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2003 г. Бюл. № 15.
6. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2205124. Кл. В63В35/08, В60V3/06, F02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2003 г. Бюл. № 15.
7. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2221725. Кл. В63В35/08, В60V3/06. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 20.01.2004 г. Бюл. № 2.
8. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2205126. Кл. В63В35/08, В60V1/06, 3/06, E02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2003 г. Бюл. № 15.
9. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2205125. Кл. В63В35/08, В60V1/06, 3/06, E02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2003 г. Бюл. № 15.
10. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2205127. Кл. В63В35/08, В60V1/06, 3/06, E02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2003 г. Бюл. № 15.
11. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2205128. Кл. В63В35/08, В60V1/06, 3/06, E02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2003 г. Бюл. № 15.
12. Ледокольное судно на воздушной подушке / Патент РФ 2229416. Кл. В63В35/08. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.05.2004 г. Бюл. № 15.
13. Способ разрушения ледяного покрова / Патент РФ 2229409. Кл. В63В35/08. Козин В. М. — от 27.05.2004 г. Бюл. № 15.
14. Способ разрушения ледяного покрова / Патент РФ 2229410. Кл. В63В35/08. Козин В. М. — от 27.05.2004 г. Бюл. № 15.
15. Способ разрушения ледяного покрова и устройство для его осуществления / Патент РФ 2285631. Кл. В63В35/08. Козин В. М., Козин М. В. — от 20.10.2006 г. Бюл. № 29.
16. Способ разрушения ледяного покрова / Патент РФ 2249076. Кл. E02B15/02, В60V3/06, В63В35/08. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.03.2005 г. Бюл. № 9.
17. Способ разрушения ледяного покрова / Патент РФ 2258632. Кл. В63В35/08, В60V3/06, E02B15/02. Козин В. М., Погорелова А. В., Юшкина Ю. Б. и др. — от 20.08.2005 г. Бюл. № 23.
18. Устройство для разрушения ледяного покрова / Патент РФ 2245274. Кл. В63В35/08. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.01.2005 г. Бюл. № 3.
19. Способ разрушения ледяного покрова / Патент РФ 2217345. Кл. В63В35/08, E02B15/02, В60V3/06. Козин В. М., Погорелова А. В. — от 27.11.2003 г. Бюл. № 33.

## Анонс!

В следующем номере журнала в разделе "Общие вопросы" будет опубликована статья:

**Якубовский-Липский Ю. О.** Радиационная география — область естественных наук в системе географических наук.

УДК 656.26:614.8

**М. Г. Сулейманов**, канд. техн. наук, доц., **В. Д. Черчинцев**, д-р техн. наук, проф.,  
**Л. Ш. Тимиргалеева**, канд. техн. наук, **М. А. Радуть**, асп., Магнитогорский  
государственный технический университет им. Г. И. Носова

## Оценка вероятности возникновения аварийных ситуаций в энергогенерирующих цехах металлургических предприятий

*На основе расчетов критерия согласия — хи-квадрат доказана возможность использования экспоненциального закона Пуассона для оценки вероятности инцидентов в энергогенерирующих цехах. Получены функции и плотности распределения нерегламентированных простоев для произошедших аварийных ситуаций. С целью прогнозной оценки вероятности отказов или безотказной работы оборудования рекомендовано математическое выражение, разработанное на основе теории гибели и размножения.*

**Ключевые слова:** риск, методики оценки риска, вероятность, аварии, инцидент, энергогенерирующий цех, экспоненциальный закон, критерий согласия — хи-квадрат, нерегламентированные простои

**Sulejmanov M. G., Cherchintsev V. D., Timirgaleeva L. S., Radul M. A. Estimation and forecasting of probability of incidents of power generating shops of the metallurgical enterprises**

*On a basis of chi-square criterion of the consent — a hi-square use possibility exponential the law of Poisson for an estimation of probability of incidents in power generating shops is proved. Functions and density of distribution of independent idle times for the occurred incidents are received. For the purpose of a look-ahead estimation of probability of refusals or equipment non-failure operation the mathematical expression developed on the basis of the theory of destruction and reproduction is recommended.*

**Keywords:** risk, techniques of an estimation of risk, probability, failures, incident, energy release shop, exponential the law, criterion of the consent — a hi-square, independent idle times

В настоящее время на металлургических предприятиях РФ, насчитывающих более тридцати комбинатов и заводов, используются несколько направлений для эффективного обеспечения энергоресурсами. Одно направление связано с разработкой и использованием комплексного подхода по энергосбережению при выполнении технологических процессов. Другим направлением является строитель-

во новых энергетических объектов, наращивание и реконструкция энергопроизводящих объектов. И наконец, наиболее важным направлением является повышение устойчивости работы действующих собственных энергогенерирующих объектов путем снижения нерегламентированных простоев оборудования, связанных с авариями и инцидентами (аварийными ситуациями).

Последнему направлению сейчас уделяется большое внимание, так как предприятия металлургического комплекса стремятся обеспечить себя энергоресурсами на 90...95 % за счет собственных мощностей путем использования доменного и коксового газов, угольной и коксовой мелочи. Аварийные ситуации на энергогенерирующих объектах влияют на устойчивость работы основных производств, приводя к значительным экономическим потерям.

Управление промышленной безопасностью на рассматриваемом предприятии осуществляется в определенной последовательности: выявление возможных видов аварийных ситуаций; установление причин их реализации; расчет рисков (произведение вероятностей на ущерб [1]) каждого из видов аварийных ситуаций; планирование и внедрение мероприятий; оценка остаточных уровней рисков [2—5].

Анализ статистических материалов (актов расследования аварий и инцидентов, технико-экономических отчетов предприятия, диспетчерских журналов) за пятнадцать лет показал, что наибольшее число аварийных ситуаций на электростанциях одного из металлургических комбинатов происходит на котельных агрегатах, турбогенераторах и трансформаторах. Преобладают вырыв сальников, клапанов, поломка лопаток турбин, разрывы трубопроводов воды, пара и газов, образование свищей, утечки масла, отказы воздуходувок, отключение агрегатов из-за срабатывания автоматической защиты. Причинами вышеперечисленного являются: неисправность устройств защиты; нарушение регламента ремонтных работ; отступление от проектной документации; несовершенство нормативной документации; нарушение технологической дисциплины и другие условия. Инциденты и аварии отличаются по тяжести, могут повторяться или происходить редко.

Одной из сложных задач при оценке рисков является определение вероятностей возникновения



аварийной ситуации. С целью расчета вероятности необходимо установить закон распределения нерегламентированных простоев оборудования в результате аварий и инцидентов. Для решения поставленной задачи рассматривается возможность использования распределения Пуассона. Подтверждение выдвинутой гипотезы осуществляется путем вычисления критерия хи-квадрат и его сравнения с нормативным значением [6].

Вычисления заключаются в определении математического ожидания времени простоев ( $M(X) = 1/\lambda$ , где  $\lambda = 1/X_{\text{ср}}$  — параметр закона Пуассона;  $X_{\text{ср}}$  — среднее время простоев), расчета выборочной дисперсии ( $S(X) = 1/\lambda^2$ ), среднеквадратичного отклонения ( $\sigma_x = 1/\lambda$ ) и осуществлении статистической проверки вида распределения. Эти действия включают оценку неизвестного параметра принятого распределения и группировку параметров по интервалам; вероятности попадания в каждый интервал случайной величины, имеющей принятое распределение; вероятности наступления события в каждом интервале (разряде) составленного статистического ряда; критерия хи-квадрат и сравнение его со стандартным табличным значением; вероятности того, что распределение не противоречит принятому допущению. Если вероятность оказывается меньше 0,10, то рассматриваемый закон распределения считается не приемлемым.

На примере теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), центральной (ЦЭС) и паровоздуходувной (ПВЭС) электростанций проведены расчеты критерия хи-квадрат. Исходные данные представлены в табл. 1. Фрагменты вычислений приведены в табл. 2. Результаты проиллюстрированы на рисунке. В табл. 3 приведены сравнительные данные расчетного и табличного значений критериев хи-квадрат.

Анализ данных табл. 3 показывает, что расчетные значения критерия хи-квадрат незначительно отличаются от нормативных [6] и находятся в допустимых пределах. При этом наибольшая сходимость результатов расчета хи-квадрат наблюдается



Вероятность распределения простоев на агрегатах котлонадзора

для котлов ТЭЦ и ЦЭС, турбогенераторов ЦЭС и по объектам в целом. Поэтому использование закона распределения Пуассона для энергогенерирующих объектов не вызывает сомнения.

Установленные функции и плотности распределения времени нерегламентированных простоев (табл. 4) могут быть использованы при расчете вероятности отказов оборудования и оценке уровней рисков.

Уравнения табл. 4 характеризуют только текущее состояние системы, так как в них используются данные по аварийным ситуациям, происшедшим за рассматриваемый период, что затрудняет их использование для прогнозной оценки вероятностей при внедрении мероприятий, направленных на снижение количества инцидентов.

Прогнозную оценку вероятности отказов можно осуществить с использованием теории гибели и размножения [7, 8]. Для этого рассматриваются варианты работы оборудования с нагруженным и ненагруженным резервами. При ненагруженном резервировании количество резервных машин достаточно для замены любого из неисправных агрегатов. Такие варианты работы систем обычно используются в ограниченном объеме. При нагруженном резервировании в системе одновременно находятся  $m$  оборудования в нагруженном резерве

Статистические данные для оценки времени простоев котлов и турбогенераторов (ТГ)

Таблица 1

Наименование цехов	Агрегаты	Количество инцидентов	Продолжительность простоев, ч	Средняя длительность простоев, ч	Дисперсия ряда	Среднеквадратичное отклонение	Параметр распределения $\lambda$
ТЭЦ	Котлы	45	2031,10	45,14	1136,34	33,71	0,032
	ТГ	39	1276,98	32,74	996,7	31,57	0,03
ЦЭС	Котлы	41	1272	31,02	88,67	9,42	0,032
	ТГ	41	1674	40,83	6365,345	79,78	0,024
ПВЭС	Котлы	32	2218	78,29	4529,69	67,3	0,015
	ТГ	30	1060	46,09	616,55	24,83	0,029
Всего по объектам	Котлы	118	5521,1	51,48	1901,61	43,61	0,021
	ТГ	110	4010,98	39,89	2811,54	53,02	0,028

Таблица 2

Распределение суммарного количества простоев котлов и турбогенераторов, расчет критерия хи-квадрат

Длительность восстановительных ремонтов, ч, $T_i - T_{i+1}$	Средины интервалов, ч, $T_i$	Количество восстановительных ремонтов с заданным временем	Количество восстановительных ремонтов с заданным временем	Суммарное время на восстановление, ч, $T_i n_i$	Средний квадрат, $T_i^2 n_i$	Ордината гистограммы, $\frac{n_i}{N \Delta T}$	Значение поправки для начала интервала, $e^{-0,024 T_i}$	Расчет вероятности, $P_i = e^{-0,024 T_i} - e^{-0,024 T_{i+1}}$	Расчетные частоты, $n_{ср i} = N P_i$	Расчетные объемы интервалов, $n_i - n_{ср i}$	Отклонения частот от фактических, $n_i - n_{ср i}$	Отклонения частот от фактических, $n_i - n_{ср i}$	Статистическое значение критерия хи-квадрат, $\frac{(n_i - n_{ср i})^2}{n_{ср i}}$	Статистические значения критерия хи-квадрат, объединенные в интервалы, $\frac{(n_i - n_{ср i})^2}{n_{ср i}}$
0...10	5	38	38	190	950	0,017	0,887	0,189	43,148	43,148	-5,15	-5,15	0,614	0,614
10...20	15	30	30	450	6750	0,013	0,698	0,149	33,941	33,941	-3,94	-3,94	0,458	0,458
20...30	25	33	33	825	20625	0,014	0,549	0,117	26,699	26,699	6,30	6,30	1,487	1,487
30...40	35	47	47	1645	57575	0,021	0,432	0,092	21,002	21,002	26,00	26,00	32,182	32,182
40...50	45	23	23	1035	46575	0,010	0,340	0,072	16,521	16,521	6,48	6,48	2,541	2,541
50...60	55	17	17	935	51425	0,007	0,267	0,057	12,996	12,996	4,00	4,00	1,234	1,234
60...70	65	10	10	650	42250	0,004	0,210	0,045	10,223	10,223	-0,22	-0,22	0,005	0,005
70...80	75	9	9	675	50625	0,004	0,165	0,035	8,042	8,042	0,96	0,96	0,114	0,114
80...90	85	4	4	340	28900	0,002	0,130	0,028	6,326	6,326	-2,33	-2,33	0,855	0,855
90...100	95	5	5	475	45125	0,002	0,102	0,022	4,976	11,30	0,02	0,02	0,000	0,4688
100...110	105	3	3	315	33075	0,001	0,080	0,017	3,914	6,99	-0,91	-0,91	0,214	0,5682
110...120	115	2	2	230	26450	0,001	0,063	0,014	3,079	1,08	-1,08	-1,08	0,378	0,378
120...130	125	1	1	125	15625	0,0004	0,050	0,011	2,422	1,42	-1,42	-1,42	0,835	0,835
...	...	...	7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,6586
390...400	395	1	1	395	156025	0,0004	0,0001	0,00001	0,002	11,336	1,00	-4,336	505,92	505,92
Всего	—	228	—	9500	936100	—	—	0,887	202,20	—	—	—	—	41,330

с опасностью отказа  $\lambda$ ,  $l$  элементов в облегченном режиме с интенсивностью отказа  $\nu$  и  $s$  элементов в ненагруженном состоянии, которые не отказывают. При аварийных ситуациях отказавшее оборудование заменяется из нагруженного резерва  $m$ . Нагруженный резерв заменяется облегченным резервом  $l$ , облегченный — ненагруженным резервом  $s$ . Система работает исправно, если количество исправного оборудования составляет не менее  $n$  единиц, т. е.  $m + l + s \geq n$ .

Вероятность безотказной работы  $P_k$  агрегатов в нагруженном режиме и при немедленном восстановительном ремонте оборудования после отказа можно описать уравнением:

$$P_k = \left(\frac{n\lambda}{\mu}\right)^k \left(1 - \frac{n\lambda}{\mu}\right),$$

при  $n\lambda < \mu$ , (1)

где  $k$  — количество неисправных единиц оборудования (при  $k = 0$  — система не отказывает;  $k = 1, 2, \dots, n$  — отказывает, соответственно, одно, два ... все  $n$  оборудование);  $\lambda = 1/t_n$  — интенсивность отказа,  $1/\text{ч}$ ;  $t_n$  — время наработки на один отказ, ч;  $\mu = 1/t_{\text{восст}}$  — параметр восстановления,  $1/\text{ч}$ ;  $t_{\text{восст}}$  — среднее время восстановления неисправного оборудования, ч.

Время наработки на один отказ  $t_n$  и среднее время восстановления неисправного оборудования  $t_{\text{восст}}$  принимаются исходя из нормативов предприятий, разработанных для каждого случая, вызывающего остановку оборудования и необходимость производства восстановительных ремонтных работ.

В качестве примера в табл. 5 представлены значения  $\lambda$  и  $\mu$  для котельного оборудования.



Таблица 3  
Расчетные и теоретические значения хи-квадрат ( $\chi^2$ ) котлов и турбогенераторов (ТГ)

Наименование цехов	Агрегаты	$\chi^2_{расч}$	Число степеней свободы	$\chi^2_{норм}$	Вероятность согласия теоретического и статистического распределения
ТЭЦ	Котлы	16,462	11	16,46	0,87
	ТГ	3,979	8	3,98	0,20
ЦЭС	Котлы	20,575	3	20,58	0,99
	ТГ	10,142	35	10,14	0,80
ПВЭС	Котлы	49,26	35	49,10	0,16
	ТГ	4,45	3	4,45	0,22
Всего по объектам		41,33	45	41,52	0,62

Таблица 4  
Уравнения плотности и интегральной функции распределения времени нерегламентированных простоев для котлов и турбогенераторов (ТГ)

Наименование цехов	Агрегаты	Плотность распределения	Интегральная функция распределения
ТЭЦ	Котлы	$\begin{cases} F(T) = 0,02e^{-0,02T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,02T}$
	ТГ	$\begin{cases} F(T) = 0,03e^{-0,03T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,03T}$
ЦЭС	Котлы	$\begin{cases} F(T) = 0,032233e^{-0,032233T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,032233T}$
	ТГ	$\begin{cases} F(T) = 0,024492e^{-0,024492T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,024492T}$
ПВЭС	Котлы	$\begin{cases} F(T) = 0,015e^{-0,015T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,015T}$
	ТГ	$\begin{cases} F(T) = 0,029e^{-0,029T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,029T}$
Всего по объектам	Котлы	$\begin{cases} F(T) = 0,021e^{-0,021T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,021T}$
	ТГ	$\begin{cases} F(T) = 0,024e^{-0,024T}, \text{ при } T \geq 0 \\ F(T) = 0, \text{ при } T < 0 \end{cases}$	$F(T) = 1 - e^{-0,024T}$

Таблица 5  
Расчетные значения  $\lambda$  и  $\mu$  для котельного оборудования ЦЭС

Параметры	Значения
Время наработки на один отказ, $t_n$ , ч	25273,5
Интенсивность отказа $\lambda$ , 1/ч	$3,96 \cdot 10^{-5}$
Среднее время восстановления неисправного оборудования $t_{восст}$ , ч	6,25
Параметр восстановления $\mu$ , 1/ч	0,16

Данные табл. 5 использованы для определения вероятности безотказной работы оборудования по формуле (1) и отказов по выражению  $Q_k = 1 - P_k$ .

Вероятность безотказной работы рассматриваемого объекта ( $k = 0$ ) составляет не менее 0,996, вероятность отказа одного и двух агрегатов ( $k = 1$  и  $k = 2$ ) составила 0,00198 и 0,00002, что согласуется с практическими данными.

Расчет уровня рисков несложно произвести, используя полученные данные по вероятностям с учетом ущербов, связанных с аварийными ситуациями. При определении ущербов суммируются все виды затрат на производство восстановительных ремонтов, потери, связанные с упущенной выгодой, ущербы других производств из-за недопоставки энергетических ресурсов и др.

#### Список литературы

1. OHSAS 18001: 2007 Система управления охраной здоровья и безопасностью персонала.
2. Чернова Г. В. Практика управления рисками на уровне предприятия. — СПб.: Питер, 2000. — 176 с.
3. Чернова Г. А., Кудрявцев А. А. Управление рисками: учеб. пособие. — М.: ТК, Велби, Изд-во Проспект, 2005. — 160 с.
4. Шлыков В. Н. Оценка риска производственного травматизма // "Справочник специалиста по охране труда". — 2002. — № 1. — С. 62–66.
5. Осипов В. И. Управление природными рисками // Вестник Российской Академии Наук. — Т. 72. — № 8. — 2002. — С. 678–685.
6. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. — М.: Мир, 1969 г. — 400 с.
7. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. — М.: Совместное радио, 1965. — 310 с.
8. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания. — М.: Физматгиз, 1963. — 280 с.

УДК 378

**В. С. Наумов**, д-р техн. наук, проф., Волжская академия водного транспорта,  
**А. В. Васильев**, д-р техн. наук, проф., Тольяттинский государственный университет,  
**А. Н. Глебов**, д-р техн. наук, проф., Казанский государственный университет  
им. А. Н. Туполева, **О. Н. Русак**, д-р техн. наук, проф., Санкт-Петербургский  
государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова  
E-mail: avassil62@mail.ru

## Проект ФГОС ВПО по направлению подготовки Защита окружающей среды (бакалавриат)

*Представлен на обсуждение предлагаемый авторами проект Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) по направлению подготовки Защита окружающей среды (квалификация (степень) "бакалавр").*

**Ключевые слова:** стандарт, защита окружающей среды

*Naumov V. S., Vasiliev A. V., Glebov A. N., Rusak O. N. Draft of federal state educational standard highest professional education of direction preparation defence surroundings environment (bachelor)*

*Presentation to discussion of draft of Federal state educational standard highest professional education of direction preparation defence surroundings environment (bachelor).*

**Keywords:** standard, defence surroundings environment

### Вступление

В 2011 г. вступил в силу новый Федеральный образовательный стандарт высшего профессионального образования (ФГОС-3), согласно которому предусмотрено обучение бакалавров и магистров по направлению подготовки 280700 "Техносферная безопасность" в рамках укрупненного направления 280000 "Безопасность жизнедеятельности, природообустройство и защита окружающей среды".

По сути дела в рамках направления подготовки 280700 "Техносферная безопасность" оказались два ранее самостоятельных направления: "Безопасность жизнедеятельности" и "Защита окружающей среды". По мнению как работодателей, так и коллективов многих выпускающих кафедр вузов РФ, ведущих подготовку и выпуск бакалавров, специалистов и магистров по на-

правлению 280202 "Защита окружающей среды", в результате утраты статуса самостоятельного направления возникает ряд негативных проблем и снижается качество обучения студентов в области защиты окружающей среды. Подготовку бакалавров согласно новому ФГОС предлагается вести на уровне профиля "Инженерная защита окружающей среды", при этом понятия и компетенции, формирующие основу высшего технического экологического образования, присутствуют лишь фрагментарно, а ряд дисциплин, не имеющих прямого отношения к подготовке бакалавров в области защиты окружающей среды, становится обязательным к изучению в качестве федерального компонента (например, "Теория горения и взрыва"). Кроме того, переход на новые ФГОС в значительной степени мотивирован ратификацией Россией Болонского соглашения. Однако в странах Болонского соглашения ведется отдельная подготовка студентов вузов по направлению "Защита окружающей среды", а в России этот статус необоснованно утерян. При этом вузами РФ совместно с вузами стран Евросоюза в настоящее время реализуется ряд проектов, финансируемых программой TEMPUS, по разработке и апробации магистерских программ направления "Защита окружающей среды", а также проекты в рамках других программ, и утеря направления вызывает непонимание европейских партнеров. Более того, ряд авторитетных специалистов в области безопасности жизнедеятельности считает, что такое объединение отрицательно сказывается и на подготовке студентов вузов по направлению "Безопасность жизнедеятельности".

Учитывая эти и другие аргументы, в адрес Министерства образования и науки Российской Федерации было подготовлено и направлено коллективное письмо о восстановлении направления высшего профессионального образования "Защита окружающей среды", подписанное рядом заведующих выпускающих кафедр вузов России. На письмо был получен ответ департамента профессионального образования Министерства образования и науки Российской Федерации, в котором было указано, что разработка и утверждение ФГОС ВПО осуществляются в соответствии с Правилами разработки и утверждения ФГОС, утвержденными постановлением Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. № 142 (далее — Правила). Пунктом 18 Правил предусмотрено, что проекты ФГОС могут



быть разработаны в инициативном порядке образовательными и научными организациями на безвозмездной основе и направлены в Минобрнауки России для рассмотрения в соответствии с пп. 7—17 Правил.

В. С. Наумовым, А. В. Васильевым, А. Н. Глебовым, О. Н. Русаком разработан проект Федерального образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению "Защита окружающей среды" (бакалавриат). От работодателей в качестве экспертов проекта стандарта дали согласие выступить Союз

промышленников и предпринимателей Санкт-Петербурга; крупнейшие предприятия ОАО "АВТОВАЗ" и ОАО "КуйбышевАзот"; Управление Росприроднадзора по Вологодской области; Министерство экологии и природных ресурсов Республики Татарстан; ОАО "Генерирующая компания", г. Казань, Республика Татарстан; ООО "Природосберегающие экологические системы инженерного оборудования", г. Москва и др.

Текст проекта стандарта выносится на обсуждение. Авторы будут благодарны за замечания и предложения.

## Проект Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки Защита окружающей среды (квалификация (степень) "бакалавр")

### I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящий Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования представляет собой совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ бакалавриата по направлению подготовки 280200 Защита окружающей среды всеми образовательными учреждениями высшего профессионального образования (высшими учебными заведениями) на территории Российской Федерации.

1.2. Право на реализацию основных образовательных программ высшего учебного заведения имеет только при наличии соответствующей лицензии, выданной уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

### II. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем стандарте используются следующие сокращения: ВПО — высшее профессиональное образование; ОК — общекультурные компетенции; ООП — основная образовательная программа; ПК — профессиональные компетенции; УЦ ООП — учебный цикл основной образовательной программы; ФГОС ВПО — федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования.

### III. ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ

Нормативный срок, общая трудоемкость освоения основных образовательных программ (в зачетных единицах\*) и соответствующая квалификация (степень) приведены в табл. 1.

Сроки освоения основной образовательной программы бакалавриата по очно-заочной (вечерней) и заочной формам обучения, а также в случае сочетания различных

\* Одна зачетная единица соответствует 36 академическим часам.

форм обучения увеличиваются на один год относительно нормативного срока, указанного в табл. 1.

### IV. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ

4.1. **Области профессиональной деятельности** выпускников бакалавриата направления подготовки 280200 Защита окружающей среды:

- разработка, проектирование, наладка, эксплуатация и совершенствование техники и технологий защиты окружающей среды в машиностроении, транспорте, энергетике, строительстве и других отраслях;
- организация и управление природоохранной работой на предприятиях различной формы собственности, экологический менеджмент и аудит;
- экологический мониторинг и прогнозирование;
- обеспечение рационального природопользования;
- надзор и контроль за обеспечением природоохранного законодательства, экспертиза экологической безопасности объектов, снижение риска антропогенного воздействия на окружающую среду;
- сертификация продукции с целью достижения максимальной экологической безопасности хозяйственной деятельности человека.

4.2. **Объекты профессиональной деятельности выпускников.** Объектами профессиональной деятельности выпускников направления бакалавриата Защита окружающей среды являются:

- источники выделения загрязняющих веществ, энергии и другие факторы воздействия на окружающую среду (машины, аппараты, транспортные средства, процессы, производства, урбанизированные территории различного масштаба и др.);
- потоки загрязняющих веществ, сточных вод, отходящих газов, твердых, жидких и газообразных отходов, системы регулирования сбросов и выбросов загрязняющих веществ, физические факторы;
- системы экологического контроля и мониторинга, методы и средства оценки воздействия хозяйственной деятельности на природную среду;





Таблица 1

**Сроки, трудоемкость освоения ООП  
и квалификация (степень) выпускников**

Наименование ООП	Квалификация (степень)		Нормативный срок освоения ООП, включая последипломный отпуск	Трудоемкость, зачетные единицы
	Код в соответствии с принятой классификацией ООП	Наименование		
ООП бакалавриата	62	Бакалавр	4 года	240*

\* Трудоемкость основной образовательной программы по очной форме обучения за учебный год равна 60 зачетным единицам.

— технические средства и технологии предотвращения и минимизации загрязнения окружающей среды;

— системы размещения, переработки или захоронения отходов, включая средства и методы мониторинга и контроля воздействия на окружающую среду;

— оборудование и технология для очистки вредных производственных выбросов в атмосферу и сточные воды;

— энергосбережение и снижение энергетических воздействий на окружающую среду;

— утилизация и переработка отходов промышленных предприятий, организационно-технические мероприятия по повышению экологической безопасности промышленных производств;

— организационно-экономический механизм управления охраной окружающей среды (федеральный, региональный и локальный уровни).

4.3. Бакалавр по направлению подготовки 280200 Защита окружающей среды готовится к следующим видам профессиональной деятельности:

- проектно-конструкторская;
- производственно-технологическая;
- организационно-управленческая;
- научно-исследовательская.

Конкретные виды профессиональной деятельности, к которым в основном готовится бакалавр, определяются высшим учебным заведением совместно с обучающимися, научно-педагогическими работниками высшего учебного заведения и объединениями работодателей.

4.4. Бакалавр по направлению подготовки 280200 Защита окружающей среды должен решать следующие профессиональные задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности.

**Проектно-конструкторская:**

участие в проектных работах в составе коллектива в области создания технических средств обеспечения экологической безопасности, разработке разделов проектов, связанных с вопросами защиты окружающей среды и экологической безопасности; самостоятельная разработка отдельных проектных вопросов среднего уровня сложности;

идентификация источников загрязнения и оценка их воздействия на окружающую среду;

участие в разработке требований по охране окружающей среды и экологической безопасности при подготовке обоснований инвестиций и проектов;

конструирование и проектирование машин, аппаратов, технологического оборудования для обеспечения защиты окружающей среды и экологической безопасности;

подготовка проектно-конструкторской документации разрабатываемых изделий и устройств с применением информационных технологий.

**Производственно-технологическая:**

организация и эффективное осуществление мониторинга и контроля входных и выходных потоков для технологических процессов, отдельных производственных подразделений и предприятия в целом;

участие в производстве, эксплуатации и совершенствовании оборудования и соответствующих программ расчета параметров технологических процессов защиты окружающей среды.

**Организационно-управленческая:**

участие в работе управленческих структур по производству природоохранной техники, а также в работе природоохранных органов и в органах надзора за экологической безопасностью;

оценка экономической эффективности природоохранных мероприятий;

осуществление производственного экологического контроля и управления.

**Научно-исследовательская:**

участие в выполнении научных исследований в области прикладной экологии под руководством и в составе коллектива;

анализ характеристик и изменений источников выделения загрязняющих веществ и образования отходов, совершенствование природоохранного оборудования, систем экологического управления с использованием необходимых методов и средств анализа;

создание теоретических моделей, позволяющих прогнозировать воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду;

подготовка и оформление отчетов по научно-исследовательским работам.

## **V. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА**

5.1. Выпускник должен обладать следующими общекультурными компетенциями (ОК):

компетенциями сохранения здоровья (знание и соблюдение норм здорового образа жизни; физическая культура) (ОК-1);

компетенциями ценностно-смысловой ориентации (понимание ценности культуры, науки, производства, рационального потребления) (ОК-2);



компетенциями гражданственности (знание и соблюдение прав и обязанностей гражданина; свободы и ответственности) (ОК-3);

компетенциями самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность учиться) (ОК-4);

компетенциями социального взаимодействия: способностью использования эмоциональных и волевых особенностей психологии личности, готовность к сотрудничеству, расовой, национальной, религиозной терпимости, умением погашать конфликты, способностью к социальной адаптации, коммуникативностью, толерантностью (ОК-5);

способностью организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готовность к использованию инновационных идей (ОК-6);

владением культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7);

способностью работать самостоятельно (ОК-8);

способностью принимать решения в пределах своих полномочий (ОК-9);

способностью к познавательной деятельности (ОК-10);

способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач (ОК-11);

способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций (ОК-12);

способностью использования основных программных средств, умением пользоваться глобальными информационными ресурсами, владением современными средствами телекоммуникаций, способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач (ОК-13);

свободным владением письменной и устной речью на русском языке, способностью использовать профессионально-ориентированную риторику, владеть методами создания понятных текстов, способностью осуществлять социальное взаимодействие на одном из иностранных языков (ОК-14);

способностью использовать организационно-управленческие навыки в профессиональной и социальной деятельности (ОК-15);

способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ОК-16).

5.2. Выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК).

Проектно-конструкторская:

способностью ориентироваться в перспективах развития техники и технологии защиты окружающей среды (ПК-1);

способностью разрабатывать и использовать графическую документацию (ПК-2);

способностью принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива (ПК-3);

способностью конструировать машины, механизмы, аппараты, технологическое оборудование для задач защиты окружающей среды и обеспечения экологической безопасности (ПК-4);

способностью оценивать экологический риск и определять меры по его снижению до допустимого уровня (ПК-5);

способностью использовать методы расчетов элементов природоохранного оборудования по критериям работоспособности и надежности (ПК-6).

Производственно-технологическая:

способностью принимать участие в изготовлении, установке (монтаже), эксплуатации и техническом обслуживании средств инженерной защиты окружающей среды (ПК-7);

способностью принимать участие в организации и эффективном осуществлении мониторинга и контроля входных и выходных потоков технологических процессов, отдельных производственных подразделений и предприятия в целом (ПК-8);

способностью ориентироваться в основных методах и системах обеспечения экологической безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты окружающей среды (ПК-9).

Организационно-управленческая:

способностью ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области охраны окружающей среды и экологической безопасности (ПК-10);

готовностью к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе (ПК-11);

способностью пропагандировать цели и задачи защиты окружающей среды и экологической безопасности (ПК-12);

готовностью использовать знания по защите окружающей среды и экологической безопасности на объектах экономики (ПК-13);

способностью использовать знание организационных основ экологического контроля и управления (ПК-14);

способностью обеспечения надзора и контроля за обеспечением рационального природопользования в различных отраслях (ПК-15);

Научно-исследовательская:

способностью ориентироваться в основных проблемах и методах обеспечения защиты окружающей среды (ПК-16);

способностью принимать участие в научно-исследовательских разработках по отраслевому профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-17);

способностью решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива (ПК-18).



## VI. ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА

6.1. Основная образовательная программа подготовки бакалавра предусматривает изучение следующих учебных циклов (табл. 2):

гуманитарный, социальный и экономический циклы; математический и естественно-научный цикл; профессиональный цикл;  
и разделов:  
физическая культура;  
учебная и производственная практики и/или научно-исследовательская работа;  
итоговая государственная аттестация.

Таблица 2

Структура ООП бакалавриата

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Трудоёмкость, зачетные единицы	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, а также учебников и учебных пособий	Коды формируемых компетенций
Б.1	<b>Гуманитарный, социальный и экономический цикл:</b> <b>Базовая часть</b> В результате изучения базовой части цикла студент должен: <i>знать:</i> — основные разделы и направления философии, методы и приемы философского анализа; — лексический минимум в объеме 4000 учебных лексических единиц общего и терминологического характера (для иностранного языка); — основные закономерности исторического процесса, этапы исторического развития России, место и роль России в истории человечества и в современном мире; — экономику предприятия, принципы оценки результатов его хозяйственной и финансовой деятельности, основы бухгалтерского учета и налоговой системы; <i>уметь:</i> — анализировать и оценивать социальную информацию; — планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов анализа социальной информации; <i>владеть:</i> — иностранным языком в объеме, необходимом для возможности получения информации из зарубежных источников; — навыками письменного и аргументированного изложения собственной точки зрения; — навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, практического анализа логики различного рода рассуждений; — навыками критического восприятия информации; — практическими навыками решения конкретных технико-экономических, организационных и управленческих вопросов	30—35 5—18	Иностранный язык Философия История Экономика	ОК-2, ОК-3, ОК-5, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-12, ОК-14, ОК-15
	<b>Вариативная часть</b> Знания, умения, навыки определяются ООП вуза			
Б.2	<b>Математический и естественно-научный цикл:</b> <b>Базовая часть</b> В результате изучения базовой части цикла студент должен: <i>знать:</i> — основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, аналитической геометрии, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и элементов теории уравнений математической физики, теории вероятностей и математической статистики; — основные сведения о дискретных структурах, используемых в персональных компьютерах; — основные алгоритмы типовых методов решения математических задач, один из языков программирования, структуру локальных и глобальных компьютерных сетей; — основные понятия, законы и модели механики, электричества и магнетизма, колебаний волн, квантовой физики, статистической физики и термодинамики; — основные понятия, законы и модели химических систем, реакционную способность веществ; — основные понятия и законы модели коллоидной и физической химии; — свойства основных видов химических веществ и классов химических объектов; — методы анализа взаимодействия человека и его деятельности со средой обитания; — факторы, определяющие устойчивость биосферы; — основы взаимодействия живых организмов с окружающей средой;	65—75 50—57	Высшая математика Информатика Химия Физика Экология Науки о земле	ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-12, ОК-13, ПК-11, ПК-14



Продолжение табл. 2

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Трудоемкость, зачетные единицы	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, а также учебников и учебных пособий	Коды формируемых компетенций
	<p>— естественные процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере;</p> <p>— характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу, принципы рационального природопользования;</p> <p>— основные понятия почвоведения, гидрологии, климатологии и метеорологии, геологии, ландшафтоведения;</p> <p><i>уметь:</i></p> <p>— использовать методы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории функций комплексного переменного, теории вероятности и математической статистики при решении типовых задач;</p> <p>— работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать внешние носители информации для обмена данными между машинами, создавать резервные копии, архивы данных и программ;</p> <p>— использовать языки и системы программирования, работать с программными средствами общего назначения;</p> <p>— использовать основные приемы обработки экспериментальных данных;</p> <p>— решать типовые задачи по основным разделам физики, используя методы математического анализа, использовать физические законы при анализе и решении проблем;</p> <p>— проводить расчеты концентрации растворов различных соединений, определять изменения концентраций при протекании химических реакций, определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, проводить очистку веществ в лабораторных условиях; определять основные физические характеристики органических веществ;</p> <p>— осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий;</p> <p><i>владеть:</i></p> <p>— методами построения математических моделей типовых задач;</p> <p>— методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами, включая приемы антивирусной защиты;</p> <p>— методами экспериментального исследования в физике, химии (планирование, постановка и обработка эксперимента);</p> <p>— методами выделения и очистки веществ, определения их состава;</p> <p>— методами предсказания протекания возможных химических реакций и их кинетику</p>			
	<p><b>Вариативная часть</b> Знания, умения, навыки определяются ООП вуза</p>			
Б.3	<p><b>Профессиональный цикл:</b> <b>Базовая (общепрофессиональная) часть</b> В результате изучения базовой части цикла студент должен:</p> <p><i>знать:</i></p> <p>— методы и средства компьютерной графики;</p> <p>— основы проектирования технических объектов;</p> <p>— основные виды механизмов, методы исследования и расчета их кинетических и динамических характеристик;</p> <p>— методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов различных конструкций;</p> <p>— основные законы термодинамики, теплообмена и гидромеханики;</p> <p>— принципы построения и функционирования электрических машин, цепей и электронных схем;</p> <p>— общую теорию измерений, взаимозаменяемости;</p> <p>— специфику и механизм токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия факторов;</p> <p>— характерные экологические проблемы технологических систем и пути их решения;</p> <p>— теоретические основы, методы и средства обеспечения безопасности жизнедеятельности;</p> <p>— строение и свойства металлов и сплавов, теорию и технологию их обработки;</p> <p>— основы управления деятельностью предприятия и технико-экономического анализа инженерных решений;</p>	107—117 40—45	Начертательная геометрия Инженерная графика Механика Гидравлика и теплотехника Электроника и электротехника Метрология, стандартизация и сертификация Основы токсикологии Промышленная экология Безопасность жизнедеятельности Материаловедение Технология конструкционных материалов Экономика и организация производства	ОК-3, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-15, ПК-1...5, ПК-8...18



Продолжение табл. 2

Код УЦ ООП	Учебные циклы и проектируемые результаты их освоения	Трудоемкость, зачетные единицы	Перечень дисциплин для разработки примерных программ, а также учебников и учебных пособий	Коды формируемых компетенций
	<p><i>уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>— применять действующие стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации;</li><li>— использовать современные средства машинной графики;</li><li>— применять методы анализа и синтеза исполнительных механизмов;</li><li>— применять методы расчета и конструирования деталей и узлов механизмов;</li><li>— решать теоретические задачи, используя основные законы термодинамики, тепло- и массообмена и гидромеханики;</li><li>— применять принципы построения, анализа и эксплуатации электрических сетей, электрооборудования и промышленных электронных приборов;</li><li>— идентифицировать основные источники загрязнения окружающей среды, выбирать методы защиты от них;</li><li>— применять методы анализа взаимодействия технологических систем с окружающей средой;</li><li>— проводить гидромеханические и тепломассообменные расчеты аппаратов и процессов в биосфере;</li></ul> <p><i>владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>— навыками разработки и оформления эскизов деталей машин, изображения сборочных единиц, сборочного чертежа изделия, составлять спецификацию с использованием методов машинной графики;</li><li>— навыками изображения пространственных объектов на плоских чертежах;</li><li>— навыками использования методов теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и основ конструирования при решении практических задач;</li><li>— методами теоретического и экспериментального исследования в механике, гидромеханике, теплотехнике, электротехнике и электронике, метрологии;</li><li>— законодательными и правовыми актами в области экологической безопасности и защиты окружающей среды, требованиями к экологической безопасности технических регламентов;</li><li>— способами и технологиями защиты окружающей среды;</li><li>— понятийно-терминологическим аппаратом в области защиты окружающей среды и экологической безопасности;</li><li>— методами определения точности измерений;</li><li>— навыками измерения с использованием современной измерительной техники</li></ul>			
	<b>Вариативная часть</b> Знания, умения, навыки определяются ООП вуза			
<b>Б.4</b>	<b>Физическая культура</b>	2		ОК-1
<b>Б.5</b>	<b>Учебная и производственная практика</b> (практические умения и навыки определяются ООП вуза)	12—15		ОК-8, ОК-9, ОК-16, ПК-6, ПК-7, ПК-10, ПК-13, ПК-14, ПК-18
<b>Б.6</b>	<b>Итоговая государственная аттестация</b>	12		ОК-6, ОК-8, ОК-11, ОК-13, ОК-14, ОК-16, ПК-1, ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-9, ПК-13, ПК-14, ПК-18
	Общая трудоемкость основной образовательной программы	240		
Примечание: Трудоемкость циклов Б.1, Б.2, Б.3 и разделов Б.4, Б5 включает все виды текущей и промежуточной аттестаций.				

6.2. Каждый учебный цикл имеет базовую (обязательную) часть и вариативную (профильную), устанавливаемую вузом. Вариативная (профильная) часть дает возможность расширения и (или) углубления знаний, умений и навыков, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин (модулей), позволяет студенту получить углубленные знания и навыки для успеш-

ной профессиональной деятельности и (или) для продолжения профессионального образования в магистратуре.

6.3. Базовая (обязательная) часть цикла "Гуманитарный, социальный и экономический цикл" должна предусматривать изучение следующих обязательных дисциплин: "История", "Философия", "Иностранный язык".



Базовая (обязательная) часть профессионального цикла должна предусматривать изучение дисциплины "Безопасность жизнедеятельности".

## **VII. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ РЕАЛИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА**

7.1. Образовательные учреждения самостоятельно разрабатывают и утверждают ООП бакалавриата, которая включает в себя учебный план, рабочие программы учебных курсов, предметов, дисциплин (модулей) и другие материалы, обеспечивающие воспитание и качество подготовки обучающихся, а также программы учебной и производственной практик, календарный учебный график и методические материалы, обеспечивающие реализацию соответствующей образовательной технологии.

Профиль ООП определяется высшим учебным заведением в соответствии с примерной основной образовательной программой ВПО.

Высшие учебные заведения обязаны ежегодно обновлять основные образовательные программы с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, технологий и социальной сферы.

7.2. При разработке ООП бакалавриата должны быть определены возможности вуза в формировании общекультурных компетенций выпускников (например, компетенций социального взаимодействия, самоорганизации и самоуправления, системно-деятельностного характера). Вуз обязан сформировать социокультурную среду, создать условия, необходимые для всестороннего развития личности.

Вуз обязан способствовать развитию социально-воспитательного компонента учебного процесса, включая развитие студенческого самоуправления, участие обучающихся в работе общественных организаций, спортивных и творческих клубов, научных студенческих обществ.

7.3. Реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 20 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 40 % аудиторных занятий.

7.4. В учебной программе каждой дисциплины (модуля) должны быть четко сформулированы конечные результаты обучения в органичной увязке с осваиваемыми знаниями, умениями и приобретаемыми компетенциями в целом по ООП.

Общая трудоемкость дисциплины не может быть менее двух зачетных единиц (за исключением дисциплин по выбору обучающихся). По дисциплинам, трудоемкость которых составляет более трех зачетных единиц, должна выставляться оценка ("отлично", "хорошо", "удовлетворительно").

7.5. Основная образовательная программа должна содержать дисциплины по выбору обучающихся в объеме не менее одной трети вариативной части суммарно по циклам Б.1, Б.2 и Б.3. Порядок формирования дисциплин по выбору обучающихся устанавливает ученый совет вуза.

7.6. Максимальный объем учебной нагрузки обучающихся не может составлять более 54 академических часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы по освоению основной образовательной программы и факультативных дисциплин, устанавливаемых вузом дополнительно к ООП и являющихся необязательными для изучения обучающимися.

Объем факультативных дисциплин не должен превышать 10 зачетных единиц за весь период обучения.

7.7. Максимальный объем аудиторных учебных занятий в неделю при освоении основной образовательной программы в очной форме обучения составляет 30 академических часов. В указанный объем не входят обязательные аудиторные занятия по физической культуре.

7.8. В случае реализации ООП бакалавриата в иных формах обучения максимальный объем аудиторных занятий устанавливается в соответствии с Типовым положением об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 14 февраля 2008 г. № 71 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, № 8, ст. 731).

7.9. Общий объем каникулярного времени в учебном году должен составлять 7—10 недель, в том числе не менее двух недель в зимний период.

В высших учебных заведениях, в которых предусмотрена военная и/или правоохранительная служба, продолжительность каникулярного времени обучающихся определяется в соответствии с нормативными правовыми актами, регламентирующими порядок прохождения службы\*.

7.10. Раздел "Физическая культура" трудоемкостью две зачетные единицы реализуется при очной форме обучения, как правило, в объеме 400 часов, при этом объем практической, в том числе игровых видов, подготовки должен составлять не менее 360 часов.

7.11. Вуз обязан обеспечить обучающимся реальную возможность участвовать в формировании своей программы обучения, включая возможную разработку индивидуальных образовательных программ.

7.12. Вуз обязан ознакомить обучающихся с их правами и обязанностями при формировании ООП, разъяснить, что избранные обучающимися дисциплины (модули) становятся для них обязательными.

7.13. Программа бакалавриата вуза должна включать лабораторные практикумы и практические занятия по следующим дисциплинам (модулям) базовой части, формирующим у обучающихся умения и навыки в области:

иностранного языка, математики, физики, химии, информатики, инженерной графики, механики, экологии, наук о земле, гидравлики и теплотехники, токсикологии, промышленной экологии, материаловедения и технологии конструкционных материалов, экономики и организации производства, электротехники и электроники, метрологии, безопасности жизнедеятельности, а также по дисциплинам

\* Статья 30 Положения о порядке прохождения военной службы, утвержденного Указом Президента Российской Федерации от 16 сентября 1999 г. № 1237 "Вопросы прохождения военной службы" (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, № 38, ст. 4534).

(модулям) вариативной части, рабочие программы которых предусматривают цели формирования у обучающихся соответствующих умений и навыков.

7.14. Обучающиеся имеют следующие права и обязанности:

обучающиеся имеют право в пределах объема учебного времени, отведенного на освоение дисциплин (модулей) по выбору, предусмотренных ООП, выбирать конкретные дисциплины (модули);

при формировании своей индивидуальной образовательной программы обучающиеся имеют право получить консультацию в вузе по выбору дисциплин (модулей) и их влиянию на будущий профиль подготовки;

обучающиеся при переводе из другого высшего учебного заведения при наличии соответствующих документов имеют право на перезачет освоенных ранее дисциплин (модулей) на основании аттестации;

обучающиеся обязаны выполнять в установленные сроки все задания, предусмотренные ООП вуза.

7.15. Раздел основной образовательной программы бакалавриата "Учебная и производственная практики" является обязательным и представляет собой вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся.

Конкретные виды практик определяются ООП вуза. Цели и задачи, программы и формы отчетности определяются вузом по каждому виду практики.

Практики могут проводиться в сторонних организациях или на кафедрах и в лабораториях вуза (учебная практика), обладающих необходимым кадровым и научно-техническим потенциалом.

Аттестация по итогам практики заключается в сдаче дифференцированного зачета с учетом подготовленного письменного отчета (структура отчета определяется вузом) по результатам практики. По результатам аттестации выставляется дифференцированная оценка.

Разделом учебной практики может являться научно-исследовательская работа обучающегося. В случае ее наличия при разработке программы научно-исследовательской работы высшее учебное заведение должно предоставить обучающимся возможность:

изучать специальную литературу и другую научно-техническую информацию о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники в соответствующей области знаний;

участвовать в проведении научных исследований или выполнении технических разработок;

осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме (заданию);

принимать участие в стендовых и промышленных испытаниях опытных образцов (партий) проектируемых изделий;

составлять отчеты (разделы отчета) по теме или ее разделу (этапу, заданию);

выступить с докладом на конференции.

7.16. Реализация основных образовательных программ бакалавриата должна обеспечиваться научно-педагогическими кадрами, имеющими, как правило, базовое образование, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, и систематически занимающимися научной и (или) научно-методической деятельностью.

Доля преподавателей, имеющих ученую степень и/или ученое звание, в общем числе преподавателей, обеспечивающих образовательный процесс по данной основной образовательной программе, должна быть не менее 50 %, ученую степень доктора наук (в том числе

степень, присваиваемую за рубежом, документы о присвоении которой прошли установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора должны иметь не менее восьми процентов преподавателей.

Преподаватели профессионального цикла должны иметь базовое образование и/или ученую степень, соответствующие профилю преподаваемой дисциплины. Не менее 60 % преподавателей (в приведенных к целочисленным значениям ставок), обеспечивающих учебный процесс по профессиональному циклу, должны иметь ученые степени. К образовательному процессу должно быть привлечено не менее пяти процентов преподавателей из числа действующих руководителей и работников профильных организаций, предприятий и учреждений.

До 10 % от общего числа преподавателей, имеющих ученую степень и/или ученое звание, может быть заменено преподавателями, имеющими стаж практической работы по данному направлению на должностях руководителей или ведущих специалистов более 10 последних лет.

7.17. Основная образовательная программа должна обеспечиваться учебно-методической документацией и материалами по всем учебным курсам, дисциплинам (модулям) основной образовательной программы. Содержание каждой из таких учебных дисциплин (модулей) должно быть представлено в сети Интернет или локальной сети образовательного учреждения.

Внеаудиторная работа обучающихся должна сопровождаться методическим обеспечением и обоснованием времени, затрачиваемого на ее выполнение.

Каждый обучающийся должен быть обеспечен доступом к электронно-библиотечной системе, содержащей издания по основным изучаемым дисциплинам и сформированной по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

При этом должна быть обеспечена возможность осуществления одновременного индивидуального доступа к такой системе не менее чем для 25 процентов обучающихся.

Библиотечный фонд должен быть укомплектован печатными и/или электронными изданиями основной учебной литературы по дисциплинам базовой части всех циклов, изданными за последние 10 лет (для дисциплин базовой части гуманитарного, социального и экономического цикла — за последние пять лет), из расчета не менее 25 экземпляров таких изданий на каждые 100 обучающихся.

Фонд дополнительной литературы помимо учебной должен включать официальные, справочно-библиографические и специализированные периодические издания в расчете 1—2 экземпляра на каждые 100 обучающихся.

Электронно-библиотечная система должна обеспечивать возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет.

Оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными вузами и организациями должен осуществляться с соблюдением требований законодательства Российской Федерации об интеллектуальной собственности и международных договоров Российской Федерации в области интеллектуальной собственности. Для обучающихся должен быть обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

7.18. Ученый совет высшего учебного заведения при введении ООП бакалавриата утверждает бюджет реализации соответствующих основных образовательных программ.



Финансирование реализации основных образовательных программ должно осуществляться в объеме не ниже установленных нормативов, в том числе заведения\*.

7.19. Высшее учебное заведение, реализующее основные образовательные программы бакалавриата, должно располагать материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, лабораторной, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом вуза, и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально необходимый для реализации программы бакалавриата перечень материально-технического обеспечения включает в себя:

лаборатории математического и естественно-научного цикла, профессионального цикла;

специально оборудованные кабинеты и аудитории.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося рабочим местом в компьютерном классе в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

Вуз должен быть обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

## **VIII. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ОСНОВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА**

8.1. Высшее учебное заведение обязано обеспечивать гарантию качества подготовки, в том числе путем:

разработки стратегии по обеспечению качества подготовки выпускников с привлечением представителей работодателей;

мониторинга, периодического рецензирования образовательных программ;

\* Пункт 2 статьи 41 Закона Российской Федерации "Об образовании" от 10 июля 1992 г. № 3266-1 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1996, № 3, ст. 150; 2002, № 26, ст. 2517; 2004, № 30, ст. 3086; № 35, ст. 3607; 2005, № 1, ст. 25; 2007, № 17, ст. 1932; № 44, ст. 5280).

разработки объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников; обеспечения компетентности преподавательского состава;

регулярного проведения самообследования по согласованным критериям для оценки деятельности (стратегии) и сопоставления с другими образовательными учреждениями с привлечением представителей работодателей;

информирования общественности о результатах своей деятельности, планах, инновациях.

8.2. Оценка качества освоения основных образовательных программ должна включать текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся и итоговую государственную аттестацию выпускников.

8.3. Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний по каждой дисциплине разрабатываются вузом самостоятельно и доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

8.4. Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующей ООП (текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация) создаются фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций. Фонды оценочных средств разрабатываются и утверждаются вузом.

Вуз должны быть созданы условия для максимального приближения программ текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся к условиям их будущей профессиональной деятельности, для чего, кроме преподавателей конкретной дисциплины, в качестве внешних экспертов должны активно привлекаться работодатели, преподаватели, читающие смежные дисциплины.

8.5. Обучающимся должна быть предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса в целом, а также работы отдельных преподавателей.

8.6. Итоговая государственная аттестация включает защиту выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы). Государственный экзамен вводится по усмотрению вуза.

Требования к содержанию, объему и структуре бакалаврской работы, а также требования к государственному экзамену (при наличии) определяются высшим учебным заведением.

### **Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»**

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

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

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

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

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*

Сдано в набор 12.07.11. Подписано в печать 23.08.11. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,49. Заказ 633.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика". 142100, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15.