



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

7(115)  
2010

**Редакционный совет:**

АКИМОВ В. А.  
БАЛЫХИН Г. А.  
БЕЛОВ С. В.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.  
(председатель)  
МАХУТОВ Н. А.  
ПАВЛИХИН Г. П.  
СИДОРОВ В. И.  
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:**  
ГЕНДЕЛЬ Г. Л.  
ГРУНИЧЕВ Н. С.  
ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАРНАУХ Н. Н.  
КАРТАШОВ С. В.  
КАЧАНОВ С. А.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАСТРЮКОВ Б. С.  
МЕДВЕДЕВ В. Т.  
ПАНАРИН В. М.  
ПОЛАНДОВ Ю. Х.  
ПОПОВ В. М.  
СИДОРОВ А. И.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ЦХАДАЯ Н. Д.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА

- Ильяшенко Д. П., Шадский С. В.** О влиянии покрытий для защиты поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла на качественный состав сварочной аэрозоли при ручной дуговой сварке покрытыми электродами . . . . . 2
- Тюрин А. П., Севастьянов Б. В.** Влияние параметров сотовых конструкций на снижение уровней стабильных и импульсных шумов . . . . . 5
- Илларионова И. А., Гумеров Т. Ю., Решетник О. А.** Применение и безопасное использование дезинфицирующих средств на объектах предприятий общественного питания. . . . . 9

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Власов Е. Н., Мамаев В. К.** Экспериментальные исследования модельных ступеней центробежных нагнетателей . . . . . 13
- Малков А. А., Захаров А. А., Байгимирова Е. А., Нигметов Г. М.** Модернизация и расширение функциональных возможностей мобильного диагностического комплекса для оценки инженерной безопасности зданий (сооружений) . . . . . 17

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Ворожнин В. С., Маркелов Ю. И., Александрович И. П., Давыдов В. Б.** Оценка загрязнения снегового покрова тяжелыми металлами вблизи автомагистрали . . . . . 21
- Катин В. Д., Косыгин В. Ю.** Применение математического планирования эксперимента при экологических исследованиях газовых горелок трубчатых нефтезаводских печей . . . . 26
- Кириллов А. В., Пritужалова О. А.** Производственный экологический мониторинг и контроль на примере строительства магистральных газопроводов. . . . . 28
- Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Головина А. В., Янгирова Э. Р.** Оценка многолетних изменений уровня воды реки Белой в результате хозяйственной деятельности человека и природных факторов . . . . . 32

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Старовойтова Е. В., Галеев А. Д., Поникаров С. И.** Исследование интенсивности парообразования сжиженного газа . . . . . 42

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** История кафедры "Экологическая и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана с 2009 года. Павлихин Геннадий Петрович. . . . 45

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ

- О межгосударственном стандарте "Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования" . . . . . 50**
- О национальном стандарте РФ "Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического мониторинга" . . . . . 53**
- Приложение.** Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность бакалавров и магистров

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 621.791.754

**Д. П. Ильященко,**

Юргинский технологический институт Томского политехнического университета

**С. В. Шадский,**

Филиал ФГУЗ "Центра гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области"

в г. Юрга и Юргинском районе

E-mail: mita8@rambler.ru

## О влиянии покрытий для защиты поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла на качественный состав сварочной аэрозоли при ручной дуговой сварке покрытыми электродами

*Рассмотрены вопрос о снижении величины набрызгивания электродного металла при ручной дуговой сварке (РДС) покрытыми электродами с применением защитных покрытий и результаты исследования составляющих компонентов сварочной аэрозоли, оказывающих вредное влияние на работающих.*

**Ключевые слова:** ручная дуговая сварка покрытыми электродами, разбрызгивание, набрызгивание, защитные покрытия, сварочный аэрозоль.

**Ilyashchenko D. P., Shadsky S. V. On the effect of the coating to protect the surface of welded products from splashes molten metal on qualitative structure of welding fumes for manual arc welding with coated electrodes**

*In clause the condition of a question about size splashing of electrode metal is considered at hand-operated arc welding by the covered electrodes. One of means of decrease (reduction) of size splashing are the sheetings and the results of research of making components of a welding aerosol.*

**Keywords:** hand-operated arc welding by the covered electrodes; spatter, splashing, sheetings, welding aerosol.

По данным Национального агентства контроля и сварки (НАКС) при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств опасных производственных объектов, объем работ, выполняемых с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами, составляет порядка 63 % (рис. 1).

Одним из недостатков РДС покрытыми электродами является разбрызгивание электродного металла. Разбрызгивание сопровождается выбрасыванием из зоны дуги большого количества раз-

личного размера брызг (капель) жидкого металла, вступающих в физико-химическое взаимодействие с поверхностными слоями свариваемого металла, что приводит к изменению его структурно-фазового состояния [2]. Установлено, что трудоемкость работ по очистке поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла составляет от 15...20 % от основного времени сварки [3].

Снизить величину набрызгивания капель расплавленного металла на поверхность свариваемых деталей можно двумя способами [4].

1. Устранение разбрызгивания или снижение его величины разработкой систем управления переносом металла; разработкой новых сварочных материалов, технологий и приемов сварки.

2. Применение покрытий для защиты поверхности свариваемого металла от брызг расплавленного металла.

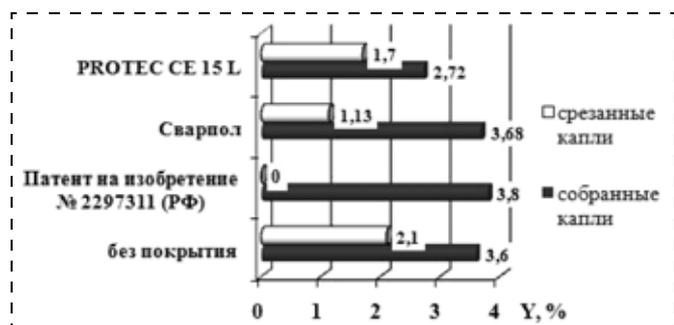
Количественным показателем набрызгивания металла служит коэффициент набрызгивания  $Y$ , представляющий отношение массы брызг к массе расплавленного металла электрода по формуле:

$$Y = \frac{Q_6}{Q_p} 100 \%,$$

где  $Q_6$  — количество брызг (собранных и срезанных), г;  $Q_p$  — количество расплавленного электродного металла, г.

Эффективность применения защитных покрытий для снижения величины набрызгивания капель расплавленного металла на поверхность свариваемых изделий при ручной дуговой сварке покрытыми электродами представлена на рисунке [5].

Широко применяемые в последнее время защитные жидкости и спреи (различных производителей) оказывают влияние на качественный состав сварочного аэрозоля при дуговой сварке плавлен-



Гистограммы величины набрызгивания при ручной дуговой сварке покрытыми электродами диаметром 4 мм марки ОК73.70 ( $I = 140$  А)

нием. Сварочный аэрозоль оказывает негативное влияние [6] на следующие органы человека:

органы системы дыхания; воздействие сварочных аэрозолей может приводить к развитию профессиональных бронхитов, пневмоний, астматических ринитов и бронхиальной астмы, пневмокониоза (основного профессионального пылевого заболевания);

зрительный анализатор; сварочные аэрозоли оказывают раздражающее действие на слизистую оболочку глаз, способствуют развитию конъюнктивита;

Результаты анализа выделений пыли, газов и других примесей ( $\text{мг/м}^3$ ) при ручной дуговой сварке покрытыми электродами с применением защитных покрытий (нанесено по всей поверхности образца, вытяжная вентиляция отключена)

Условия отбора проб	Наименование определяемого элемента	Защитные покрытия					ПДК [8]
		Без покрытия	Покрытие [7]	Сварпол	PROTE C CE 15 L	Super Pistolen Spray	
Электроды — LB-52U Ø 3,2 мм Сталь 09Г2С	Сварочный аэрозоль	$3,6 \pm 0,9$	$2,3 \pm 0,6$	$7,7 \pm 1,9$	$4,5 \pm 1,1$	$5,9 \pm 1,5$	—
	Диоксид азота	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	2,0
	Фтористый водород	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	0,5
	Хромовый ангидрид	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	0,03
	Оксид хрома	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	3,0
	Марганец	$0,15 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,05$	$0,09 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,04$	0,6
Электроды — ОК 74.70 Ø 4 мм. Сталь Ст 3	Углерода оксид	0,05	0,05	0,07	0,14	0,23	20,0
	Сварочный аэрозоль	$4,6 \pm 1,1$	$6,4 \pm 1,6$	$6,9 \pm 1,7$	$10,1 \pm 2,5$	$5,5 \pm 1,4$	—
	Диоксид азота	$0,060 \pm 0,015$	$0,50 \pm 0,12$	менее 0,6	$0,031 \pm 0,008$	$0,008 \pm 0,002$	2,0
	Фтористый водород	$0,25 \pm 0,025$	$0,21 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,03$	$0,27 \pm 0,03$	$0,28 \pm 0,03$	0,5
	Хромовый ангидрид	$0,0027 \pm 0,00027$	$0,002 \pm 0,0002$	$0,0033 \pm 0,00033$	$0,003 \pm 0,0003$	$0,0058 \pm 0,00058$	0,03
	Оксид хрома	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	3,0
Электроды — МР 3 Ø 3 мм Сталь Ст 3	Марганец	$0,097 \pm 0,019$	$0,23 \pm 0,05$	$0,11 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,02$	$0,091 \pm 0,018$	0,6
	Углерода оксид	0,54	0,45	0,62	0,39	0,7	20,0
	Сварочный аэрозоль	$12,6 \pm 2,6$	$10,8 \pm 2,7$	$20,3 \pm 5,1$	$15,3 \pm 3,8$	$10,4 \pm 1,4$	—
	Диоксид азота	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	2,0
	Фтористый водород	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	0,5
	Хромовый ангидрид	менее 0,003	$0,0043 \pm 0,0004$	менее 0,003	$0,003 \pm 0,0003$	$0,0043 \pm 0,0004$	0,03
УОНИ 13/55 Ø 3 мм Сталь Ст 3	Оксид хрома	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	3,0
	Марганец	$0,23 \pm 0,05$	$0,33 \pm 0,07$	$0,19 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,06$	$0,33 \pm 0,07$	0,6
	Углерода оксид	0,3	0,31	0,32	0,48	0,2	20,0
	Сварочный аэрозоль	$14,2 \pm 5,1$	$13,1 \pm 3,2$	$21,9 \pm 5,5$	$17,6 \pm 4,4$	$18,9 \pm 4,7$	—
	Диоксид азота	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	2,0
	Фтористый водород	менее 0,02	$0,036 \pm 0,004$	$0,049 \pm 0,005$	$0,062 \pm 0,006$	$0,057 \pm 0,006$	0,5
УОНИ 13/55 Ø 3 мм Сталь Ст 3	Хромовый ангидрид	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	0,03
	Оксид хрома	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	3,0
	Марганец	менее 0,05	менее 0,05	$0,112 \pm 0,020$	менее 0,05	$0,073 \pm 0,015$	0,6
	Углерода оксид	0,29	0,26	0,21	0,22	0,23	20,0



кожные покровы; неблагоприятное влияние сварочного аэрозоля проявляется в виде шероховатости, огрубения и шелушения кожных покровов, отмечается появление угрей, экзем, дерматитов;

иммунная система; длительное воздействие аэрозолей снижает защитные свойства организма; у работающих отмечается увеличение дней нетрудоспособности в связи с возникновением сопутствующих заболеваний в основном простудного характера.

Были проведены исследования при РДС покрытыми электродами с применением защитных покрытий. Исследования проводились с целью выявления валовых выделений пыли и газов при РДС покрытыми электродами с применением защитных покрытий в лабораторных условиях, при этом изучались: количество пыли, образующейся при сварке, и ее химический состав, содержание в пыли марганца, качественный и количественный состав дисперсионной среды и содержание образующегося сварочного аэрозоля: оксиды и диоксиды углерода  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ; оксиды кремния  $\text{SiO}$ ; оксиды азота  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ; озон  $\text{O}_3$  и т. д.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами различных марок производилась на стальных образцах с нанесенными защитными покрытиями (различных марок) по всей поверхности. Отбор проб воздуха для определения уровня загрязнения воздушной среды проводился в зоне дыхания сварщика. В исследованиях использовали следующее оборудование: аспиратор для отбора проб воздуха мод. 822; барометр-анероид БАММ-1; психрометр аспирационный МВ-4М; газоанализатор "ЭЛАН-СО-50".

Аспиратор работал 20 мин при каждом отборе пробы, протягивая за это время  $0,2 \text{ м}^3$  воздуха. Количество образующейся при сварке пыли  $P$  определяли по разности массы фильтров, через которые осуществлялось протягивание воздуха [4]:

$$P = \frac{M_1 - M_2}{V},$$

где  $M_1$  — масса фильтра после сварки и контрольного времени, г;  $M_2$  — исходная масса фильтра, г;  $V$  — объем протянутого через фильтр воздуха,  $\text{м}^3$ .

Полученные результаты исследования составляющих компонентов сварочной аэрозоли, образующейся при РДС покрытыми электродами с применением защитных покрытий, представлены в таблице. Для проведения исследования были отобраны наиболее широко применяемые защитные покрытия: разработанное защитное покрытие [7]; Сварпол (производитель ПКП "Промтехснаб", г. Омск); Спрей "Super Pistolen Spray" (производитель фирма Binzel); покрытие PROTEC CE 15 L.

Сравнительный анализ результатов исследований (см. таблицу) показал, что при РДС покрытыми электродами с применением защитных покрытий происходит незначительное увеличение основных составляющих компонентов сварочной аэрозоли, по сравнению с РДС покрытыми электродами без применения защитного покрытия, однако превышения ПДК [8] отмечено не было.

#### Список литературы

1. Князьков В. Л., Князьков А. Ф. Повышение эффективности ручной дуговой сварки трубопроводов. — Кемерово: Изд-во ГУ КузГТУ, 2008. — С. 104.
2. Сабиров И. Р., Ильященко Д. П., Зернин Е. А. Применение функциональных покрытий при дуговой сварке плавящимся электродом // Новые промышленные технологии. — 2009. — № 1. — С. 7–9.
3. Федько В. Т., Ястребов А. П., Ильященко Д. П. Проблемы разбрызгивания металла при ручной дуговой сварке покрытыми электродами (обзор) // Технология машиностроения. — 2005. — № 3. — С. 23–31.
4. Элементы теории и технологии защиты поверхности от брызг расплавленного металла при сварке в углекислом газе: учебное пособие / В. Т. Федько, С. Б. Сапожков, П. Д. Соколов, А. П. Ястребов. — 2-е изд. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 146 с.
5. Ильященко Д. П., Сапожков С. Б. Величина набрызгивания при РДС плавящимся электродом и методы ее снижения // Новые промышленные технологии. — 2009. — № 5. — С. 25–28.
6. Справочник по гигиене труда / Под ред. Б. Д. Карпова, В. Е. Ковшило. — Л.: Медицина, 1979.
7. Патент 2297311 (РФ). ВЗК 35/36. Состав покрытия для защиты поверхности свариваемого изделия от налипания брызг расплавленного металла при дуговой сварке плавлением / С. Б. Сапожков, Е. А. Зернин, Д. П. Ильященко; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО "Томский политехнический университет". Заяв. 09.03.06; опубл. 20.04.2007 // Бюл. № 11.
8. ГН 2.2.5.1313—03 Предельные допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.



УДК 699.844

Тюрин А. П., канд. техн. наук, доц., Севастьянов Б. В., д-р техн. наук, проф.  
ГОУ ВПО "Ижевский государственный технический университет"  
E-mail: asd1978@mail.ru

## Влияние параметров сотовых конструкций на снижение уровней стабильных и импульсных шумов

*Приведены данные сравнительного анализа звукопоглощения вакуумированных и невакуумированных сотовых конструкций, работающих в условиях импульсного и стабильного шумов, и краткое теоретическое обоснование экспериментальных результатов.*

**Ключевые слова:** сотовые конструкции, коэффициент звукопоглощения, импульсный и стабильный шум, регрессионный анализ.

**Tyurin A. P., Sevastyanov B. V. Influence of parameters of the honeycomb designs on decrease in levels of stable and pulse noise**

*The comparative analysis of a sound absorption of the deaerated and not deaerated honeycomb designs working in conditions of pulse and stable noise is carry out. The brief theoretical substantiation of experimental results is executed.*

**Keywords:** honeycomb designs, factor of a sound absorption, pulse and stable noise, regression analysis.

Одним из направлений акустической обработки помещений или рабочей зоны является применение материалов, обладающих высокими звукопоглощающими или звукорассеивающими свойствами. В основном речь идет о материалах, используемых в условиях стабильного или ударного шумов, формирующихся в общественных помещениях или в производственной зоне от станков, оборудования, воздухопроводов и т. п. Однако на практике может присутствовать и иной вид шума — импульсный. Санитарные нормы [1] по временным характеристикам выделяют постоянный (стабильный) и непостоянный шум. Непостоянный шум, в свою очередь, делится на колеблющийся во времени, прерывистый и импульсный. Импульсный шум — шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука в дБА и дБА, измеренные соответственно на временных характеристиках "импульс" и "медленно", отличаются не менее чем на 7 дБ. Как правило, импульсный шум может присутствовать только на специфических рабочих местах, например, испытателей спортивно-охотничьего оружия, в тирах для пулевой стрельбы, на

рабочих местах со скобо- и скрепозабивным инструментом и т. д.

Информация о свойствах звукопоглощения материалов, как правило, можно получить только в экспериментах, проводимых в импедансных трубах или реверберационных камерах [2]. Развивающиеся в последнее время методы цифровой обработки сигналов позволяют изучать не только свойства постоянных шумов, но и нестационарные кратковременные сигналы (звуковые импульсы), особенности их рассеяния различными материалами. Анализ создаваемых звуковых импульсов, полученных даже в условиях небольшого пространства в ближней зоне от образца и малой диффузности поля в определенных частотных диапазонах, можно проводить как в амплитудно-временном, частотно-временном, так и в амплитудно-частотном представлении.

Основу данного исследования составляют звукопоглощающие свойства вакуумированных и невакуумированных сотовых конструкций, выявленные на основе анализа импульсных откликов малой реверберационной камеры при возникновении в ней аперриодических возмущений с резкими фронтами (акустических выстрелов). Сотовые конструкции различной степени перфорации и толщины, в том числе при наличии вакууметрического давления внутри них, являются локально-реагирующими звукопоглощающими материалами, т. е. их звукопоглощение наблюдается в определенных  $1/n$ -октавных полосах.

Существенные исследования в данной области проводились А. Ф. Соболевым, Т. Elnady [3, 4]. В них отражены накопленные за более чем семьдесят пять лет прошлого столетия данные и теории в исследуемой области, в том числе реализованные в рамках международных стандартов серии ISO (International Standardization Organization). В работе [3] приведен расчет нормального импеданса, учитывающего геометрические размеры поглощающих конструкций, высокие уровни звукового давления в условиях шума от источника. Автор работы [4] приводит данные об исследовании и расчетах в условиях источника шума, генерируемого лопатками авиационного двигателя. Привлекаются экспериментальные данные, аналитические и



численные методы счета (методы конечных и граничных элементов и др.).

Метод по измерению характеристик звукопоглощающих конструкций небольшого диаметра на интерферометре высоких уровней рассмотрен в работе [5]. В монографии [6] достаточно полно освещена теория поглощения звука пористыми и перфорированными конструкциями, но при нормальном падении звука, что экспериментально подтверждается с помощью интерференционных труб. Трактовка реверберационного метода чрезвычайно трудна. Известно, что полностью описать поведение звукопоглощающей конструкции при воздействии на нее шума можно с помощью нормального импеданса. Эта характеристика включает изменение таких особенностей материалов как геометрические параметры, уровень звукового давления, частоты звуковой волны, наличие потоков вдоль лицевой поверхности и потоков, эжектируемых через поры или отверстия материалов.

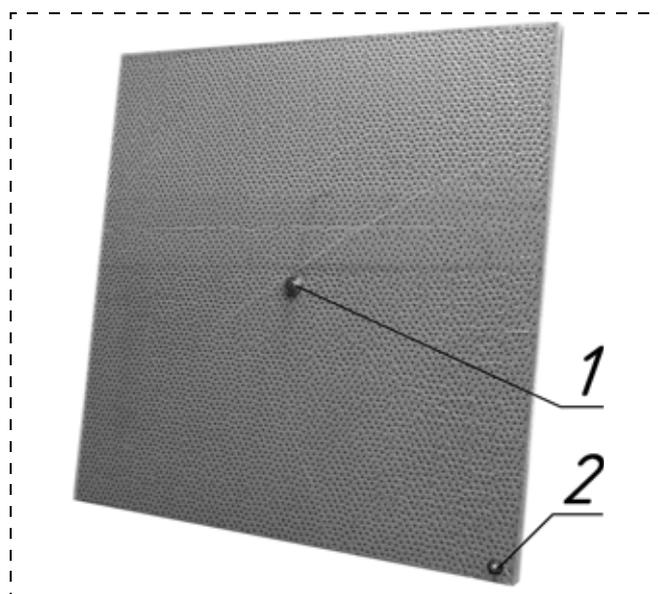
В работе [7] приведены данные об исследованиях параметров шумового поля в области низких и ультразвуковых частот как в интерферометре, источником звука в котором является генератор звуковых сигналов, так и на модели салона автомобиля в дорожных и стендовых условиях. Характерно, что исследования параметров звукового поля проводились с привлечением волнового уравнения и не затрагивали аperiодических возмущений с резкими фронтами.

Следует обратить внимание на коэффициенты звукопоглощения материалов, значения которых могут с успехом использоваться в программных продуктах по расчету акустических процессов. В рассматриваемом исследовании коэффициенты звукопоглощения сотовых конструкций выполнялись методом на основе сигнала с экспоненциально возрастающей частотой по ISO 18233—2006 в малой реверберационной камере. Характеристики исследуемых конструкций приведены в таблице, а внешний вид натурального образца — на рис. 1.

Обработка результатов эксперимента осуществлялась в MS Excel с помощью инструмента анализа данных "Регрессия".

Ниже сформулированы выводы, полученные на основании анализа экспериментальных данных регрессионным методом по звукопоглощению вакуумированных и невакуумированных конструкций в условиях импульсного шума.

1. В невакуумированных конструкциях фактор "плотность материала" в 1/3-октавных полосах со среднегеометрическими частотами 630...4000 Гц не значим; абсолютные значения фактора меньше своих стандартных ошибок.



**Рис. 1. Типовая вакуумированная сотовая конструкция:**  
1 — отверстие с измерительным микрофоном; 2 — клапан для откачки воздуха

**Характеристики исследуемых конструкций (максимальные/минимальные значения в трехфазном эксперименте)**

Размер ячейки (расстояние между параллельными гранями), мм	Плотность картона, г/м <sup>2</sup>	Степень перфорации (отношение площади отверстия к площади шестиугольника), %	Толщина конструкции, мм	Вакуумметрическое давление, кПа
21	140/170	10/30	25,7/33,5	0/20

2. В невакуумированных конструкциях в уравнениях линейной регрессии для диапазонов 1/3-октавных полос со среднегеометрическими частотами 630...4000 Гц значение коэффициента детерминации  $R^2$  по арифметическому среднему равно 0,83 при уровне значимости  $\alpha < 0,1$ , т. е. в пределах нормы.

3. В вакуумированных конструкциях при давлении 20 кПа фактор "плотность материала" в 1/3-октавных полосах со среднегеометрическими частотами 630...4000 Гц не значим, абсолютные значения этого фактора меньше своих стандартных ошибок.

4. В вакуумированных конструкциях при давлении 20 кПа в уравнениях линейной регрессии для диапазонов 1/3-октавных полос со среднегеометрическими частотами 630...4000 Гц значения коэффициента детерминации  $R^2$  по арифметическому среднему равно 0,80 при уровне значимости  $\alpha < 0,1$ .

5. В вакуумированных конструкциях при давлении 20 кПа фактор "диаметр перфорации" в диапазонах 1/3-октавных полос со среднегеометриче-

скими частотами 630...4000 Гц в среднем в 4,2 раза является менее значимым, а фактор "Толщина панели" в среднем в 0,7 раз более значимым по сравнению с невакуумированными конструкциями. То есть при вакуумировании звукопоглощение определяется каркасом конструкции, а не механизмом резонансного поглощения.

Параллельно проведенные исследования поведения подобных конструкций в условиях стабильного шума позволяют сформулировать сравнительные выводы по звукопоглощению и условиям воздействия по природе двух разных шумов.

1. Пик резонансного поглощения как вакуумированных, так и невакуумированных конструкций в условиях стабильного и импульсного шумов приходится на полосу со среднегеометрической частотой 1600 Гц.

2. Для указанной 1/3-октавной полосы звукопоглощение невакуумированных конструкций в условиях воздействия на них стабильного шума в 1,43 раза больше по сравнению с условиями воздействия импульсного шума.

3. Звукопоглощение вакуумированных конструкций при давлении 20 кПа в условиях воздействия на них стабильного шума в 1,23 раза больше по сравнению с условиями воздействия импульсного шума.

4. В условиях стабильного шума для вакуумированных конструкций их звукопоглощение в 1,77 раз больше, чем для невакуумированных.

5. В условиях импульсного шума для вакуумированных конструкций при 20 кПа их звукопоглощение в 2,05 раза больше, чем для невакуумированных.

То есть вакуумирование в большей степени способствует повышению звукопоглощения стабильного шума, нежели импульсного.

Кривые звукопоглощения для типовой конструкции изображены на рис. 2. Схема, поясняющая разницу отклика вакуумированной и невакуумированных конструкций на стабильный шум, приведена на рис. 3. При воздействии звукового импульса как на невакуумированную, так и на вакуумированную конструкции возникает слабая ударная волна, однако при вакууми-

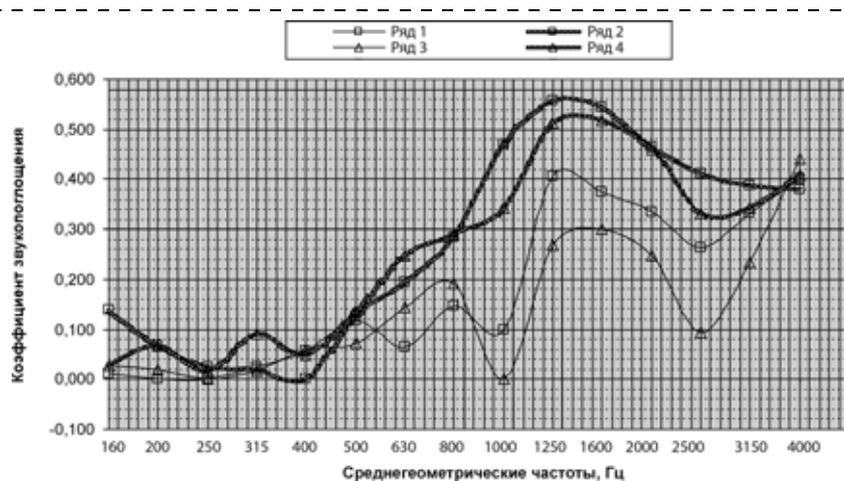


Рис. 2. Кривые звукопоглощения для невакуумированных (ряды 1, 3) и вакуумированных (ряды 2, 4) типовых конструкций в условиях детерминированного сигнала (ряды 1, 2) и звукового импульса (ряды 3, 4)

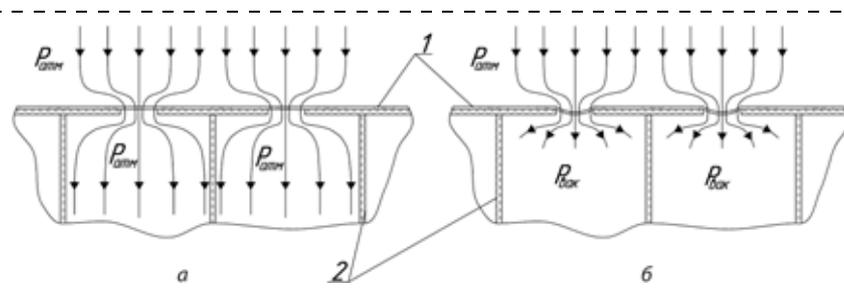


Рис. 3. Схема интенсивностей звукового поля в невакуумированных (а) и вакуумированных (б) сотовых конструкциях:

1 — изолирующий материал; 2 — материал каркаса

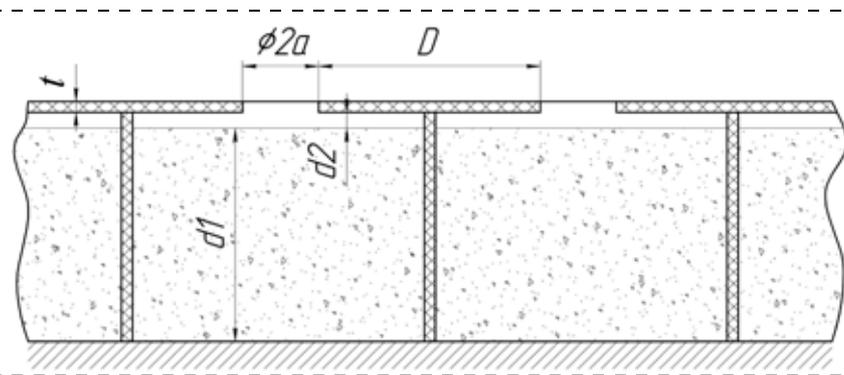


Рис. 4. К пояснению расчета звукопоглощения сотовой конструкции ( $D$  — шаг перфорации)

ровании процесс поглощения, усиливающийся вследствие вакуума, несколько ослабляется вследствие усиления реакции каркаса на звуковой импульс.

Предположим, что увеличение вакуумметрического давления  $P_{\text{вак}}$  внутри конструкции эквивалентно увеличению сопротивления продуванию потоком воздуха пористого поглотителя толщиной  $d1$  с небольшим воздушным промежутком толщиной  $d2$  по схеме на рис. 4.



Коэффициент звукопоглощения резонансного поглотителя при наличии пористого материала в качестве подложки можно определить по формуле [8]:

$$\alpha = 1 - (\text{abs}R)^2, \quad (1)$$

где  $R$  — коэффициент отражения;

$$R = \frac{z_3 - \rho c}{z_3 + \rho c}, \quad (2)$$

$\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  — скорость звука, м/с;  $z_3$  — импеданс резонансного поглотителя;

$$z_3 = \frac{\rho}{\varepsilon} \left( \frac{t}{2a} + 1 \right) \sqrt{8\nu\omega} + (2\delta a + t) \frac{j\omega\rho}{\varepsilon} + z_2, \quad (3)$$

$\varepsilon$  — степень перфорации конструкции с отверстиями;  $t$  — толщина перфорированного слоя, м;  $a$  — радиус отверстия, м;  $\nu$  — кинематическая вязкость воздуха, м<sup>2</sup>/с;  $\delta$  — концевая поправка для единичного отверстия;  $\omega$  — угловая частота, рад/с;  $z_2$  — импеданс на вершине пористого поглотителя;  $j = \sqrt{-1}$ .

$$z_2 = \frac{-z_1 j \rho c \text{ctg}(kd_2) + \rho^2 c^2}{z_1 - j \rho c \text{ctg}(kd_2)}, \quad (4)$$

$d_2$  — толщина воздушного промежутка, м;  $k$  — волновое число;  $z_1$  — импеданс слоя воздуха;

$$z_1 = -jZ_0 \text{ctg}(kd_1), \quad (5)$$

где  $d_1$  — толщина воздушного слоя, м;  $Z_0$  — характеристический импеданс воздуха.

Тогда кривые коэффициентов звукопоглощения теоретической конструкции с параметрами типовой исследованной для различных величин сопротивления продуванию пористого поглотителя (см. рис. 4) будут выглядеть как на рис. 5, обнаруживая некоторое сходство с графиком на рис. 2. Малое сопротивление продуванию пористого поглотителя соответствует атмосферному давлению в конструкции, большее сопротивление продуванию — вакуумметрическому давлению в исследуемой конструкции.

В настоящее время существуют достаточно мощные программные продукты, посвященные анализу виброакустических процессов, используемых в области автомобилестроения или авиаракетной промышленности. Примером является программное обеспечение "PULSE" компании "Брюль и Кьер", способное обрабатывать данные от 1000 каналов одновременно и осуществлять акустическую диагностику помещения или салона автомобиля при наличии звукопоглощающих конструк-

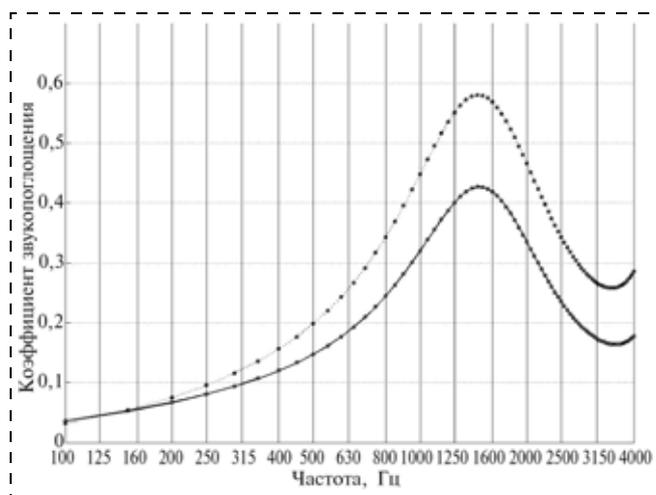


Рис. 5. Теоретические значения коэффициентов звукопоглощения: сплошная линия — сотовая конструкция с пористым поглотителем малого сопротивления продуванию; пунктирная линия — та же конструкция с пористым поглотителем большого сопротивления продуванию

ций, программное обеспечение "ODEON" ("Брюль и Кьер", Датский технический университет) для моделирования внутренней акустики зданий. Исследование аperiodических возмущений с резкими фронтами, требующих отличного от решения классического волнового уравнения подхода, с развитием цифровой обработки сигналов продолжается. Предполагается, что такой подход будет способствовать совершенствованию проектирования высокоэффективных акустических экранов.

#### Список литературы

1. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: СН 2.2.4/2.1.8.562—96. — Утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31.10.96 № 36.
2. ISO 10534-1 Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 1. Methods using standing wave ratio.
3. Соболев А. Ф. Полуэмпирическая теория однослойных сотовых звукопоглощающих конструкций // Акустический журнал. — 2007. — Т. 53. — № 6. — С. 861—872.
4. Elnady T. Modelling and Characterization of Perforated Lined Ducts and Mufflers. — Stockholm, 2004. — 40 p.
5. Писаревский Н. Н., Голубкова Л. В. Экспериментальная установка для измерения характеристик звукопоглощающих конструкций интерференционным методом при высоких уровнях звукового давления // Труды ЦАГИ. — 1976. — Вып. 1806. — С. 54—73.
6. Цвиккер К., Костен К. Звукопоглощающие материалы. — М., 1952. — 160 с.
7. Иванников А. Н. Метод исследования структуры звукового поля в малых замкнутых объемах воздуха — автореф. дисс. на соиск. степени к. ф.-м. н. — МГУ, 1983. — 14 с.
8. Allard J. F. Propagation of sound in porous media: Modeling sound absorption materials. Elsevier applied science, 1993. — 300 p.



УДК 664; 648.18; 579

**И. А. Илларионова**, канд. биол. наук, доц., **Т. Ю. Гумеров**, канд. хим. наук, доц.,  
**О. А. Решетник**, д-р техн. наук, проф.,  
Казанский государственный технологический университет  
E-mail: tt-timofei@mail.ru

## Применение и безопасное использование дезинфицирующих средств на объектах предприятий общественного питания

*Представлены предприятия общественного питания, как объекты, требующие пристального внимания с санитарно-эпидемиологических позиций, поскольку принятый на них технологический процесс предполагает многоступенчатый этап переработки продовольственного сырья при тесном контакте с персоналом, инвентарем, оборудованием.*

**Ключевые слова:** безопасное использование дезинфицирующих средств, моющие средства, микробиологическая обработка, дезинфекция на объектах предприятий общественного питания.

**Illarionova I. A., Gymerov T. U., Reshetnik O. A. Application and Safe usage of disinfectants on objects of public catering**

*The establishments of public catering are the objects, that must be monitored closely for compliance with applicable epidemiologic and sanitation codes, as the available technological process stipulates a multi-stage processing of raw food materials that is properly contacted with the personnel, stock, the equipment.*

**Keywords:** safe usage of disinfectants, washing-up liquids, microbiological processing, disinfection on objects of public catering.

Целью описываемого эксперимента является проведение сравнительной оценки безопасного воздействия дезинфицирующих средств, применяемых на предприятиях общественного питания. Были поставлены следующие задачи:

— определить общее количество микроорганизмов (КМАФАнМ) в смывах с поверхности и инвентаря рабочей зоны;

— изучить влияние рабочих концентраций дезинфицирующих средств на подавление жизнедеятельности мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и *Escherichia coli* (*E. coli* — бактерии группы кишечных палочек (БГКП)), внесенной в качестве инфекционной нагрузки;

— изучить влияние рабочих концентраций дезинфицирующих средств на тест-объекты музейных культур микроорганизмов методом погружения;

— сравнить экономический эффект применения дезинфицирующих средств, используемых на предприятиях общественного питания.

### Характеристика используемых веществ

При исследовании использовались перечисленные ниже дезинфицирующие средства.

Средство "Ника-экстра М" (ГОСТ 12.1.007—76), предназначенное для дезинфекции и мытья поверхностей в помещениях, жесткой мебели, санитарно-технического оборудования, белья, посуды, уборочного материала, для проведения генеральных уборок в лечебно-профилактических учреждениях, детских учреждениях, на предприятиях общественного питания, коммунальных объектах, объектах железнодорожного транспорта и населением в быту.

Средство "ФлориДез" (ГОСТ 12.1.007—76), предназначенное для дезинфекции и предстерилизационной очистки изделий медицинского назначения из различных материалов, для очистки, не совмещенной с дезинфекцией, для обработки поверхностей в помещениях, жесткой мебели, санитарно-технического оборудования, наружных поверхностей приборов и аппаратов, посуды, предметов для мытья посуды, уборочного инвентаря, одежды персонала и больных и т. д.

Дезинфицирующие средства "Жавелин" (ГОСТ 12.1.007—76) и "Ди-Хлор" (ГОСТ 12.1.007—76), предназначенные для обеззараживания поверхностей в помещениях, жесткой мебели, санитарно-технического оборудования, изделий медицинского назначения, белья, посуды, предметов для мытья посуды, предметов ухода за больными, уборочного инвентаря, медицинских отходов, игрушек, обуви из резины, пластмасс и других полимерных материалов.

Все представленные дезинфицирующие средства относятся к 3-му классу умеренно опасных веществ, а при введении в желудок и к 4-му классу малоопасных веществ при нанесении на кожу.



## Методика эксперимента

В качестве показателя санитарного состояния действующего предприятия в настоящее время широко используется характеристика микробной обсемененности поверхностей различных объектов предприятия — производственного оборудования, инвентаря, санитарной одежды, рук персонала [1].

Основными тестами микробной загрязненности предметов служат общее количество микроорганизмов на единице поверхности предмета (микробное число) и наличие на предметах санитарно-показательного микроорганизма — кишечной палочки как показателя фекального загрязнения объекта. В некоторых производственных помещениях дополнительно определяют наличие условно-патогенных микроорганизмов — наиболее типичных для используемого сырья (в мясном цехе — наличие сальмонелл, в кондитерском — наличие стафилококков).

Биологическая контаминация объектов окружающей среды происходит постоянно. Главным источником микробного загрязнения является человек: выделения верхних дыхательных путей, слушающийся эпидермис, волосы, содержащие различные микроорганизмы — сапрофиты, условно-патогенные и патогенные.

Для проведения эксперимента брали смывы с поверхности стола и смывы с рук в соответствии с методикой, приведенной в работе [2]. Общую бактериальную обсемененность рассчитывали по формуле:

$$M = H - 10/S,$$

где  $H$  — количество колоний в 1 мл исходного разведения смыва; 10 — количество жидкости, в которую сделан смыв, мл;  $S$  — площадь, с которой произведен смыв, см<sup>2</sup>.

## Обсуждение результатов эксперимента

Дезинфекция оборудования, инвентаря, тары, производственных и бытовых помещений пищевых предприятий является обязательной профилактической мерой для предупреждения загрязнения продуктов микроорганизмов. Она проводится систематически в соответствии с установленными санитарными требованиями для пищевой промышленности. Дезинфекцией называется уничтожение в объектах внешней среды сапрофитных микроорганизмов — вредителей данного производства, которые вызывают порчу сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также патогенных микроорганизмов — возбудителей пищевых инфекций и пищевых отравлений.

Таблица 1

### Качественная микрофлора исследуемых поверхностей

Оборудование	Количество микроорганизмов на 1 см, КОЕ/см <sup>2</sup>	Качественная микрофлора		
		Споровые палочки	Неспоровые палочки	Кокковые формы
Стол	2,1 · 10 <sup>3</sup>	++	++	+
Инвентарь	1,5 · 10 <sup>2</sup>	++	++	+

"+" — интенсивность проявления признака.

Начальным этапом исследования было изучение отобранных дезинфицирующих средств при их применении для обработки рабочих поверхностей и инвентаря.

Перед началом эксперимента была проанализирована качественная микрофлора испытываемой поверхности и инвентаря. Для этого брали смывы и высевали на чашке со средой мясопептонного агара (МПА). После инкубирования при температуре 37 °С проводили подсчет и микроскопическое исследование выросших колоний.

Как показали результаты исследований, микрофлора исследуемой поверхности до дезинфекции представлена в основном споровыми и неспоровыми палочками, небольшим количеством кокковых форм микроорганизмов (табл. 1).

Для исследования безопасного применения дезинфицирующих средств, в качестве инфекционной нагрузки на исследуемые объекты была внесена суточная культура *E. coli*. На поверхность стола наносили эмульсию двухмиллиардной культуры *E. coli*, а инвентарь обрабатывали методом погружения в эту эмульсию на 15 мин [3].

Исследуемую поверхность делили на квадраты, а инвентарь делили на равные партии. Пробы брали до дезинфекции и после обработки их дезинфицирующими средствами с соответствующим временем выдержки в этих средствах согласно инструкции [4].

Обработка поверхности и инвентаря осуществлялась в соответствии с указаниями на каждое вещество, время выдержки препаратов строго соблюдалось в соответствии с нормами, указанными в инструкции. Режимы обработки представлены в табл. 2.

Контроль эффективности санитарной обработки технологических поверхностей и инвентаря производили согласно инструкции о порядке микробиологического контроля на предприятиях общественного питания. В соответствии с этим было определено количество санитарно-показательных микроорганизмов (БГКП) и сапрофитных микроорганизмов (КМАФАнМ) на 1 см<sup>2</sup>.



Таблица 2

## Режимы дезинфекции различных объектов

Дезинфицирующее средство	Поверхность		Инвентарь	
	Концентрация, %	Время выдержки, мин	Концентрация, %	Время выдержки, мин
Ника-Экстра М	0,5	60	0,3	30
ФлориДез	0,5	30	0,3	15
Жавелин	0,015	60	0,015	15
Ди-Хлор	0,015	60	0,015	15

Таблица 3

## Смывы с поверхности с инфекционной нагрузкой после дезинфицирующей обработки

Дезинфицирующие средства	КМАФАнМ, КОЕ/см <sup>2</sup>	БГКП, КОЕ/см <sup>2</sup>
Контроль, без дезинфицирующей обработки	$1 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^3$
Ника-Экстра М	$2 \cdot 10^2$	20
ФлориДез	$2 \cdot 10^3$	90
Жавелин	$4,7 \cdot 10^2$	—
Ди-Хлор	$1,5 \cdot 10^3$	—

В ходе исследования было установлено, что все исследуемые дезинфицирующие средства при обработке поверхностей (табл. 3) оказывают значительное влияние на общее количество микроорганизмов и на *E. coli* (БГКП).

Из представленных данных видно, что дезинфицирующее средство "ФлориДез" при обработке поверхностей оказывает влияние на общее количество микроорганизмов. Вероятно, спектр его действия более широк по сравнению с дезинфицирующим средством "Ника-Экстра М". Средство "Жавелин" оказывает большее влияние на общее количество микроорганизмов. Вероятно, активность хлора выше по сравнению с дезинфицирующим средством "Ди-Хлор". На показатель БГКП препараты действуют одинаково.

Дезинфицирующие средства "Ди-Хлор" и "Жавелин" при обработке поверхности проявляют стопроцентный эффект в отношении бактерий группы кишечной палочки, отмечается снижение количества сапрофитных микроорганизмов. Дезинфицирующее средство "Жавелин" больше оказывает влияние на общее количество микроорганизмов.

Результаты исследований смывов с инвентаря после обработки методом погружения показали, что все дезинфицирующие средства подавляют БГКП и значительно снижают количество сапрофитных микроорганизмов практически до полного уничтожения (табл. 4).

Следующим этапом эксперимента было исследование бактерицидных свойств выбранных препаратов. Для исследования использовали кусочки хлопчатобумажной ткани размером 1 см<sup>2</sup>, пропитанные смывом со следующих чистых односуточных неспорообразующих культур организмов *E. coli*, *Sarcina sp. (Sporosarcina)*, *Staphylococcus aureus* и шестисуточных спорообразующих микроорганизмов *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*.

Тест-объекты помещали в стерильные чашки Петри с фильтровальной бумагой на дне и подсушивали в термостате. Тест-объекты применяли в качестве опытных и контрольных образцов. Опытные тест-объекты погружали в растворы исследуемых веществ "ФлориДез", "Ника-Экстра М", "Жавелин" и "Ди-Хлор". Концентрацию и время выдержки брали в соответствии с инструкциями по применению данных дезинфицирующих средств (см. табл. 2).

После выдержки кусочки тканей с тест-объектами в дезинфицирующих средствах дважды промывали в 10 мл стерильной водопроводной воды. Тест-объекты, обработанные дезинфицирующим средством, и контрольные образцы, а также воду, полученную после промывания тест-объектов, подвергали бактериологическому исследованию. Высев проводили на средах МПА и Эндо. Рост микробов учитывали после 2-дневной выдержки в термостате. Результаты исследований представлены в табл. 5.

Как видно из данных таблицы, действие исследуемых препаратов на тест-объекты различно. Все дезинфицирующие средства полностью подавляют бактерии рода *Staphylococcus aureus*. При исследовании влияния препаратов на *E. coli* более эффективными оказались препараты "ФлориДез" и "Жавелин". Препараты "Ди-Хлор" и "Ника-Экстра М" проявляли активность в отношении *E. coli* при увеличении времени выдержки в дезинфицирующих растворах.

Как показали результаты исследований, препарат "ФлориДез" оказался более эффективным в отношении тест-культур. Так, он полностью подав-

Таблица 4

## Смывы с инвентаря после дезинфицирующей обработки

Дезинфицирующие средства	КМАФАнМ, КОЕ/см <sup>2</sup>	БГКП, КОЕ/см <sup>2</sup>
Контроль, без дезинфицирующей обработки	$2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^3$
Ника-Экстра М	20	—
ФлориДез	50	—
Жавелин	70	—
Ди-Хлор	20	—



Таблица 5

## Действие дезинфицирующих средств на тест-объекты

Дезинфицирующие средства	Качественная микрофлора														
	Первая промывка водой					Вторая промывка водой					Кусочки ткани				
	<i>E. coli</i>	<i>Sarcina sp.</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus mesentericus</i>	<i>E. coli</i>	<i>Sarcina sp.</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus mesentericus</i>	<i>E. coli</i>	<i>Sarcina sp.</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus mesentericus</i>
Ника-Экстра М	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
ФлориДез	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-
Жавелин	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+
Ди-Хлор	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+

+  
"-" — отсутствие роста; "+" — рост единичной колонии; "+ +" — частичное подавление; "+ +" — сплошной рост.  
+

ляет рост *Sarcina sp.*, *Staphylococcus aureus* в концентрациях 0,3 % и времени выдержки 30 мин, указанных в инструкции по применению. В ходе исследований было отмечено незначительное влияние препарата на спорообразующие бактерии, а именно на *Bac. mesentericus*. На чашках с МПА отмечалось отсутствие роста вокруг кусочков тканей. В отношении спорообразующих микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Bac. mesentericus* хлорсодержащие препараты не оказали влияния. Это подтверждается и литературными данными о низкой спороидной активности хлорсодержащих препаратов [5].

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод, что применение предложенных дезинфицирующих средств обеспечивает качественную и безопасную дезинфекцию обрабатываемых поверхностей, что является непременным условием применения препаратов на предприятиях пищевой промышленности.

На основании полученных данных из выбранных препаратов дезинфицирующее средство "ФлориДез" оказался более эффективным, и достаточно экономичным.

Было показано, что испытуемые хлорсодержащие дезинфицирующие средства также обеспечивают качественную и безопасную дезинфекцию

обрабатываемых поверхностей. Однако эти средства имеют стойкий неприятный запах, который не всегда удаляется водой. Продукты при контакте с этими веществами могут приобрести посторонний запах, что влияет на органолептические свойства блюд. Поэтому при мытье кухонной, столовой посуды лучше использовать дезинфектанты на основе четвертичных аммониевых соединений, которые помимо дезинфицирующего эффекта обладают и моющей активностью.

## Список литературы

1. Методика санитарно-бактериологического контроля в предприятиях общественного питания и торговли пищевыми продуктами. ГГСИ СССР № 212-56 (1956) // Сборник официальных материалов по лабораторному делу. — Т. 2. — М., 1961. — 23 с.
2. ГОСТ 10444.15—94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. — М.: Изд-во стандартов, 1995. — 5 с.
3. Нецепляев С. В., Панкратова А. Я. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых продуктов животного происхождения. — М.: Агропромиздат, 1990. — 224 с.
4. Ушакова В. Н. Мойка и дезинфекция. Пищевая промышленность, торговля, общественное питание: учеб. пос. для нач. проф. образования. — М.: Высшая школа, 2009. — 255 с.
5. Доценко В. А. Практическое руководство по санитарному надзору за предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания и торговли. 2-е изд. перераб. и доп. — СПб.: Гиорд, 2003. — 520 с.

УДК 621.436

**Е. Н. Власов, проф., В. К. Мамаев,**  
 Российский университет дружбы народов, Москва  
 E-mail: k.mamaev@mail.ru

## Экспериментальные исследования модельных ступеней центробежных нагнетателей

*Представлены результаты экспериментальных исследований модельной ступени центробежного нагнетателя природного газа по снижению уровня звукового давления на лопаточной частоте (тональный шум). Даны рекомендации по выбору оптимального соотношения лопаток рабочего колеса и диффузора.*

**Ключевые слова:** центробежный нагнетатель, уровень звуковой мощности, соотношение числа лопаток, рабочее колесо, лопаточный диффузор.

**Vlasov E. N., Mamaev V. K. Experimental researches of centrifugal blower model**

*Results of experimental researches on decrease of sound pressure level on blade frequency (blade tone noise) for a centrifugal blower model of natural gas are submitted. Recommendations are given for the choice of an optimum ratio of the wheel and diffuser blades.*

**Keywords:** centrifugal compressor, level of sound power, a ratio of number blades, the wheel driving impeller, diffuser blades.

Известно [1], что уровень звуковой мощности, генерируемый центробежными нагнетателями, высок, а нагнетатель, в свою очередь, является одним из основных источников шума на компрессорных станциях. Определяющим в спектре шума нагнетателя является шум от неоднородности потока, в частности, шум взаимодействия рабочих и направляющих лопаток (тональный шум). Значительное снижение тонального шума возможно за счет перераспределения энергии источников возникновения шума во времени и пространстве путем их расфазировки различными конструктивными решениями. Одним из таких решений является выбор оптимального соотношения числа лопаток рабочего колеса и диффузора  $\nu = \frac{z_p}{z_d}$ . В статье приведены результаты исследований модельной ступени центробежного нагнетателя по оценке влияния соотношения лопаток  $\nu$  на аэродинамические и акустические характеристики.

В экспериментальных исследованиях, которые проводились на кафедре теплотехники и тепловых двигателей, использовалась модель центробежного нагнетателя, рабочее колесо которого имело 12/24 лопаток (12 длинных и 12 коротких). Основные геометрические параметры модельной ступени приведены в табл. 1.

Отношение диаметра входного сечения диффузора  $D_3$  к наружному диаметру колеса  $D_2$  составляло  $D_3/D_2 = 340/305 = 1,11$ . Исследования проведены при частоте вращения  $n = 200 \text{ с}^{-1}$ .

Изменение геометрических элементов диффузора в зависимости от числа лопаток диффузора  $z_d$  показано в табл. 2. Диффузорность канала оставалась постоянной  $F_4/F_3 = \text{const}$ .

Таблица 1

Геометрические параметры ступени компрессора

Элементы ступени	Число лопаток	Высота лопаток, мм		Угол	
		$b_1$	$b_2$	входы $\beta_1$	выхода $\beta_2$
Рабочее колесо	12/24	30	18,3	34°30'	48°
Диффузор	0; 9; 10; 11; 12; 13; 15; 18; 20; 24; 30; 36	22,8	22,8	22°30'	33°30'

Таблица 2

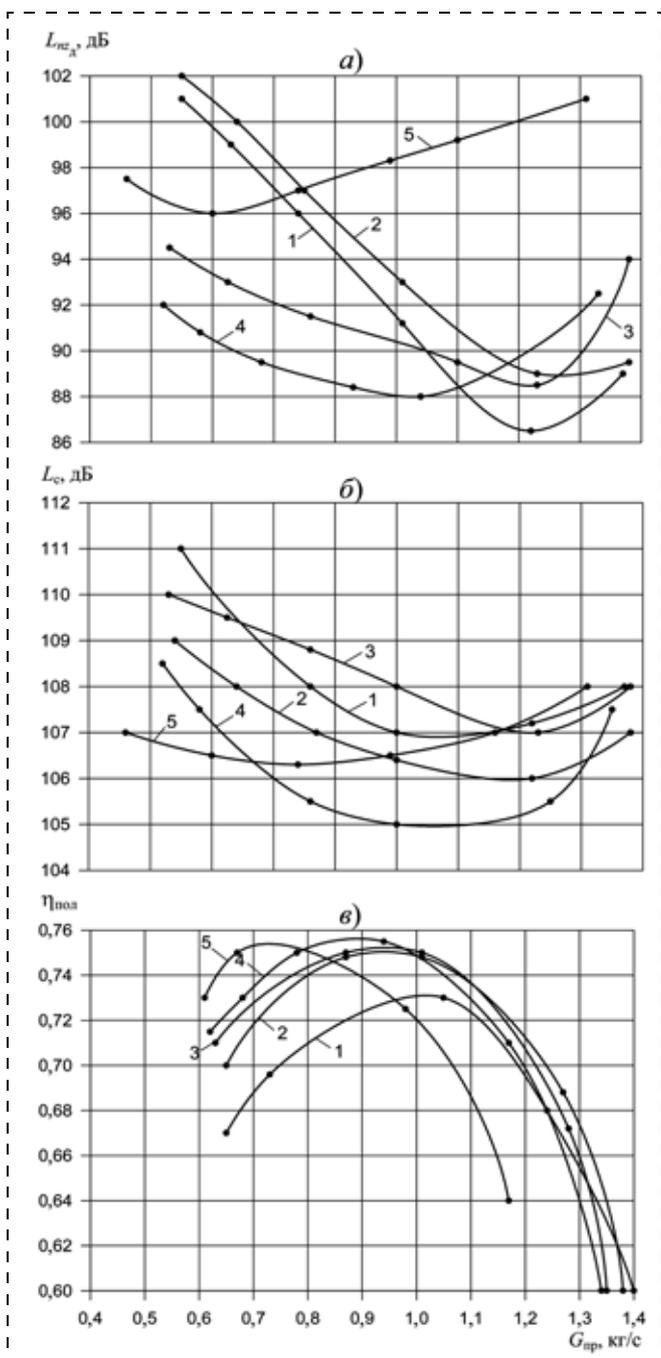
Зависимость геометрических параметров от числа лопаток диффузора

$z_d$ , шт	$t_3 = \pi D_3 / z_d$ , мм	$t_4 = \pi D_4 / z_d$ , мм	$F_3 = t_3 h$ , мм <sup>2</sup>	$F_4 = t_4 h$ , мм <sup>2</sup>	$l/t$	$\Theta$	$\nu = z_p / z_d$
9	118,7	160,6	2705,96	3661,0	0,9183	17°	2,67
10	106,8	144,5	2435,36	3294,9	1,0170	15°20'	2,4
11	97,1	131,4	2213,97	2995,4	1,1187	13°57'	2,18
12	89,0	120,4	2029,47	2745,8	1,2204	12°48'	2,0
13	82,2	111,2	1873,36	2534,5	1,3221	11°49'	1,85
15	71,2	96,3	1623,58	2196,6	1,5255	10°16'	1,6
18	59,2	80,3	1352,98	1830,5	1,8306	8°33'	1,33
20	53,4	72,3	1217,68	1647,5	2,034	7°42'	1,2
24	44,5	60,2	1014,73	1372,9	2,4408	6°25'	1,0
30	35,6	48,2	811,79	1098,3	3,051	5°8'	0,8
36	29,7	40,1	676,49	915,3	3,6612	4°17'	0,67



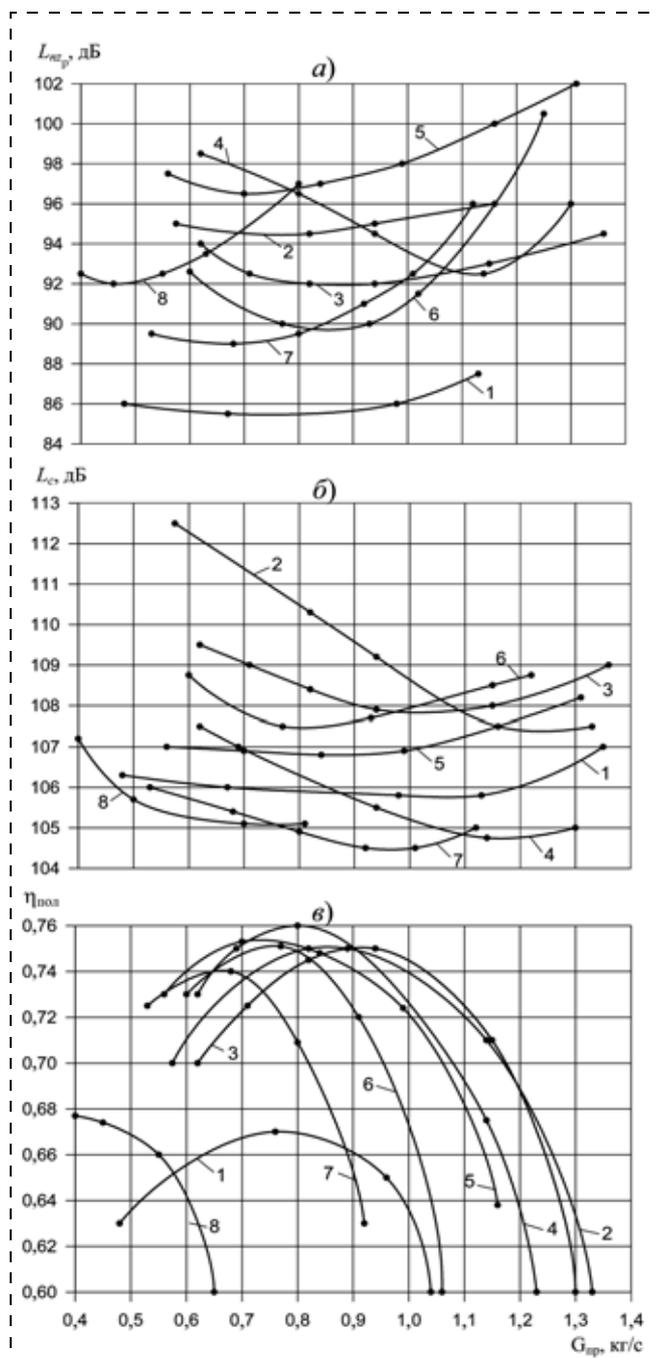
Рассмотрим результаты экспериментальных исследований по влиянию соотношения чисел лопаток рабочего колеса и диффузора ступени центробежного нагнетателя на шум и экономичность ступени.

Изменение уровня звукового давления (УЗД) тонального шума при различных числе лопаток



**Рис. 1.** Результаты исследований по влиянию соотношения чисел лопаток диффузора на шум и КПД ступени нагнетателя: *a* — уровень звукового давления тонального шума  $L_{nz}$ ; *b* — суммарный уровень звукового давления  $L_c$ ; *v* — КПД модельной ступени нагнетателя  $\eta_{пол}$  при  $n = 200 \text{ с}^{-1}$  (окружная скорость  $u = 192 \text{ м/с}$ ): 1, 2, 3, 4, 5 — при  $z_d = 9, 11, 13, 15, 20$  соответственно

диффузора  $z_d$  и расходе  $G_{пр}$  показано на рис. 1, *a* и 2, *a*. Видно, что резкое снижение УЗД тонального шума наблюдается при числе лопаток диффузора  $z_d = 12$  ( $v = 1,6$ );  $z_d = 30$  ( $v = 0,8$ );  $z_d = 36$  ( $v = 0,65$ ) по сравнению с заводской комбинацией  $z_d = 20$  ( $v = 1,2$ ). Указанное обстоятельство объяс-



**Рис. 2.** Результаты исследований по влиянию соотношения чисел лопаток рабочего колеса на шум и КПД ступени нагнетателя: *a* — уровень звукового давления тонального шума  $L_{nz}$ ; *b* — суммарный уровень звукового давления  $L_c$ ; *v* — КПД модельной ступени нагнетателя  $\eta_{пол}$  при  $n = 200 \text{ с}^{-1}$  ( $u = 192 \text{ м/с}$ ): 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 — при  $z_d = 0, 10, 12, 18, 20, 24, 30, 36$  соответственно

няется различными условиями взаимодействия лопаток колеса и диффузора (форма лепестковых фигур и различные числа Маха лепестковых фигур).

Изменение суммарного уровня звукового давления при различных комбинациях исследованных решеток компрессорных ступеней показано на рис. 1, б и 2, б. Видно, что суммарный УЗД повысился при  $z_d = 10...13$  и имел минимальные значения при  $z_d = 0; 30$  и  $36$  на номинальном режиме. В среднем изменение суммарного УЗД на номинальном режиме составило приблизительно 4 дБ.

Изменение КПД испытанных ступеней нагнетателя показано на рис. 1, в и 2, в. Экономичность указанных ступеней менялась незначительно при изменении числа лопаток диффузора. Как правило, она несколько уменьшалась при увеличении числа лопаток диффузора и оставалась практически постоянной при уменьшении числа лопаток диффузора. В связи с этим видно, что уменьшение числа лопаток диффузора с  $z_d = 20$  до  $z_d = 12$  (разрежение диффузора) приведет к снижению шума взаимодействия на 9...15 дБ. Из рис. 1, в и 2, в следует, что характеристики смещаются влево с увеличением числа лопаток диффузора, снижается экономичность.

На рис. 3 показано изменение максимальных значений КПД  $\eta_{пол} = \max$  в зависимости от числа лопаток диффузора  $z_d$  для всех исследованных комбинаций ступеней. Здесь же представлена зависимость изменения уровня звукового давления тонального шума от соотношения лопаток при  $n = 150 \text{ с}^{-1}$ ;  $z_p = 24$  и частоте  $f = n z_p = 3600 \text{ Гц}$ . Как видно, максимальное значение КПД и минимальный УЗД тонального шума ступень имела при числе лопаток диффузора  $z_d = 12$  и  $15$  ( $v = 2,0$  и  $1,6$ ). Следует заметить, что заводской вариант ступени имеет  $z_d = 20$  ( $v = 1,2$ ), что приводит к повышению шума взаимодействия приблизительно на 10 дБ.

Экспериментальная зависимость изменения УЗД тонального шума, представленная на рис. 3, была аппроксимирована теоретической зависимостью [2].

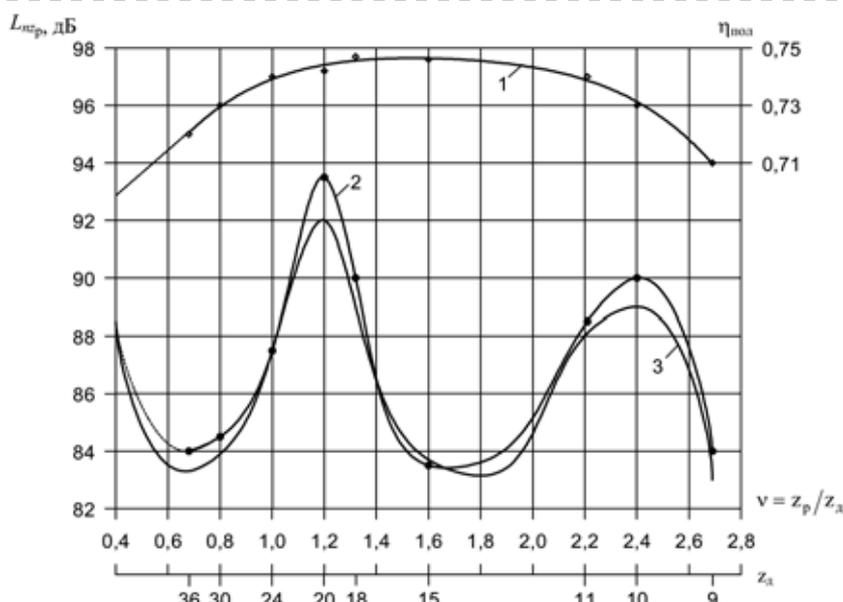


Рис. 3. Изменение уровня звукового давления тонального шума и экономичности ступени нагнетателя при различном соотношении лопаток:

1 —  $\eta_{пол}$  — КПД ступени; 2 — экспериментальная зависимость; 3 — теоретическая зависимость

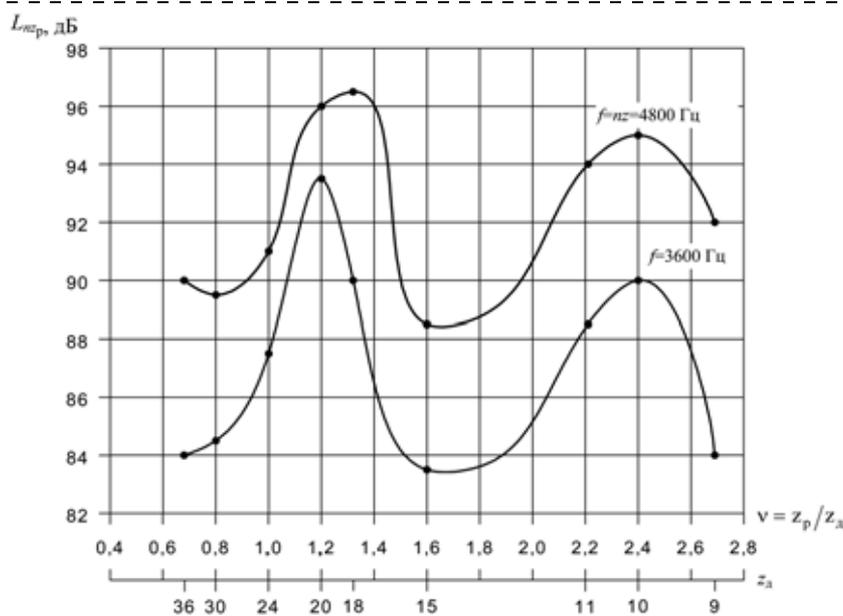


Рис. 4. Изменение уровня звукового давления тонального шума ступени нагнетателя на различных режимах в зависимости от  $v$

Обнаруживается удовлетворительное совпадение экспериментальной и теоретической зависимостей. Составлены алгоритм и программа расчета в диалоговом режиме на ЭВМ, позволяющая определить оптимальное соотношение лопаток  $v$  с целью снижения тонального шума, учитывая результаты выполненных исследований.

В целях снижения шума при высокой экономичности и пологой характеристике (устойчивая

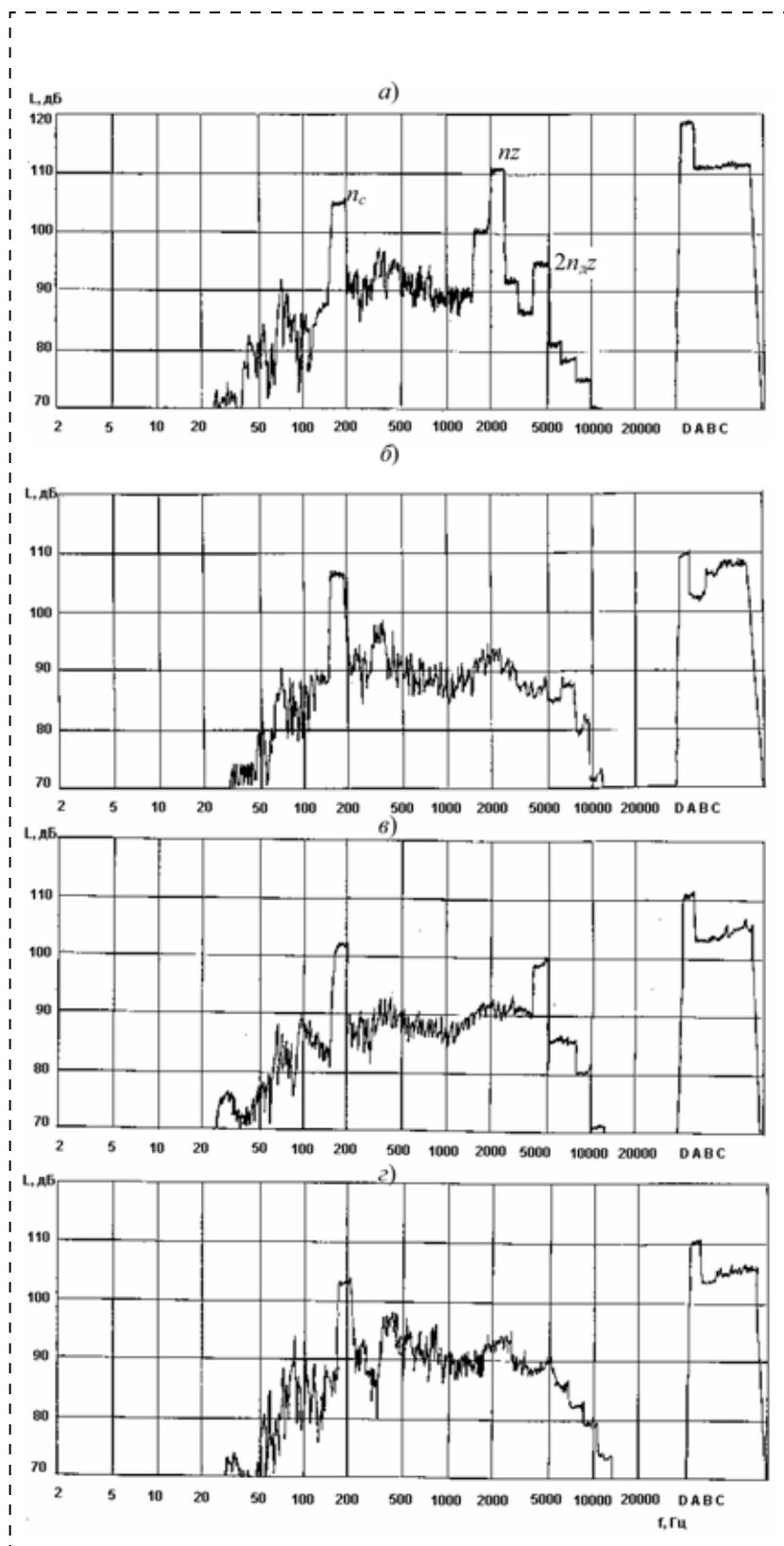


Рис. 5. Изменение шума ступени нагнетателя при  $n = 200 \text{ с}^{-1}$  и различном числе лопаток диффузора  $z_d$ :

$a - 10$ ;  $б - 15$ ;  $в - 20$ ;  $г - 36$

работа ступени в широком диапазоне по расходу) целесообразно применять лопаточный диффузор с двухъярусной решеткой. Для решения указанной задачи авторы работы [3] также рекомендуют использовать лопаточные решетки с имитаторами на входе для выбора оптимального соотношения лопаток ротора и статора.

Зависимость УЗД тонального шума от соотношения числа лопаток  $\nu$  на различных режимах иллюстрирует рис. 4, из которого следует, что она имеет гармонический характер. Максимальный уровень звукового давления наблюдается при соотношениях  $\nu = 1,1...1,3$  и  $\nu = 2,2...2,5$ , а минимальный — при  $\nu = 1,6...1,9$  и  $\nu = 0,7...0,8$  в зависимости от режима.

Спектрограммы изменения шума для некоторых испытанных комбинаций ступеней при различном числе лопаток диффузора и  $n = 200 \text{ с}^{-1}$  даны на рис. 5. При числе лопаток диффузора  $z_d = 10$  на спектрограммах резко возрастает шум на частоте  $n z_d$ , так как в данных случаях число длинных лопаток на входе в рабочее колесо оказывалось практически равным числу лопаток диффузора. Указанное обстоятельство подтверждено данными рис. 4, где минимальный шум наблюдался при числе лопаток диффузора  $z_d = 15$  и  $z_d = 36$ , т. е. когда число лопаток диффузора значительно отличалось от числа лопаток рабочего колеса на входе и выходе из колеса, а максимальный шум — когда число лопаток диффузора практически было равно числу лопаток колеса на входе или выходе.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что путем выбора оптимального соотношения лопаток рабочего колеса и диффузора можно значительно снизить тональный шум. При этом сохраняются аэродинамические характеристики нагнетателя.

#### Список литературы

1. Власов Е. Н., Дедиков Е. В., Терехов А. Л., Цулимов С. В. Исследование шума лопаточных машин на компрессорных станциях магистральных газопроводов и способы его снижения. М.: ИРЦ Газпром, 1998.
2. Thissen G. J., W. Embleton T. F. JASA, 30.449, 1958.
3. Власов Е. Н., Цулимов С. В. О снижении си- ренного шума центробежных машин в источнике. — М.: ВИНТИ, 1996. — № 1468-В96.



УДК 624.04:614.87

А. А. Малков<sup>1</sup>, А. А. Захаров<sup>1</sup>, Е. А. Байтиминова<sup>2</sup>, канд. биол. наук,  
Г. М. Нигметов<sup>3</sup>, канд. техн. наук

<sup>1</sup>Уральский филиал ФГУ ВНИИ ГОЧС, г. Екатеринбург

<sup>2</sup>Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург

<sup>3</sup>ФГУ ВНИИ ГОЧС, г. Москва

E-mail: malkov@bk.ru

## Модернизация и расширение функциональных возможностей мобильного диагностического комплекса для оценки инженерной безопасности зданий (сооружений)

*Описан мобильный диагностический комплекс (МДК). Обоснована целесообразность технической модернизации существующего МДК, позволяющей повысить оперативность и удобство операций, производимых с его помощью. Предложены образцы приборов и приспособлений, необходимых для реализации функциональных возможностей комплекса. Особое внимание уделено необходимости включения в состав МДК приборов для исследования радиационного фона и содержания некоторых химических соединений в воздухе.*

**Ключевые слова:** инженерная безопасность, устойчивость, анализ риска, радиация, несущие конструкции, опасные химические соединения.

**Malkov A. A., Zakharov A. A., Baitimi-rova E. A., Nigmatov G. M. Modernization of the mobile diagnostic complex for the estimation of engineering safety of buildings (constructions): expansion of functionality**

*The mobile diagnostic complex is intended for an estimation of engineering safety of buildings, constructions and technological systems. Offered technical modernization of an existing complex will allow to raise efficiency and convenience of the operations made with its help. Also in article necessity of inclusion into the complex the devices for the research of a radiating background and the maintenance of some chemical compounds in air is proved.*

**Keywords:** engineering safety, satellite, stability, risk analysis, radiation, bearing designs, dangerous chemical compounds.

В условиях современной техносферы масштабное развитие строительной отрасли, с одной стороны, и участвовавшие правонарушения в отношении правил, норм, требований строительства и эксплуатации зданий, с другой, привело к увеличению угрозы обрушения различных строительных конструкций. В связи с этим, одной

из наиболее актуальных проблем в строительной отрасли является проблема инженерной безопасности зданий и сооружений [1–4].

Мобильный диагностический комплекс (МДК) для оценки технического состояния зданий и сооружений предназначен для комплексной диагностики систем грунт–здание (сооружение), обнаружения скрытых дефектов в системах грунт–здание (сооружение), определения степени повреждения и устойчивости зданий и сооружений [10, 13]. Данные работы проводятся разработчиком МДК — Федеральным государственным учреждением "Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций" (Федеральный центр науки и высоких технологий) [4].

Конструктивное исполнение блоков комплекса обеспечивает их компактность, легкий вес, возможность транспортировки вручную, функциональную законченность и автономное питание.

Комплект технической документации МДК содержит информацию о технических и программных средствах, а также инструкцию по эксплуатации мобильного диагностического комплекса.

В состав мобильного диагностического комплекса входят [10, 13]:

- комплекс для динамического тестирования "Струна-3";
- ручной динамический зонд РЗГ-2;
- радиотехнический прибор подповерхностного зондирования "ОКО";
- сейсморазведочная станция "Лакколит";
- тахеометр;
- навигационный приемник GPS;
- лазерная рулетка;
- цифровой фотоаппарат;
- электронный измеритель прочности бетона;
- ультразвуковой тестер;
- ультразвуковой толщиномер;
- измеритель защитного слоя бетона;
- радиолокатор зондирования строительных конструкций;
- ультразвуковой измеритель твердости;
- тепловизор с охлаждаемой матрицей;
- пакет программ для обработки собранных данных и определения технического состояния здания.



К преимуществам МДК следует отнести:

- возможность неразрушающего контроля строительных конструкций;
- компактность упаковки приборов;
- высокую точность получаемых данных;
- дешевизну работ по сравнению с разрушающими методами диагностики;
- простоту применения.

При этом следует отметить, что при работе с мобильным диагностическим комплексом возникают некоторые неудобства, связанные с отсутствием ряда приспособлений. Это отрицательно сказывается на оперативности и удобстве операций, производимых с использованием МДК.

#### Обоснование необходимости технической модернизации МДК

При работе с сейсморазведочной станцией "Локкалит-24М" необходимо создавать сейсмические волны в грунте. Наиболее удобным способом возбуждения сейсмических волн является нанесение ударов кувалдой по стальной пластине, лежащей на грунте, разведку которого мы ведем. При этом наиболее удобным вариантом в данном случае будет являться стальная пластина с габаритами 250 × 250 × 15 мм. Ручка кувалды должна быть изготовлена из текстолита и пластика с целью снижения уровня вибрации до комфортной для оператора величины, вес кувалды при этом будет составлять 16 кг.

Во время работы с данным прибором возбуждение сейсмических волн производится по очереди с обеих сторон сейсмокося. При этом контрольный датчик сейсмокося должен находиться рядом с точкой возбуждения сейсмических волн. В состав станции "Локкалит-24М" входит двухжильный провод для контрольного датчика, но его длины недостаточно для того, чтобы переносить контрольный датчик с одного конца сейсмокося, длина которой составляет 50 м, на другой. При наличии двухжильного кабеля длиной 50 м, вместо переноса станции достаточно будет перенести только контрольный датчик.

Проведение замеров станцией "Локкалит-24М" на твердых поверхностях и в условиях низких температур связано с проблемой установки датчиков в грунт. Для облегчения этой задачи предлагаем использовать пробойник грунта для подготовки отверстий в мерзлом грунте, с последующей установкой датчиков в них. Наилучшим вариантом следует считать пробойник с острым концом в виде клина. Есть возможность использовать пробойник от одного из запасных датчиков, но при этом теряется возможность использования этого датчика, к тому же снятие пробойника с датчика занимает определенное время и требует инструментов, которые также не входят в состав МДК. Для нанесения ударов по пробойнику и устройства ямы для установки пластины для возбуждения поперечных волн наилучшим вариантом будет использование геологического молотка.

Для ведения работ в подвалах, на чердаках и помещениях с ограниченной видимостью необходимо включить в состав МДК карманные фонари (3 шт.).

При оценке инженерной безопасности сооружений немаловажным является обеспечение качественной связи между сотрудниками, осуществляющими обследование кон-

Таблица 2

#### Расчет затрат на модернизацию мобильного диагностического комплекса

Наименование оборудования	Количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Кабель	50 м	8	400
Кувалда	1 шт	1500	1 500
Стальная пластина 250 × 250 × 10 мм	1 шт	170	170
Геологический молоток	1 шт	910	910
Пробойник	1 шт	90	90
Фонарь	3 шт	190	570
Радиостанция	2 комп	3700	7 400
Разветвитель прикуривателя	1 шт	390	390
Аккумуляторные батареи	32 шт	130	4 160
Зарядное устройство для аккумуляторов	1 шт	650	650
<b>Итого</b>			<b>16 240</b>

струкций. При работе с комплексом для динамического тестирования "Струна-3" необходимо одновременно запускать программу на компьютере и возбуждать динамические волны путем нанесения ударов грушей по стенам и полу на различных этажах здания. Проектирование зданий зачастую затрудняет или делает невозможной связь между двумя сотрудниками голосом или визуальными сигналами. Оптимальным решением этой проблемы является использование карманных радиостанций. Для устойчивой связи между первым и последним этажами многоэтажного здания необходимы радиостанции с дальностью связи 10 км.

Еще одной проблемой в ряде случаев является энергетическое обеспечение работ. Большинство блоков МДК работают от аккумуляторных батарей. Зарядные станции для батарей работают от сети 220 В, однако доступ к сети иногда является затруднительным. Поскольку МДК транспортируется на автомобиле, целесообразно включить в состав комплекса переходники к прикуривателю автомобиля и разветвитель прикуривателя на четыре гнезда, что позволит увеличить скорость подзарядки аккумуляторов. Часть блоков МДК работает от батарей типа АА 1,5 В, при этом одновременно во всех блоках комплекса находится около 20 батарей. Во избежание затрат на батареи в состав комплекса необходимо включить 32 аккумуляторные батареи АА 1,5 В емкостью 2500 мА/ч и два зарядных устройства к ним.

Таким образом, с целью устранения описанных выше недостатков в осуществлении работ с использованием МДК рекомендуем включить в состав комплекса приспособления, перечисленные в табл. 1 (см. 2-ю и 3-ю стр. обложки).

Затраты на модернизацию МДК с использованием перечисленных выше приборов и приспособлений приведены в табл. 2.

Предлагаемая модернизация обеспечит повышение оперативности обследования зданий и сооружений, а также удобство использования комплекса.

Как известно, МДК создан на базе комплекса для динамического тестирования "Струна-3" и применяется для оценки инженерной безопасности зданий и сооружений [10]. С помощью данного комплекса можно изучить наиболее важные строительные характеристики



Таблица 3

**Перечень вредных веществ,  
выделяющихся из строительных материалов**

Вредные вещества	Класс опасности	Источник поступления вредных веществ
Ацетон	4	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, смазочные материалы для бетонных форм, пластификаторы для бетона
Бутилацетат	4	Лаки, краски, мастики, шпатлевки, смазочные материалы для бетонных форм
Бутанол	4	Мастики, клеи, смазочные материалы, линолеумы, лаки, краски
Бензол	2	Мастики, клеи, герлен, линолеумы, цемент и бетон с добавлением отходов, смазочные материалы для бетонных форм
Ксилолы	3	Линолеумы, клеи, герлен, шпатлевки, мастики, лаки, краски, смазки
Пропилбензол	1	Клей АДМК, линолеум ЛТЗ-33, мастика ВСК, мастика 51-Г-18, шпатлевка "Стройдеталь"
Никель	2	Цемент, бетон, шпатлевка и другие материалы с добавлением промышленных отходов
Кобальт	1	Красители и строительные материалы с добавлением промышленных отходов
Формальдегид	2	ДСП, ПВП, ФРП, мастики, герлен, пластификаторы, шпатлевка, смазки для бетонных форм и др.
Фенол	2	ДСП, ФРП, герлен, линолеумы на синтетической основе, мастики, шпатлевка
Этилбензол	3	Шпатлевка, мастики, линолеумы на синтетической основе, краски, клеи, смазочные материалы для форм, пластификаторы, цемент, бетон с отходами
Хром	1	Цемент, бетон, шпатлевки и другие материалы с добавлением промышленных отходов
Стирол	2	Теплоизоляционные материалы, отделочные материалы на основе полистирола
Этилацетат	4	Лаки, краски, клеи, мастики и другие материалы
Толуол	3	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, линолеумы на синтетической основе и другие отделочные материалы
Винилхлорид	1	Линолеумы, плитки, пленки и другие материалы на его основе

здания или сооружения, но для оценки безопасности пребывания человека в помещении требуется расширение функций МДК в области определения возможного радиоактивного загрязнения помещения и наличия вредных химических веществ в воздухе.

**Обоснование необходимости оснащения МДК приборами для определения комплексного риска пребывания человека в жилом помещении**

Достаточно серьезную опасность для здоровья людей в жилых помещениях представляет повышенный радиоактивный фон, источниками которого могут быть строительные материалы и почвенный радон [6, 7]. Известны случаи, когда в качестве строительных использовались материалы, не предназначенные для использования в строительстве [11]. Проблема наличия радона в воздухе жилых помещений в настоящее время является актуальной, поскольку за счет радона формируется от 50 % коллективной дозы облучения населения для благополучных территорий и до 92 % для регионов с повышенной радиационной опасностью. В России целые регионы в предгорьях Алтая и Забайкалья, Кавказа и Урала, Приморского края, на Северо-Западе и в других местах можно отнести к радоноопасным зонам [12].

Некоторые люди, не подозревая об этом, в течение жизни систематически получают за счет радона эквивалентную дозу (ЭД) в размере десятков мЗв/год. По данным Научного комитета по действию атомной радиации (НКДАР), не менее 10 % регистрируемых ежегодно в мире заболеваний раком легких вызваны радоновой радиацией. Считается, что при среднем содержании радона в домах 25 Бк/м<sup>3</sup> из 1000 человек погибнет от рака легких 3—4 человека, а при содержании 200 Бк/м<sup>3</sup> — 3—4 человека из 100 [12]. Кроме того, этот радиоактивный газ существенно повышает риск нераковых заболеваний верхних дыхательных путей и сердечно-сосудистых заболеваний.

Довольно часто современная искусственная отделка помещений является источником эмиссии чрезвычайно токсичных веществ (формальдегида, фенола, акрилатов, фталатов, бензола и т. д.), которые при больших концентрациях могут вызвать аллергию, снижение иммунитета, неврастению, гипертонию, а в некоторых случаях становятся причиной возникновения злокачественных опухолей. К особо опасным веществам относятся стирол, применяемый при изготовлении различных пластмассовых изделий и пенопластов, а также хлористый винил, используемый для получения полимера поливинилхлорида (ПВХ) и различных материалов на его основе — линолеума ПВХ, пленок, обоев, плитки и др. [8].

Перечень вредных веществ, выделяющихся из строительных материалов, по данным НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина РАМН, приведен в табл. 3.

Об опасности этих веществ можно судить по их балльной оценке — классу опасности. Для большинства из них, несмотря на низкий класс, возможны опасные последствия для здоровья людей, поскольку очень часто не учитывается синергетический эффект применения в отделке различных стройматериалов [5, 9].

Таким образом, включение в состав МДК приборов для исследования радиационного фона и определения

содержания вредных веществ в воздухе, например дозиметра "Радэкс 1706", существенно расширит возможности комплекса, что позволит проводить комплексный анализ риска для здоровья человека в жилом помещении. Ниже приведены технические характеристики дозиметра "Радэкс 1706":

Количество счетчиков Гейгера—Мюллера . . . . .	2
Габариты . . . . .	105 × 60 × 26 мм
Масса прибора . . . . .	90 г
Питание . . . . .	2 батареи типа ААА
Время непрерывной работы . . . . .	до 540 ч
Стоимость . . . . .	3500 руб.



Для анализа проб воздуха на вредные вещества в диапазоне концентраций ПДК и выше могут быть применены газовые хроматографы и газоанализаторы. Прибор может быть стационарным и переносным. Возможности переносного прибора, как правило, ограничены способностью определения смеси газов выше уровня ПДК, без разделения на компоненты и определения концентраций. Исключение составляют приборы производства "Synspec", которые в сочетании с широкими возможностями достаточно компактны по размерам и могут быть установлены в передвижную лабораторию. Газовые хроматографы остальных производителей рассчитаны для стационарного применения с различным видом пробоотбора.

Одной из важных отличительных черт газовых хроматографов является возможность установки одного или нескольких типов детекторов. Запрашиваемые диапазоны концентраций могут анализироваться посредством двух различных детекторов типа ПИД и ФИД: ПИД-детектор применяется для "низких" концентраций, ФИД-детектор — для более "высоких" из запрашиваемых диапазонов. Также с целью определения "низких" концентраций для некоторых определяемых компонентов требуется установка преконцентратора пробы. Некоторые соединения, такие как формальдегид, на газовом хроматографе в принципе анализировать невозможно, их анализируют в лаборатории, предварительно отбирая пробу на фильтр.

Анализ металлов в воздухе (никель, кобальт, хром) также проводят в лаборатории, предварительно отбирая пробу на фильтр. Для анализа этих элементов может быть применен, например, спектрофотометр "Helios", работающий в ультрафиолетовой/видимой области спектра, также и потому, что приборы данного типа упоминаются в методиках количественного химического анализа атмосферного воздуха, промышленных выбросов в атмосферу рабочей зоны, допущенных для целей государственного экологического контроля — Природоохранные нормативные документы федеративные (ПНДФ).

При выборе газоанализатора может быть применено два варианта: мобильный газоанализатор, который обеспечивает оперативность проводимых работ, но его точность в отношении концентрации ряда вредных веществ в воздухе помещения недостаточна; стационарный прибор предоставляет в распоряжение исследователей точные данные обо всех интересующих веществах, но в этом случае оперативность работ будет ниже ввиду затрат времени на транспортировку проб в лабораторию и проведение анализа.

Вместе с тем некоторые стационарные приборы, как правило, устанавливаются в лаборатории, но ряд подобных приборов может быть установлен в автомобиле. Од-

нако перевозка в этом случае допустима лишь на небольшие расстояния.

Стоимость дополнительного оснащения МДК изменяется в широком диапазоне. Затраты на его модернизацию в первую очередь зависят от стоимости газоанализатора. Дозиметр "Радэкс 1706" стоит 3500 руб. Стоимость газоанализатора составляет от 20000 до 400000 руб. в зависимости от марки производителя, диапазона определяемых веществ, точности, размеров и прочих характеристик. Однако несмотря на это, такие расходы оправданы ввиду массового распространения искусственных строительных материалов с использованием ингредиентов, выделяющих токсические вещества.

#### Список литературы

1. **Березина Н.** Обрушение // Газета "Вести" Петропавловск-Камчатский, 21.01.2009. [http://kamvesti.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6894&Itemid=1](http://kamvesti.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=6894&Itemid=1)
2. **В Саратове** в жилом доме обрушилась стена ИА REGNUM, 13.02.2009. <http://www.regnum.ru/news/1124453.html>
3. **Горюхина Э.** Процесс обрушения. — Новая Газета, 09.10.2008. <http://www.novayagazeta.ru/data/2008/75/15.html>
4. **Дубинкин Е. А.** Оценка инженерной безопасности зданий, сооружений и технологических систем с помощью мобильного диагностического комплекса (МДК) // Культура безопасности: проблемы и перспективы: матер. второй междунар. научно-практ. конф. Екатеринбург, 29—31 октября 2008. — Екатеринбург, 2008. — Т. 2. — С. 44—47.
5. **Князева В. П.** Экология. Основы реставрации. — М.: Архитектура С., 2005. 400 с.
6. **Кольтовер В. К.** Радоновая радиация: источники, дозы, биологические эффекты // Вестник РАН. — Том 66. — № 2. — 1996. — С. 114—119.
7. **Крисюк Э. М.** Радиационный фон помещений. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 120 с.
8. **Кузнецова Г. В.** Экологичные строительные материалы и конструкции // Технологии строительства. — 2004. — № 2. — С. 98—103.
9. **Лаппо В. Г., Селаври Т. В., Семенов Э. И.** Санитарно-гигиеническая характеристика полимерных материалов. Энциклопедия полимеров. — М.: БСЭ, 1977. — Т. 3. — С. 357.
10. **Мобильный** диагностический комплекс. Паспорт. Техническое описание. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2006.
11. **Пархоменко В. И.** Радиоактивность различных строительных материалов, используемых в СССР // Радиационная гигиена. — 1980. — № 9.
12. **Тихонов М. Н.** Газ — убийца. Радон: источники, дозы и нерешенные вопросы // Атомная стратегия. — 2006. — № 21. — С. 14—18.
13. **Шмановский В. А., Малков А. А.** Эффективность использования методов инженерной сейсморазведки при оценке технического состояния зданий и сооружений // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации: Материалы 3-й междунар. науч.-практ. конференции (17 апр. 2009 г.). — Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2009. — Ч. 2. — С. 164.

УДК 504.054

**В. С. Ворожнин, Ю. И. Маркелов**, канд. физ.-мат. наук,  
**И. П. Александровичев, канд. физ.-мат. наук, В. Б. Давыдов**, канд. физ.-мат. наук,  
Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург  
E-mail: vvs@ecko.uran.ru

## Оценка загрязнения снегового покрова тяжелыми металлами вблизи автомагистрали

*Приведены данные о загрязнении тяжелыми металлами придорожной территории по растворимой фракции снегового покрова на участке федеральной автомагистрали Екатеринбург—Тюмень, а также данные о содержании соединений свинца в растворимой фракции пробы. Проведено сравнение экспериментальных данных для свинца с расчетными значениями.*

**Ключевые слова:** снеговой покров, загрязнение, дорога, тяжелые металлы.

**Vorozhnin V. S., Markelov Y. I., Aleksandrichyev I. P., Davidov V. B. Assessment of snow cover pollution by heavy metals near road**

*The character and level of contamination of a territory near road by solution the heavy metals was studied (after the example of the federal road Yekaterinburg—Tyumen). The estimation of the intensity of pollution of snow cover by lead was performed. The approach of estimation of the intensity distribution of pollution of snow cover near a road by heavy metals is offered.*

**Keywords:** snow cover, pollution, road, heavy metals

При эксплуатации автомагистралей прилегающие к ним территории подвергаются сильному загрязнению. Типичными загрязнителями являются продукты сгорания топлива, а также вещества, образующиеся вследствие износа агрегатов и узлов движущихся по автомагистралям автомобилей, а также вещества, образующиеся вследствие разрушения дорожной одежды и др. Одна часть загрязнений оседает вблизи дорожного полотна, а другая переносится турбулентными потоками на дальние расстояния [1]. Одними из наиболее опасных загрязнителей являются тяжелые металлы. Подробное исследование процессов переноса различных форм тяжелых металлов и их выпадений на придорожных территориях является актуальным с точки зрения оценки воздействия автомагистралей на загрязнение различных природных сред.

Ареал загрязнения существенно зависит от формы образования поллютантов. С точки зрения

масштаба переноса наиболее важными факторами являются дисперсность образующихся аэрозолей и растворимость входящих к ним веществ. При этом мелкодисперсные аэрозоли могут переноситься на значительные расстояния непосредственно турбулентными атмосферными потоками. Область загрязнения может увеличиться вследствие миграции осажденных растворимых фракций с тальми водами.

Тetraэтилсвинец использовался до 2003 года в России в качестве металлсодержащей антидетонационной присадки к автомобильному топливу. В настоящее время его применение запрещено. Вместо него широко применяются ферроцен, марганцевые соединения и др. Однако использование соединений свинца и других опасных тяжелых металлов в составе топлива допускается техническими требованиями к бензинам (ГОСТ Р 51105—97, ГОСТ 51866—2002 и др.) [2]. Изменение состава автомобильного топлива привело к увеличению внимания к изучению содержания водорастворимой фракции в выпадениях, обусловленных эксплуатацией автомобильных дорог, что некоторые авторы связывают с переходом на использование неэтилированного топлива [3—5].

Незначительное содержание металлов в топливе создает сложность измерения их концентраций в атмосферном воздухе. В этом случае изучение загрязненности снегового покрова как природной депонирующей среды, аккумулирующей атмосферные выпадения, позволяет изучать закономерности распространения и эмиссию загрязняющих веществ, поступающих от автомагистралей при сравнительно небольших трудозатратах [6].

В настоящей статье представлены результаты изучения загрязнения снегового покрова тяжелыми металлами вблизи автомагистрали и дана их интерпретация, основанная на данных натурного обследования структуры интенсивности автотранспортного потока на исследуемом участке.

В качестве объекта исследования был выбран участок федеральной трассы Екатеринбург—Тюмень. Участок ориентирован с запада—северо-запада на восток—юго-восток при преобладающих западных и юго-западных ветрах. На исследуемом



участке преобладающие ветра составляют с автомагистралью угол около  $45^\circ$ . Ландшафт территории по обе стороны от участка дороги представляет луг с травяной растительностью высотой до 50 см. Полотно дороги возвышается над прилегающей территорией в среднем на 1 м.

Отбор проб снега выполнен в начале периода снеготаяния специальной пробоотборной трубой с предотвращением попадания в состав пробы частиц почвы с поверхности земли [6]. Пробы отобраны по обе стороны дороги на всю глубину снегового покрова. Точки отбора располагались в перпендикулярном к дорожному полотну направлении на расстояниях 10, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 65 м от края проезжей части. Каждая проба состояла из 9...12 снеговых кернов.

В фильтрате снеговой воды проб в аккредитованной аналитической лаборатории определены концентрации металлов: Pb, Zn, Fe, Mn, Al. Поскольку концентрация содержания примеси в объеме талой воды ( $\text{мг/м}^3$  пробы) не всегда информативна, то полученные концентрации были пересчитаны в плотность выпадения растворимой фракции ( $\text{мг/м}^2$  территории за период наблюдения) и среднюю интенсивность выпадения ( $\text{мг}/(\text{м}^2/\text{с})$ ). Это возможно, поскольку в зимний период миграция осаждающейся на снежной поверхности растворимой фракции с водными потоками отсутствует. По данным наблюдений длительность залегания снегового покрова при проведении эксперимента была принята равной 120 суткам.

Анализ результатов натуральных экспериментов, проводимый при помощи математических моделей рассеивания загрязняющих веществ, позволяет получать новые знания об изучаемых процессах. Рассеивание примеси в атмосфере сложным образом зависят от метеорологических условий, рельефа местности, вида взаимодействия с подстилающей поверхностью и других факторов. Обычно подавляющее большинство этих факторов при проведении натурального эксперимента остаются неизвестными. Поэтому на практике для моделирования процессов рассеивания часто используют малопараметрические модели, дающие усредненную картину.

Для оценки распространения загрязняющих веществ по территории использовалась предлагаемая в работах [1, 2] модель, которая опирается на аналитическое решение полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии примеси. В частности, для степенных зависимостей вертикальных профилей скорости ветра и коэффициентов турбулентного обмена, концентрация депонированной в снегу аэрозольной примеси (плотность выпадения), создаваемая протяженным линейным источ-

ником на расстоянии  $x$  в перпендикулярном к источнику направлении, может быть описана следующим выражением:

$$M(x, B_1, B_2, B_m) = \frac{B_1}{x^{B_2}} \exp\left(-\frac{B_m}{x}\right), \quad (1)$$

где  $M(x, B_1, B_2, B_m)$  — плотность выпадения,  $\text{мг/м}^2$ ;  $x$  — расстояние от линейного источника (автодороги), м;  $B_1, B_2, B_m$  — подлежащие определению по экспериментальным данным параметры теоретической регрессионной зависимости, которые сложным образом зависят от метеоусловий и микропараметров модели уравнения турбулентной диффузии. Их детальное описание выходит за рамки данной статьи.

Выражение (1) допускает дальнейшее упрощение. Параметр  $B_2$  безразмерный и линейно зависит от коэффициента седиментации [2]:

$$B_2 = 1 + dw,$$

где  $w$  — коэффициент седиментации аэрозольной частицы;  $d$  — агрегированный параметр, не зависящий от  $w$ .

Для слабооседающей примеси коэффициент седиментации мал, при этом можно считать, что  $w \rightarrow 0$ . Следовательно, поскольку выделения исследуемых металлов из сгорающего топлива являются мелкодисперсной слабооседающей примесью, при проведении практических расчетов можно принять  $B_2 = 1$ .

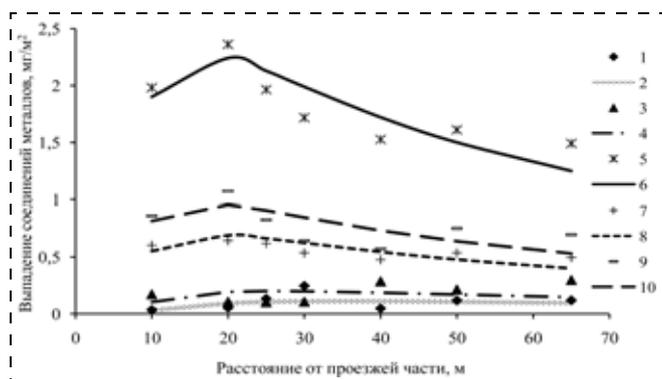
При  $B_2$  расстоянии  $x_m$ , при котором величина  $M$  функции (1) достигает максимума, совпадает со значением параметра  $B_m$ . Тогда выражение (1) примет вид:

$$M(x, B_1, x_m) = \frac{B_1}{x} \exp\left(-\frac{x_m}{x}\right), \quad (2)$$

где  $B_1$  — подгоночный параметр,  $\text{мг/м}$ .

С использованием выражения (2) по точкам экспериментального профиля путем минимизации суммы квадратов невязок строится модельная кривая распределения загрязняющих веществ (рис. 1). На рисунке изображены экспериментальные значения плотности загрязнения снегового покрова растворимыми соединениями металлов (значки) и восстановленные по регрессии (2) в зависимости от расстояния до источника плотности выпадения металлов (линии).

В результате по измеренным значениям плотностей выпадений металлов для полученной кривой рассчитаны параметры регрессии  $B_1, x_m$ , а также коэффициенты парных корреляций плотности выпадения микроэлементов. Результаты расчетов представлены в табл. 1.



**Рис. 1. Выпадения растворимых форм соединений металлов при удалении от дороги:**

измеренные значения: 1 — Pb, 3 — Zn, 5 — Fe, 7 — Mn, 9 — Al (значки); модельные кривые: 2 — Pb, 4 — Zn, 6 — Fe, 8 — Mn, 10 — Al (линии)

Таблица 1

**Параметры регрессии и коэффициент парной корреляции для плотностей выпадения микроэлементов**

Элемент	Параметры регрессии		Коэффициенты парной корреляции металлов				
	$B_1$ , мг/м	$x_m$ , м	Pb	Zn	Fe	Mn	Al
Pb	10,9	35	1	-0,33	-0,29	-0,19	-0,39
Zn	14,4	26	—	1	-0,76	-0,82	-0,58
Fe	105,7	17	—	—	1	0,95	0,92
Mn	34,5	18	—	—	—	1	0,90
Al	44,8	17	—	—	—	—	1

По полученным значениям коэффициентов парной корреляции можно выделить две группы соединений металлов. К первой можно отнести Fe, Mn, Al, ко второй Pb и Zn. Марганец не удается однозначно причислить к одной из этих групп. В распространении элементов первой группы максимальные значения выпадений наблюдаются вблизи дороги и убывают по мере удаления от нее, что в большей степени соответствует распространению нерастворимых форм. Для второй группы свойственно смещение максимальных значений выпадений металлов на более удаленное от дороги расстояние.

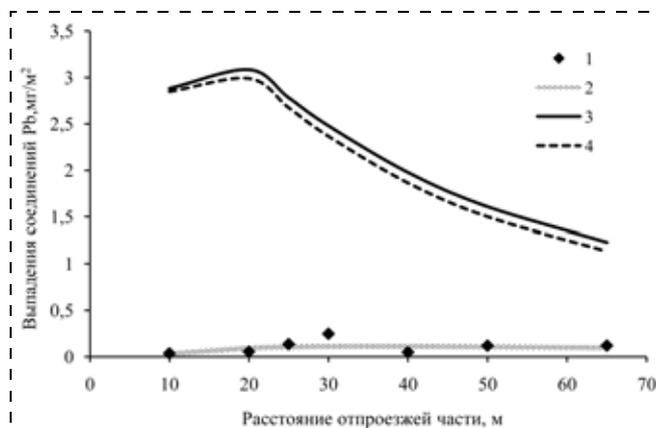
По причине высокой токсичности соединений свинца внимание более ранних работ авторов было направлено к оценкам его распространения. Причем обычно принимался во внимание общий состав выпадения без учета фракционного состава. Сопоставление этих работ с последними экспериментами представляет теоретический и практический интерес. Для получения предварительных оценок из-за дороговизны и трудоемкости проведения полного анализа снега перейти от значений содержания компонента в фильтрате талой воды к значениям общих выпадений при использовании соотношения фракций.

В работах [2—4] на основе изучения закономерности распространения примесей в снежном по-

крове в зоне влияния автотрассы получено распределение микроэлементов по фракциям. В табл. 2 представлены значения распределения доли крупнодисперсной фракции для соединений свинца на различных расстояниях от дороги.

Исходя из предположения схожести условий и участков в исследованиях [2—4] и в рассматриваемом эксперименте, с использованием литературных данных (см. табл. 2), была рассчитана доля мелкодисперсной фракции свинца в фильтрате снеговых проб для нашего случая. На основе полученной информации выполнена оценка плотности выпадения крупнодисперсной фракции и общих выпадений соединений свинца. Таким образом, используя данные о соотношении снеговых фракций можно отобразить общие выпадения металлов на прилегающую территорию на основе одной из фракций (рис. 2). На рисунке 2 изображены восстановленные распределения плотности выпадения соединений свинца в целом и в составе крупнодисперсной фракции.

С целью сопоставления экспериментальных и расчетных данных помимо отбора и анализа проб снегового покрова на исследуемом участке было выполнено обследование структуры и интенсивности движения автотранспортных средств. Изучен суточный режим движения автотранспорта в рабочие и выходные дни. Средняя интенсивность движения



**Рис. 2. Выпадения соединений свинца по результатам измерений:**

1 — значения измеренных выпадений в растворимой форме; 2 — расчетная кривая выпадений в растворимой форме; 3 — общие расчетные выпадения; 4 — расчетная кривая выпадений нерастворимых соединений

Таблица 2

**Распределение доли крупнодисперсной фракции соединения свинца [2—4]**

Параметр	Расстояние от дороги $x$ , м			
	10	20	30	50
Доля крупнодисперсной фракции, масс. %	98,8	98,2	91,2	94,7

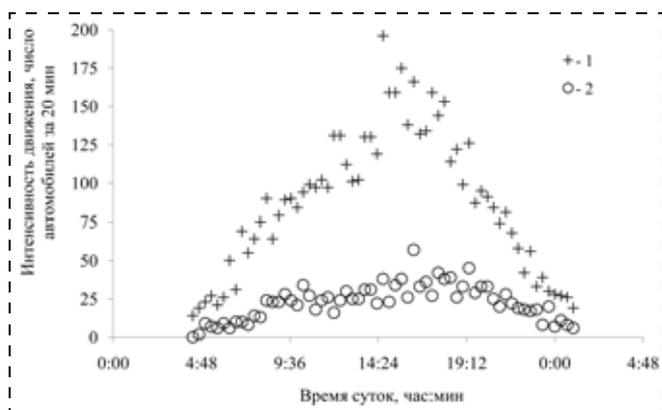


Рис. 3. Интенсивность движения автомобилей в течение суток (выходной день): 1 — бензиновые; 2 — дизельные

составила 7800 автомобилей в сутки. По результатам наблюдений определена суточная интенсивность движения легковых, грузовых автомобилей и автобусов всех подгрупп основных расчетных групп [7]. В каждой подгруппе на основе усредненных статистических данных для исследуемого региона автомобили разделялись по типу топлива на две категории: бензиновые и дизельные. В составе потока присутствовали и автомобили, оснащенные газобаллонным оборудованием, но поскольку достоверно установить тип используемого в данный момент топлива не представлялось возможным, то автомобили по типу топлива относились к категории по базовой принадлежности. Подгруппы выделены по объему двигателей, грузоподъемности, классу автомобилей [7].

Поскольку металлы входят в состав антидетонационных бензиновых присадок, то из общей структуры для расчета отбирались автомобили, использующие в качестве топлива бензин. По результатам изучения интенсивности и структуры автотранспортного потока приняты усредненные режимы движения для рабочего и выходного дня (рис. 3).

По данным обследования структуры и интенсивности движения автотранспортных средств для оценки выпадений выполнен расчет выбросов в атмосферный воздух металлов и интенсивность их выпадений вблизи автомагистрали. Поскольку соединения свинца являлись приоритетным загрязняющим веществом, то в основу расчета положена методика оценки поступления твердых форм свинца на поверхность почвы прилегающей территории за срок службы дороги [8]. Погонный выброс поллютанта, (мг/м)/сут, для каждой расчетной подгруппы автомобилей за сутки рассчитывался по формуле:

$$E_i = G_i \cdot N_i \cdot P_i,$$

$G_i$  — средний расход топлива для данной подгруппы автомобилей, л/км;  $N_i$  — среднесуточная интенсивность движения автомобилей данной подгруппы (марки), авт/сут. (см. табл. 4); принято по данным

натурного обследования структуры и интенсивности автотранспортных потоков на исследуемом участке;  $P_i$  — содержание антидетонационной добавки металла в топливе данной подгруппы (см. табл. 4), г/л.

Содержание соединений свинца в топливе было принято равным допустимому значению по ГОСТ Р 51105—97 "Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия", представленными ниже [5].

Свинец . . . . .	0,01
Железо . . . . .	0,037
Марганец . . . . .	0,05

Среднесуточная мощность эмиссии металлов на участке ((мг/м)/сут) вычислялась в соответствии с выражением:

$$E = K_T \cdot K_O \cdot m_p \cdot \sum_{i=1}^n E_i,$$

где  $n$  — количество расчетных подгрупп автомобилей;  $K_O$  — коэффициент учета оседания металла в системе выпуска;  $K_T$  — коэффициент учета твердой доли металла в общем объеме выброса;  $m_p$  — коэффициент учета дорожных условий.

Расчетную плотность выпадения металла, мг/м<sup>2</sup>, определяют по формуле:

$$M_p = 0,4 \cdot K_l \cdot U_v \cdot T_p \cdot E + M_f,$$

где  $K_l$  — коэффициент учета расстояния от края проезжей части (табл. 3) [8];  $U_v$  — коэффициент, зависящий от силы и направления ветра (принимается равным отношению площади розы ветров со стороны дороги, противоположной рассматриваемой зоне, к общей ее площади);  $T_p$  — расчетный период залегания снегового покрова, сутки;  $M_f$  — фоновое загрязнение, мг/м<sup>2</sup>; при расчете поступления металлов на поверхность снегового покрова не учитывались фоновые выпадения, так как участок удален от прочих источников загрязнения.

Особенностью применяемого расчета выпадений является метод оценки поступления твердых форм свинца за срок службы дороги на поверхность почвы прилегающей территории [8]. Значения параметров, использованных для расчета плотности выпадения свинца, приведены в табл. 4.

Таблица 3

Коэффициент  $K_l$  учета расстояния от края проезжей части

Параметр	Расстояние от края проезжей части, м						
	10	20	30	40	50	60	65
Величина $K_l$	0,50	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,0175

Значения параметров, использованных для расчета плотности выпадения свинца

День недели	Интенсивность автомобилей в сутки		$K_0$	$m_p$	$K_T$	$P_i$ , г/л	Выброс свинца, (мг/м)/сут	$T_p$ , сут	$U_v$
	Всего	Бензиновых							
Рабочий	8642	5670	0,8	1	0,8	0,01	6,23076	78	0,66
Выходной	7030	5576	0,8	1	0,8	0,01	5,47302	42	0,66

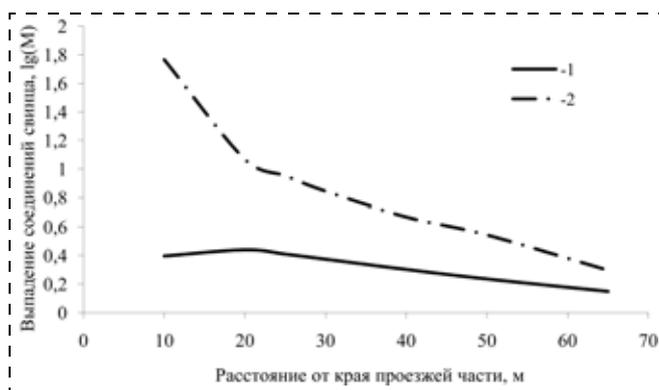


Рис. 4. Закономерности распределения выпадений соединений свинца:

1 — расчетная регрессия по данным отбора проб снега ( $M$ );  
2 — расчетная кривая обследования автотранспортных потоков в соответствии с методикой расчета выпадений в почву ( $M_p$ )

При расчете поступления металлов на поверхность снежного покрова не учитывались фоновые выпадения, так как участок удален от прочих источников загрязнения.

Содержание соединений свинца в топливе было принято равным допустимому значению по ГОСТ Р 51105—97 "Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия".

Погонный выброс поллютанта на участке рассчитан по данным натурного обследования структуры и интенсивности автотранспортных потоков на исследуемом участке.

Коэффициент влияния скорости автотранспортного потока был принят равным единице, так как средняя скорость потока составляла около 80 км/ч [8]. Период эксплуатации дороги соответствовал времени залегания снежного покрова до момента отбора проб.

На рис. 4 изображена зависимость плотности выпадения соединений свинца от расстояния, рассчитанная по данным обследования структуры и интенсивности автотранспортного потока на исследуемом участке ( $M_p$ ), в сравнении с зависимостью плотности выпадения свинца, восстановленной по регрессии на основе результатов отбора снеговых проб ( $M$ ). Значения выпадений  $M$  (мг/м<sup>2</sup>) на графике для удобства представления результатов приведены в логарифмической шкале. Из рис. 4 следует, что расчетные значения плотности выпадения свинца, полученные по

методике для оценки загрязнения почв, существенно превышают данные, полученные на основе результатов отбора снеговых проб, особенно на близких расстояниях. Это может зависеть от ряда причин, в том числе от состава автомобильного топлива, изготавливаемого по требованиям нормативов Евро, а также от закономерностей распространения растворимых и нерастворимых форм соединений металлов вблизи дороги, метеорологических особенностей процесса накопления загрязняющих веществ в снежном покрове.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы.

1. По результатам обследования установлено, что закономерности распространения различных металлов в растворимой части снежного покрова имеют не однотипный характер, о чем свидетельствует выделение двух групп соединений металлов, сходных по характеру распространения: 1) Fe, Mn, Al и 2) Pb и Zn.

2. Расчетные значения плотности выпадений свинца, полученные по методике оценки загрязнения почв, значительно расходятся с результатами исследования отбора снеговых проб, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований факторов, влияющих на уровень и характер выпадений поллютантов в придорожную среду.

#### Список литературы

- Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеиздат, 1975. — 448 с.
- Емельянов В. В. Все о топливе. Автомобильный бензин. — М.: АСТ, 2003. — 79 с.
- Коковкин В. В., Рапута В. Ф., Шуваева О. В. и др. Закономерности длительного загрязнения автотрасс // Оптика атмосферы и океана. — 13. — № 8. — 2000. — С. 788—792.
- Рапута В. Ф., Коковкин В. В., Шуваева О. В. и др. Изменение структуры аэрозольных выбросов автотранспорта г. Новосибирска при переходе на использование неэтилированного бензина // Оптика атмосферы и океана. — 14. — № 3. — 2001. — С. 240—243.
- Рапута В. Ф., Коковкин В. В., Шуваева О. В. и др. Мониторинг загрязнения снежного покрова в окрестностях автотрасс // Оптика атмосферы и океана. — 15. — № 11. — 2002. — С. 1031—1035.
- Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 185 с.
- Рузский А. В., Донченко В. В., Петрухин В. А. и др. Методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. — М., 1996. — 55 с.
- Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. — М., 1995. — 124 с.



УДК 662.95:502:519.22

**В. Д. Катин**, д-р техн. наук, проф.,

**В. Ю. Косыгин**, д-р геол.-мин. наук, проф.,

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск

E-mail: kosyginv@inbox.ru

## Применение математического планирования эксперимента при экологических исследованиях газовых горелок трубчатых нефтезаводских печей

*Приведены полученные с помощью метода математического планирования эксперимента регрессионные зависимости, описывающие выход оксидов азота и оксида углерода в горелочных устройствах различного типа. Даны рекомендации для выбора рациональных конструкций горелок с позиций экологичности их работы.*

**Ключевые слова:** трубчатые печи, нефтеперерабатывающие заводы, газовые горелки, экологические исследования, загрязняющие вещества, планирование эксперимента

**Katin V. D., Kosygin V. J.** *Application of mathematical planning of experiment at ecological researches of gas torches of tubular petrofactory furnaces*

*By means of a method of mathematical planning of experiment are received the regression dependences describing an exit of oxides of nitrogen and carbon in burning devices of various types. Recommendations for a choice of rational designs of torches from positions of ecological compatibility of their work are given.*

**Keywords:** tubular furnaces, oil refining factories, gas torches, the ecological researches, polluting substances, experiment planning.

Практика эксплуатации печных и котельных установок, работающих на газообразном топливе, на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) показывает, что приоритетными мероприятиями по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются регулирование режимов работы горелочных устройств (ГУ) и конструктивное их усовершенствование, т. е. модернизация. При этом режимы сжигания топлива должны оптимизироваться комплексно и с точки зрения экологичности и экономичности использования газа [1]. Известно, что традиционные методы экспериментальных исследований, основанные на поочередном варьировании отдельных независимых переменных при постоянных значениях других, требуют определенных затрат времени и средств.

Основной целью подобных исследований является определение влияния режимных параметров топочного процесса на образование вредных веществ. Решение поставленной задачи возможно путем применения теории математического планирования эксперимента. Отметим, что эта теория разработана достаточно подробно, однако в практике теплотехнических измерений она еще широко не применяется. Даже в руководствах по теплотехническим испытаниям горелочных устройств котельно-печного парка математическая статистика при выполнении экспериментальных работ не используется в достаточной мере [2].

Весьма актуальным при математическом планировании эксперимента оказывается выбор целевой функции, анализ факторов, а также установление их нулевых уровней и интервалов варьирования. Основными факторами при экологических исследованиях газовых горелок трубчатых печей являются: тип ГУ, температура в зоне горения, коэффициент избытка воздуха в ГУ, температура подаваемого воздуха на горение.

Химизм образования оксида углерода (СО) и оксидов азота (NO<sub>x</sub>) различен. Так, СО возникает при низких температурах в зоне горения, недовольствительном смесеобразовании и недостаточном количестве окислителя, а NO<sub>x</sub> — при высоких температурах в топке и избыточных концентрациях свободного кислорода и азота. Однако поскольку трубчатые печи являются общим источником выбросов оксида углерода и оксидов азота, схему эксперимента принимаем единую.

При планировании экспериментальных исследований была построена математическая модель в виде полиномиальных уравнений, коэффициенты которых оценивались по результатам эксперимента. Факторы, а также интервалы и уровни их варьирования приведены в [таблице](#).

Проведение эксперимента осуществлялось с использованием матрицы планирования, предложенной в работе [3]. По результатам эксперимента были определены численные значения коэффициентов уравнений, регрессия для любого типа го-



Интервалы и уровни варьирования факторов

Фактор	Уровень варьирования			Интервал варьирования
	-1	0	1	
Температура в зоне горения $X_1$ , °C	1450	1550	1650	100
Температура в зоне горения $X_2$ , °C	20	110	200	90
Коэффициент избытка воздуха $X_3$	1,05	1,10	1,15	0,05

релки: кинетической (ГИК-2), диффузионно-кинетической (ФП-2) и диффузионной (ГП-1), по каждому исследованному вредному веществу. Значимость коэффициентов уравнений регрессии оценивалась по критерию Стьюдента, а проверка адекватности принятой математической модели производилась по критерию Фишера [4].

Опуская промежуточные расчеты при исследовании экологических характеристик работы горелок трубчатых печей путем математического планирования эксперимента, приведем по данным публикации [5] полученные математические модели выхода ( $\text{г}/\text{м}^3$ ) оксидов азота ( $Y_1$ ) и оксида углерода ( $Y_2$ ) в виде уравнений регрессии:

для кинетических горелок типа ГИК-2:

$$Y_1 = 0,225 + 0,015X_1 + 0,005X_3; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,016 - 0,003X_1 - 0,004X_3; \quad (2)$$

для диффузионно-кинетических горелок типа ФП-2:

$$Y_1 = 0,215 + 0,009X_1 + 0,004X_3; \quad (3)$$

$$Y_2 = 0,045 - 0,003X_1 - 0,007X_3 + 0,001X_1X_3; \quad (4)$$

для диффузионных горелок типа ГП-1

$$Y_1 = 0,21 + 0,008X_1 + 0,031X_3 + 0,005X_2 + 0,002X_1X_2 + 0,001X_2X_3; \quad (5)$$

$$Y_2 = 0,075 - 0,005X_1 - 0,006X_2 - 0,008X_3 + 0,002X_2X_3. \quad (6)$$

Проверка показала совпадение расчетных характеристик, полученных с помощью моделей и экспериментальных данных [5].

Из приведенных уравнений регрессии видно, что все факторы значимы, при этом существенными оказались и некоторые парные взаимодействия факторов. Рассматривая влияние отдельных факторов на входные параметры, можно отметить, что с увеличением коэффициента избытка воздуха ( $X_3$ ) снижается концентрация СО. С возрастанием температуры воздуха ( $X_2$ ) заметно увеличивается выход  $\text{NO}_x$ . С наименьшим выбросом оксидов азота

работают диффузионные горелки ГП-1 с подачей холодного воздуха. В то же время кинетические ГУ типа ГИК-2 имеют повышенные концентрации оксидов азота, что объясняется максимальным температурным уровнем в зоне горения. Данное обстоятельство реально отражает физико-химические процессы образования оксидов азота, происходящие при горении топлива, и согласуется с тепловым (термическим) механизмом, предложенным академиком Я. Б. Зельдовичем [6].

Полученные математические модели позволяют, не проводя дополнительных опытов, аналитически рассчитать значения концентраций СО и  $\text{NO}_x$  при различных сочетаниях режимных факторов топочного процесса, лежащих в интервале варьирования. Следовательно, уравнения регрессии (1)–(6) можно рассматривать как инструмент исследования и анализа экологичности работы ГУ. Они практически позволяют решить перечисленные ниже важные задачи.

1. Качественное исследование влияния параметров ведения топочного режима на выход оксидов азота и оксида углерода. Например, в уравнении (5) на величину выхода  $\text{NO}_x$  сильное влияние оказывает температура воздуха ( $X_2$ ), подаваемого на горение топлива, и слабое — коэффициент избытка воздуха ( $X_3$ ), а также их парное взаимодействие. На основании этого необходимо уменьшать температуру воздуха организацией холодного дутья. В то же время при изучении выхода СО по уравнению (6) слабое влияние оказывают факторы  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , парное же взаимодействие двух последних факторов более значительно.

2. С помощью полученных математических зависимостей можно проверять экологические требования, предъявляемые к горелкам трубчатых печей в заданном диапазоне изменения режимных факторов. Появляются возможности сопоставления экологичности работы различных типов ГУ и выбора из существующих топливосжигающих устройств малотоксичных горелок.

Таким образом, в результате математического планирования эксперимента исследовано влияние параметров топочного процесса для существующих конструкций горелок трубчатых печей на уровень образования оксидов азота и оксида углерода и получены уравнения регрессии, описывающие их выход. Указанные математические модели экологических характеристик ГУ могут использоваться при подборе рациональных их конструкций из числа действующих с точки зрения минимального выброса вредных веществ и оптимальных параметров их эксплуатации на НПЗ.



#### Список литературы

1. Катин В. Д. Повышение эффективности использования топлива в трубчатых печах НПЗ и охрана окружающей среды. — Хабаровск: РИОТИП, 2004. — 240 с.
2. Трёмбовля В. И., Фингер Е. Д. Теплотехнические испытания котельных установок. — М.: Энергоатомиздат, 1999. — 414 с.
3. Катин В. Д. Математическое планирование эксперимента для исследования экологичности котельных установок / В. Д. Катин, В. Ю. Косыгин, И. В. Вольхин // Безопасность в техносфере. — 2008. — № 1. — С. 24—31.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1998. — 479 с.
5. Катин В. Д., Пайметов Н. Г. Охрана воздушной среды на нефтеперерабатывающих заводах. — Хабаровск: ДВГУПС, 2008. — 152 с.
6. Зельдович Я. Б. Окисление азота при горении. — М.: Изд-во АН СССР, 1946. — 145 с.

УДК 504.064.36:574

**А. В. Кириллов,**  
ЗАО "Научно-производственный центр "СибГео", г. Тюмень,  
**О. А. Пrituzhalova,** канд. геогр. наук,  
ЗАО "Научно-производственный центр "СибГео",  
Тюменский государственный университет  
E-mail: spook191@yandex.ru

## Производственный экологический мониторинг и контроль на примере строительства магистральных газопроводов

*В статье обосновывается необходимость проведения производственного экологического мониторинга и контроля, рассматриваются их возможности в сфере экологического менеджмента на примере строительства магистральных газопроводов.*

**Ключевые слова:** производственный экологический мониторинг и контроль, экологический менеджмент, управление значительными экологическими аспектами, оценка экологической эффективности деятельности, контроль за деятельностью подрядчиков.

**Kirillov A. V., Prituzhalova O. A. Industrial environmental monitoring and control by example of main gas pipeline building**

*This article shows a necessity of industrial environmental monitoring and control, as well as their possibilities in the sphere of environmental management by example of main gas pipeline building.*

**Keywords:** industrial environmental monitoring and control, environmental management, control of significant environmental aspects, environmental performance evaluation, contractor activities control.

Современный подход к охране окружающей среды, к проблемам обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития регионов, стран и мира в целом ориентирован на комплексное управление производственными процессами и связанным с ними воздействием на окружающую

природную среду (экологический менеджмент). Огромную роль для экологического менеджмента играет адекватная информация о состоянии и изменении окружающей природной среды.

Функцию информационного обеспечения экологического менеджмента выполняет *экологический мониторинг* — комплексная информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей природной среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов [1]. Систему экомониторинга целесообразно дополнить системой *экологического контроля*, предполагающего активные регулирующие меры по управлению источниками воздействия на окружающую среду. Так, в соответствии со ст. 1 Федерального закона "Об охране окружающей среды" (2002 г.) *экологический контроль* — система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

По уровням организации выделяют три формы экологического мониторинга и контроля: государственный, производственный и общественный. В контексте экологического менеджмента первоочередное значение имеет производственный экологический мониторинг и контроль (ПЭМиК), по-



сколькo он максимально приближен к источникам и регуляторам негативного воздействия на среду.

На сегодня могут быть выделены два основных фактора, побуждающих природопользователя проводить ПЭМиК: требования законодательства и требования систем экологического менеджмента (СЭМ), в том числе построенных в соответствии с международным стандартом ИСО 14001.

**Требования законодательства.** Российским законодательством напрямую требуется проведение производственного экологического контроля (см. 67 Федерального закона Российской Федерации "Об охране окружающей среды"). Первой частью указанной статьи определяются его цели: обеспечение выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, соблюдение требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды. Второй частью статьи требуется наличие в организации лиц, ответственных за проведение производственного экологического контроля, и соответствующих экологических служб, а также предоставление сведений о них, как и результатов контроля, в территориальные органы исполнительной власти, осуществляющие государственной экоконтроль.

Помимо собственно экологического контроля задачи охраны окружающей среды и рационального ресурсопользования могут решаться в рамках следующих видов производственного контроля:

- Земельный контроль (см. 73 Земельного кодекса);
- Контроль в области обращения с отходами (см. 26 Федерального закона "Об отходах производства и потребления");
- Контроль за охраной атмосферного воздуха (см. 25 Федерального закона "Об охране атмосферного воздуха");
- Контроль за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в процессе производства, хранения, транспортировки и реализации продукции, выполнения работ и оказания услуг (см. 32 Федерального закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения");
- Контроль за обеспечением радиационной безопасности (см. 11 Федерального закона "О радиационной безопасности населения").

Согласно ст. 39 Водного кодекса к обязанностям собственников водных объектов и водопользователей относятся ведение учета объема изъятия водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных и дренажных вод, их качества, ре-

гулярных наблюдений за водными объектами и их водоохранными зонами.

В соответствии со ст. 23.3 Закона "О недрах" пользователи недр, осуществляющие первичную переработку получаемого ими из недр минерального сырья, обязаны обеспечить учет и контроль распределения полезных компонентов на различных стадиях переработки и степени их извлечения из минерального сырья, а также учет временно неиспользуемых продуктов и отходов производства, содержащих полезные компоненты.

Отдельные проблемы, связанные с охраной окружающей среды, например, воздействия на окружающую среду в аварийных ситуациях, могут отслеживаться в ходе производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности в соответствии со ст. 11 Федерального Закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

Нормы законов устанавливают, в основном, общие принципы и требования к проведению ПЭМиК. Конкретизированные требования, касающиеся порядка проведения ПЭМиК, содержатся в подзаконных правовых актах, национальных стандартах (ГОСТах) и других нормативных документах [2].

**Возможности ПЭМиК в сфере СЭМ** многогранны.

Во-первых, без мониторинга и контроля не построить СЭМ, поскольку они являются составляющими этой системы:

- В рамках СЭМ должны регулярно проводиться мониторинг и измерения основных характеристик операций, включая характеристики, описывающие окружающую среду и воздействие на нее (п. 4.5.1 стандарта ИСО 14001);
- Необходимы внутренние проверки документации и практической деятельности природопользователей с целью выявления, устранения и предотвращения несоответствий законодательным требованиям, требованиям заказчиков, отраслевых объединений, собственным требованиям организации и др. (пп. 4.5.2, 4.5.5).

Во-вторых, поскольку строительство крупных объектов, как правило, осуществляется силами подрядных организаций, высок потенциал ПЭМиК в сфере контроля за деятельностью подрядчиков. Стандарты ИСО серии 14000 предлагают различные инструменты экологического контроля. В первую очередь, необходимо обратить внимание на управление значительными (значимыми) экологическими аспектами. Так, в соответствии с требованиями, содержащимися в пп. 4.3.1 и 4.4.6 стандарта ИСО 14001, организация обязана:

— провести идентификацию экологических аспектов своей деятельности, продукции или услуг и



выделить наиболее существенные из них (значимые экологические аспекты, или ЗЭА);

— обеспечить выполнение деятельности, связанной с идентифицированными ЗЭА, в соответствии с высоким экологическим стандартом не только персоналом организации, внедрившей СЭМ, но и ее подрядчиками.

Отметим, что согласно российскому праву обязанности по охране окружающей среды и обеспечению безопасности строительных работ и ответственность за нарушение указанных требований также возлагаются на подрядчика (ст. 751 Гражданского кодекса Российской Федерации).

Как данные требования могут реализовываться на практике? Обратимся к примеру предприятий ОАО "Газпром". По заказу одного из них ЗАО "НПЦ СибГео" была разработана система планирования мероприятий по учету ЗЭА при строительстве объектов магистрального трубопроводного транспорта природного газа.

На начальном этапе строительства на каждый объект составляется План мероприятий по учету ЗЭА, которым предусмотрены меры по снижению негативного воздействия строительства на окружающую среду по наиболее существенным типам воздействия, к которым относятся:

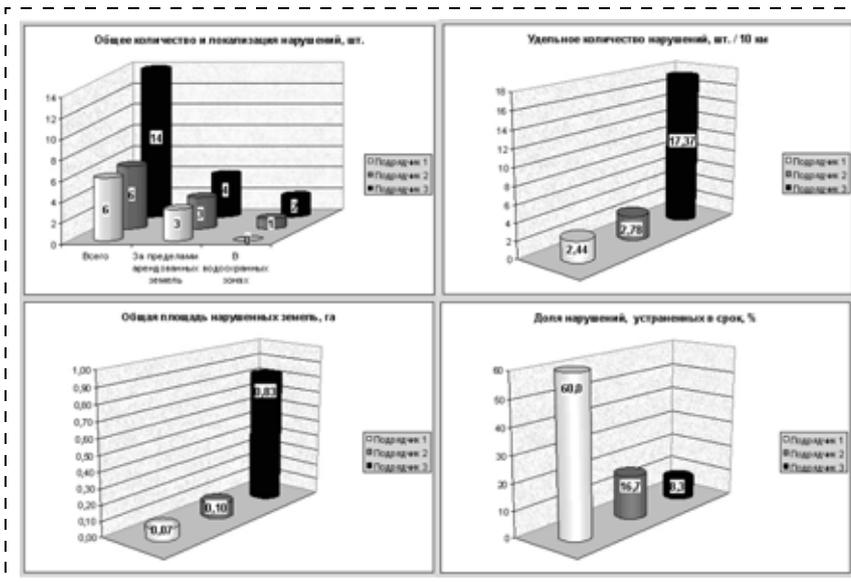
- выбросы при работе строительной техники, передвижных дизельных электростанций, котельных;
- вырубка древесно-кустарниковой растительности и образование порубочных остатков;
- срезка плодородного слоя почвы в ходе подготовительных работ (для целей последующей рекультивации нарушенных земель или улучшения малопродуктивных угодий);
- выработка грунта из траншей и карьеров в процессе земляных работ;
- создание искусственных барьеров при строительстве дорог и площадок;
- передвижение строительной техники вне дорог при планировочных работах;
- образование опасных отходов эксплуатации техники (отработанных ГСМ, аккумуляторов и др.);
- образование бытовых отходов и отходов люминесцентных ламп при работе столовых, эксплуатации жилых и производственных помещений;
- забор воды и сброс сточных вод после гидравлических испытаний газопровода, а также потенциальный аварийный разлив сточных вод в результате разрыва трубопровода в ходе испытаний.

План утверждается генеральным подрядчиком строительства и согласуется с непосредственными исполнителями строительных работ (субподрядными организациями). При этом определяются сроки исполнения мероприятий и ответственные лица со стороны субподрядчиков. В качестве средства проверки соблюдения плана заложен контроль соответствующей технической и экологической (разрешительной, нормативной, отчетной) документации.

Другим важным инструментом ПЭМиК является оценка экологической эффективности (ОЭЭ) субподрядных организаций в соответствии с международным стандартом ИСО 14031. ЗАО "НПЦ СибГео" была разработана схема ОЭЭ, позволяющая обобщать данные ПЭМиК и сравнивать строительные организации исходя из объема выполненных работ [3]. Для этого на основании фактических данных (например, отчетности по выбросам и сбросам загрязняющих веществ, сведений по образованию и обращению с отходами, результатов ПЭМиК) рассчитываются абсолютные и относительные показатели экологической эффективности. Как и предусмотрено ИСО 14031, выделено три группы показателей:

1. Показатели эффективности управления: доля внедренных природоохранных мероприятий от общего числа запланированных (%); доля экологических нарушений, устраненных в установленный срок (%).

2. Показатели эффективности функционирования: общее и удельное количество выявленных экологических нарушений, в том числе за пределами участка строительства, в водоохранных зонах и прибрежных защитных полосах водных объектов



Результаты оценки экологической эффективности строительства газопровода



(шт., шт./10 км); площадь земель, нарушенных в результате отступлений от проекта (га); доля земель, нарушенных в результате отступлений от проекта, от общей площади отвода земель (%); удельное число аварийных и нештатных ситуаций (шт./10 км); доля качественно рекультивированных земель от общей площади земель, подлежащих рекультивации (%); удельное количество образующихся отходов, выбросов в атмосферу, сбросов (т/10 км).

3. Показатели состояния окружающей среды: доля точек мониторинга, в которых выявлено превышение нормативов содержания загрязнителей в воздухе, в грунтовых и поверхностных водах, в почвах от всех точек мониторинга (%); случаи активизации неблагоприятных экзогенных процессов на объекте в результате несоблюдения технических требований к проведению работ (шт./10 км).

Результирующие показатели отражают уровень воздействия природопользователей на окружающую среду, а их динамика — изменение экологической эффективности. Очень показательны результаты ОЭЭ, характеризующие допущенные строителями экологические нарушения. Приведем пример ОЭЭ строительства газопровода диаметром 1420 мм силами трех строительных организаций (см. рисунок). Отметим, что в данном примере Подрядчик 1 и Подрядчик 2 строили участки газопровода протяженностью порядка 20 км, а Подрядчик 3 — около 8 км. Как видим, третьим подрядчиком допущено значительно большее количество экологических правонарушений, характеризующихся большим территориальным размахом, при этом

организацией своевременно выполняется лишь 8,3 % предписаний по устранению нарушений.

Таким образом, система производственного экологического мониторинга обеспечивает получение репрезентативной информации об изменениях окружающей природной среды. Дополненная контролем, она позволяет на всех уровнях управления оперативно реагировать и принимать решения, ограничивая вредные воздействия на окружающую среду и сохраняя ее качество. Необходимость ПЭМиК четко определяется буквой закона. Предприятие, регулярно осуществляющее производственный экоконтроль, лучше подготовлено к проверкам со стороны государственных органов надзора и контроля в области охраны окружающей среды. Еще более важны возможности использования ПЭМиК в рамках систем экологического менеджмента, в частности, в качестве инструмента контроля за деятельностью подрядных организаций.

#### Список литературы

1. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеоиздат, 1984. — 560 с.
2. Притужалова О. А. Обоснование необходимости проведения производственного экологического мониторинга и контроля при строительстве объектов транспорта газа // Материалы научно-практической конференции молодых специалистов — Салмановские чтения (Тюмень, 2–3 апреля 2008 г.). — Тюмень, 2008. — С. 42–46.
3. Кириллов А. В., Притужалова О. А. Оценка экологической эффективности при строительстве объектов нефтегазовой инфраструктуры // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы всероссийской научно-технической конференции (Тюмень, 16–17 октября 2007 г.). — Тюмень, 2007. — С. 214–217.

## БЕЗОПАСНОСТЬ. УНИФОРМА — 2010

13-я специализированная выставка

Екатеринбург — Центр Международной Торговли

28–30 сентября 2010 года

#### Основные направления выставки:

1. Пожарная безопасность
2. Средства спасения
3. Экологическая и промышленная безопасность

4. Безопасность дорожного движения
  5. Безопасность и охрана труда
  6. Специальная одежда
- И другие

#### Контакты:

Организатор: Екатеринбург  
Свердлова, 11А, оф. 507

Тел. (343) 310-03-30,  
[http:// www.uv66.ru](http://www.uv66.ru)  
E-mail: [postovalova@uv66.ru](mailto:postovalova@uv66.ru)



УДК 627.8.034

**Н. Н. Красногорская**, д-р техн. наук, проф., **Т. Б. Фашевская**, канд. геогр. наук, доц.,  
**А. В. Головина**, асп., **Э. Р. Янгирова**,

Уфимский государственный авиационный технический университет

E-mail: gold.na@rambler.ru

## Оценка многолетних изменений уровня воды реки Белой в результате хозяйственной деятельности человека и природных факторов

*Выявлена динамика среднегодовых и экстремальных уровней воды реки Белой и реки-аналога за многолетний период. Выделены временные интервалы изменения уровня воды. Разработана методика определения количественного соотношения природных и антропогенных факторов изменения уровней воды.*

**Ключевые слова:** уровень воды, изменение климата, дноуглубительные работы, добыча песчано-гравийной смеси, водоток-аналог, природный фактор, антропогенное воздействие.

**Krasnogorskaya N. N., Fachshevskaya T. B., Golovina A. V., Jangirova E. R. Evaluation of water levels change of Belaya river as a result of the influence of anthropogenic and climate factors**

*Dynamic of average annual and extreme water levels of Belaya river and river-analog were identified. The time interval of water levels change was educed. The method for determining the proportion of climate and anthropogenic changes in water levels was developed.*

**Keywords:** water level, climate change, dredging, sand and gravel materials mining, watercourse-analog, climate factor, anthropogenic impact.

### Введение

В связи с резким увеличением потребления пресной воды и интенсивным преобразованием естественных природных ландшафтов в последние годы особенно остро стоит проблема оценки изменений гидрологического режима водных объектов. На изменения гидрологического режима водных объектов влияют природные [1–4] и антропогенные факторы [5–7]: климатические изменения (интенсивное повышение температуры воздуха и количества осадков с середины 1970-х — начала 1980-х годов) и хозяйственная деятельность человека в русле и пойме реки.

Наибольшее антропогенное воздействие реки испытывают в пределах урбанизированных терри-

торий крупных промышленных центров, где разнонаправленная интенсивная антропогенная деятельность осуществляется на ограниченном участке реки. На **рис. 1** представлены основные виды антропогенного воздействия, влияющие на изменение уровня воды в реке.

Одной из важнейших характеристик гидрологического режима водных объектов является уровень воды в реке, который характеризуется среднегодовыми и экстремальными значениями и является фактором формирования русла и русловых процессов. Среднегодовой уровень воды в реке с естественным режимом зависит от расхода воды и отражает изменение водности реки во времени [8].

К экстремальным уровням воды относят максимальные уровни весеннего половодья, минимальные уровни в период летней и зимней межени. Экстремальные уровни воды в реках имеют значение для экономического развития территории, обеспечения жизненных потребностей и безопасности населения, рационального водопользования и сохранения окружающей среды. Максимальный уровень весеннего половодья является важным показателем нормального функционирования водных экосистем, транспортирующей способности реки и возможного ущерба хозяйственной деятельности в результате возникновения катастрофических наводнений. Минимальный уровень в периоды летней и зимней межени лимитирует бесперебойное функционирование проложенных по дну реки водозаборов, сказывается на условиях навигации и санитарном состоянии водотока [9–10].

Понижение уровней воды в водотоке приводит к перечисленным ниже последствиям.

1. Уменьшается продолжительность затопления пойм, что приводит к деградации нерестилищ рыб, падению урожайности пойменных лугов, ухудшению условий гнездования птиц и млекопитающих, нарушению биолого-почвенного режима в речной долине. Следствием является снижение биологической и сельскохозяйственной продуктивности пойменных земель [11]. К примеру, интенсивное падение уровня воды в Саратовской области до от-

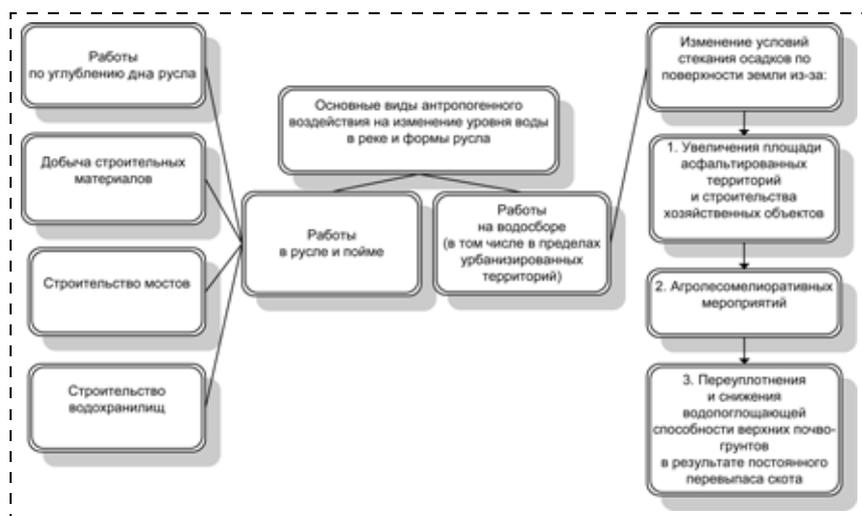


Рис. 1. Основные виды антропогенного воздействия, влияющие на изменение уровня воды в реке

метки 14,09 м привело к осушению нерестилищ и гибели отложенной икры [12]. В верхней части Амурского бассейна уменьшение продолжительности затопления поймы привело к ухудшению водного режима почв и к снижению их продуктивности [13].

2. Обнажаются трубопроводы и водозаборы, проложенные по дну реки, что затрудняет их дальнейшую эксплуатацию. Например, понижение уровня воды в реке Амур привело к прекращению доступа воды из протока в ковш водозабора Управляющей компании "Водоканал" [14]. В Челябинской области понижение уровней воды в реках Малом Кизиле, Урале и Янгельке привело к оголению водозаборов треста "Водоканал" в результате малоснежной зимы и отсутствия паводков в 2009 году [15].

3. Затрудняются условия судоходства вследствие снижения гарантированных глубин. Например, в результате понижения уровня воды на реках Дунай [16] и Днестре [17] судоходные условия в последние годы изменяются в худшую сторону: сильное падение уровней воды в межень, неустойчивость фарватера — все это затрудняет судоходство и осложняет безопасную эксплуатацию больших грузовых составов.

Повышение уровней воды при прохождении половодья и паводков может вызвать подтопление населенных пунктов, предприятий и ценных сельскохозяйственных угодий [7].

### Предмет исследования

Предметом исследования являются река Белая в створе г. Уфы и ее приток река Дёма в створе д. Бочкарева. Река Белая является одним из круп-

ных притоков реки Камы как по длине, так и по водности [18]. В створе г. Уфы река Белая — равнинная река. Местность, прилегающая к долине реки, волнистая, местами покрыта лесом. Русло реки умеренно извилистое, песчано-галечное, слабodeформирующееся. Крутой незатопляемый правый берег переходит в склон долины, укреплен бетонными плитами набережной.

По классификации Б. Д. Зайкова [8] река Белая относится к рекам с восточно-европейским типом гидрологического режима, который характеризуется высоким весенним половодьем, низкой зимней меженью и летне-осенними паводками.

Река Дёма — левый приток реки Белая. Рельеф в верхней части бассейна реки Дёма платообразно-возвышенный с высотой 300...400 м; в среднем и нижнем течении представлены Камско-Бельской увалистой равниной.

Схема расположения объектов исследования представлена на рис. 2.

Гидрологические и морфометрические характеристики бассейнов исследуемых рек представлены в табл. 1.

Наблюдения за гидрологическим режимом водотоков проведены Башкирским территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Баш. УГМС) и опубликованы в материалах Государственного водного кадастра за период с 1936 по 2007 г.

В последние десятилетия в связи с климатическими и антропогенными изменениями наметилась тенденция изменения расходов и уровней воды многих рек России, в том числе и реки Белой [19—21].

Река Белая в районе г. Уфы испытывает мощное антропогенное воздействие, изменяющее режим ее

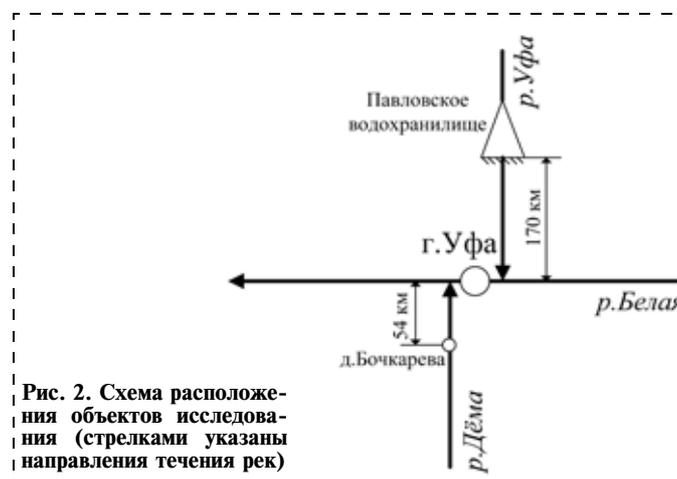


Рис. 2. Схема расположения объектов исследования (стрелками указаны направления течения рек)



Таблица 1

Сравнительные характеристики исследуемых реки Белая и реки-аналога Дема

Река/Створ	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Расстояние от устья, км	Средний многолетний уровень воды, см	Максимальный уровень		Минимальный уровень	
				$H_{max}$ , см	год	$H_{min}$ , см	год
Белая/ г. Уфа	100	493	113	269	1946	-11	1982
Дема/д. Бочкарева	12,5	54	145	226	2003	52	1936

уровней. Хронологически первым видом непосредственного техногенного вмешательства в руло реки Белой стали дноуглубительные работы [22], которые заключаются в периодическом углублении наиболее мелководных участков водного пути, некотором изменении формы поперечного сечения и пропускной способности русла. Дноуглубление русла может существенно влиять на гидравлический и русловый режимы речного потока, иметь негативные последствия как для самой реки, так и для находящихся на ней инженерных сооружений (мосты, трубопроводы, водозаборы), но также может способствовать улучшению условий использования реки на участках с повышенным стоком наносов и заилениями русла [23, 24].

Река Белая является судоходной с 1858 г., а город Уфа является крупным речным портом, из которого осуществляется более 70 % вывоза грузов из Республики Башкортостан [25, 26]. Для роста объемов грузоперевозок по реке Белой повышался класс внутреннего водного пути за счет увеличения глубины реки [24]. Поэтому проводились дноуглубительные работы в русле реки, которые обеспечили увеличение гарантированных глубин с 1,35 м в 1948 г. до 2,25 м в 1975 г., а, следовательно, и изменение уровня воды в реке [22]. Количество перевозимых грузов по реке Белой (рис. 3) максимально в период с начала 1980-х до середины 1990-х годов. В настоящее время объемы грузоперевозок не превышают 4000 тыс. т/год.

На изменение уровня воды в реке также влияет добыча строительных материалов (песка, песчано-гравийной смеси, гравия, гальки), которая заключается в безвозвратном изъятии из русла, а также из поймы реки аллювиального материала [23]. При добыче строительного материала образуются карьеры, в которых развивается эрозия, и русло меняется на больших по протяженности участках рек:

- изменяется форма поперечного сечения русла;
- уничтожаются формы руслового рельефа;
- изменяются характеристики режима уровней реки [5].

Добыча строительных материалов в русле реки Белой осуществляется с начала 1950-х годов. Годовой объем добычи за период 1965—1991 гг. увеличился с 1117 до 6950 тыс. м<sup>3</sup>. При этом, в отличие от землечерпания, при котором грунт из русла не удаляется, разработка карьеров ведет к безвозвратному изъятию грунта [22]. На рис. 4 представлена динамика добычи строительных материалов в русле реки Белой, из которого видно, что к началу

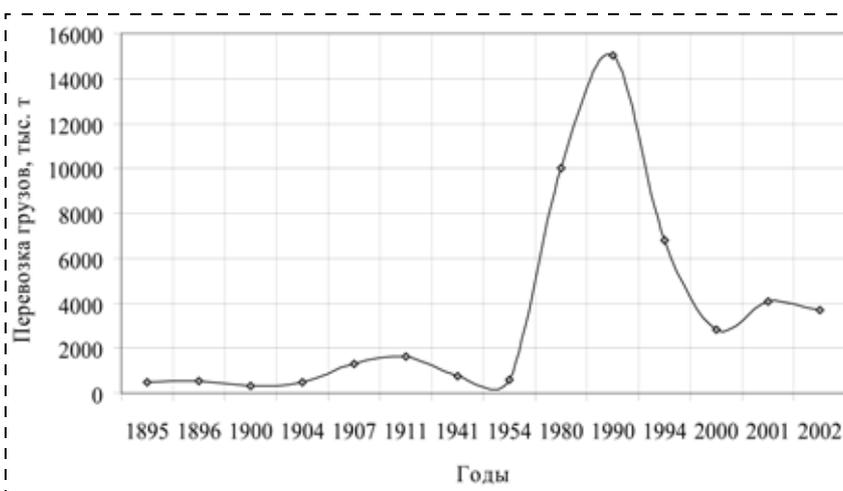


Рис. 3. Динамика грузооборота по реке Белой



Рис. 4. Динамика добычи строительных материалов из русла реки Белой

1990-х годов добыча песчано-гравийной смеси увеличивается в 7 раз.

Мостовые сооружения также оказывают воздействие на режим уровней водотока и русловые процессы. Все мостовые переходы перераспределяют удельные расходы воды по ширине русла, тем самым увеличивают средние скорости водного потока, что приводит к нарушению динамического равновесия между потоком и руслом, сложившегося в естественных условиях, и снижению самовосстанавливающей способности реки [23].

На реке Белой в районе г. Уфы расположено пять мостовых сооружений. Из них автомобильные мосты введены в эксплуатацию в 1956 г., а железнодорожный мост в 1888 г. [25].

На изменение уровня воды в реке влияет также строительство водохранилищ (см. рис. 1). В зоне нижнего бьефа водохранилищ изменения в гидрологической обстановке проявляются в наибольшей мере. Главная особенность их заключается в выравнивании стока и уровней — снижается половодье, задерживаемое в водохранилище, сбросы из него приводят к увеличению меженных расходов и уровней воды. Резко уменьшается сток донных наносов. Благодаря этому в нижний бьеф по-

ступает меньшее количество наносов, чем поступало до создания водохранилища; происходящие здесь размывы оказываются некомпенсированными намывами [7].

На реке Уфа, на расстоянии 170 км от ее впадения в реку Белую (см. рис. 2), в 1959 г. построено Павловское водохранилище, которое оказывает регулирующее влияние на режим уровней реки Белой. Одной из целей строительства водохранилища являлось снижение максимальных уровней воды весеннего половодья в районе г. Уфы. С образованием Павловского водохранилища путем поддержания определенных уровней в верхнем и нижнем бьефах улучшились условия судоходства на реке Белой [25].

### Результаты исследования и их анализ

Для оценки влияния хозяйственной деятельности человека и природных факторов на динамику уровней воды реки Белой использовался метод гидрологической аналогии. Сопоставлялись многолетние изменения уровней воды реки Белой и водотока-аналога, не подверженного антропогенному воздействию, однако находящегося в одинаковых физико-географических условиях с иссле-

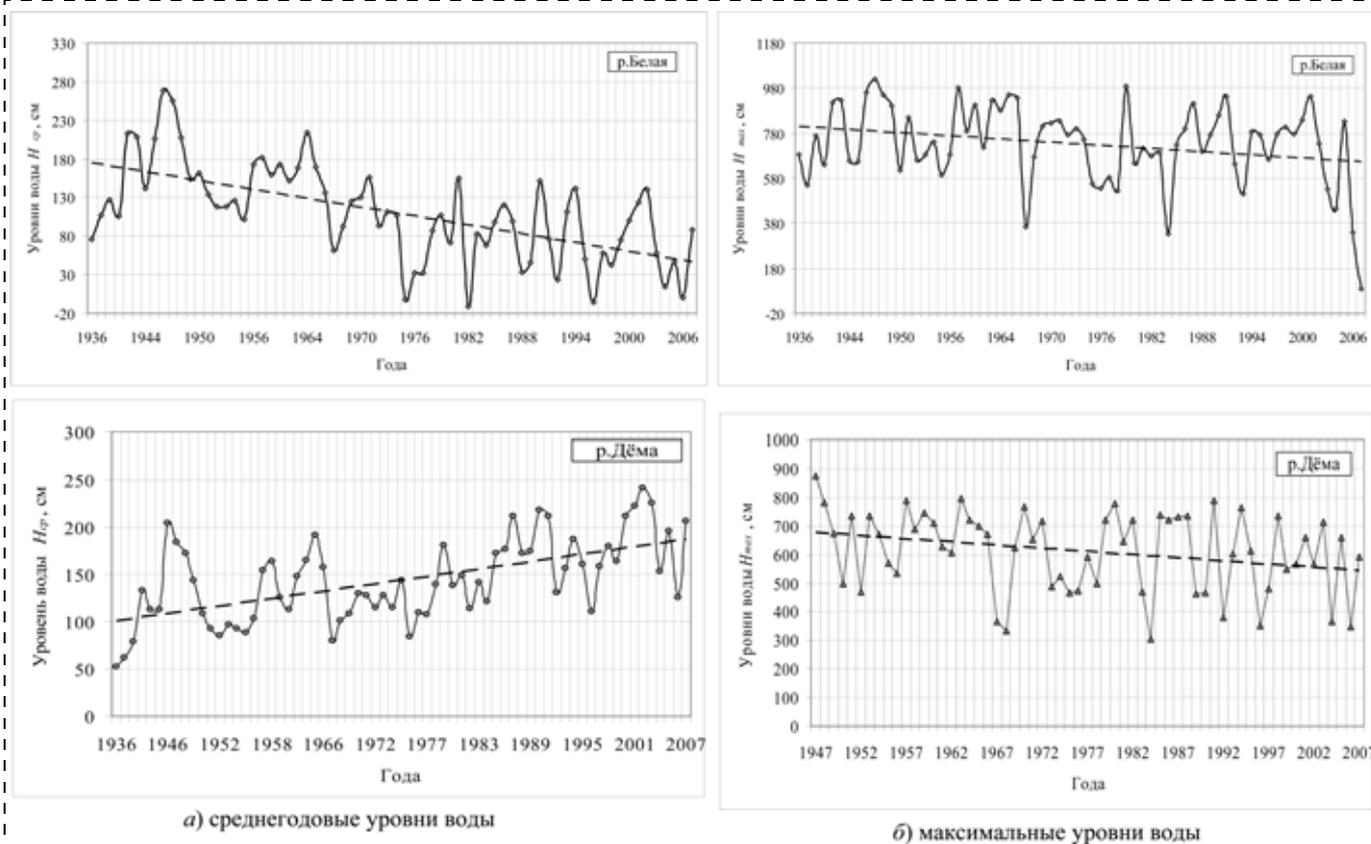


Рис. 5. Многолетние изменения среднегодовых и максимальных уровней воды реки Белой в створе г. Уфы и реки Дёма в створе д. Бочкарева (штриховыми линиями обозначены линии тренда)



дуемым водотоком, а значит испытывающего аналогичные климатические изменения на водосборе. Таким водотоком выбрана река Дёма, отвечающая условиями выбора реки-аналога [5].

Для выявления многолетних изменений уровней воды реки Белой в створе г. Уфы и реки-аналога Дёмы в створе д. Бочкарева построены хронологические графики изменения среднегодовых и экстремальных значений уровней воды за рассматриваемый период. Для примера на рис. 5 приведены графики многолетних изменений среднегодовых и максимальных уровней воды рек Белой и Дёмы.

Анализ графиков изменения среднегодовых и экстремальных уровней воды водотоков показал, что за исследуемый период заметны тенденции:

- уменьшение среднегодовых и минимальных уровней воды реки Белой и их увеличение в реке Дёме;
- уменьшение максимальных уровней воды в реках Белой и Дёме.

Для подтверждения визуально установленных тенденций проведен анализ статистической однородности временных рядов уровней воды [27].

Графический анализ суммарных кривых уровней воды реки Белой и реки-аналога Дёмы вида

$\sum H_i = f(t)$ , где в качестве функции  $H_i$  рассматривались среднегодовые и экстремальные уровни воды, нарастающие в зависимости от времени  $t$ , выявил статистически однородные временные интервалы. Для примера на рис. 6 приведены графики изменения набегающей суммы среднегодовых и минимальных значений уровней воды исследуемых рек в период зимней межени.

На основе графического анализа рядов среднегодовых и экстремальных уровней воды исследуемых водотоков выделены статистически однородные временные интервалы, границы которых приведены в табл. 2 (графы 2 и 4).

Достоверность графически установленного нарушения статистической однородности рядов среднегодовых и экстремальных уровней воды подтвердилась в результате анализа существенности нарушения по статистическим критериям [29].

Путем последовательного сопоставления между собой средних значений уровней воды, вычисленных в течение каждого двух смежных временных периодов, выявлены хронология и многолетняя динамика изменения уровней воды исследуемых водотоков (см. табл. 2, графы 3 и 5).

Анализ данных табл. 2 показал следующее.

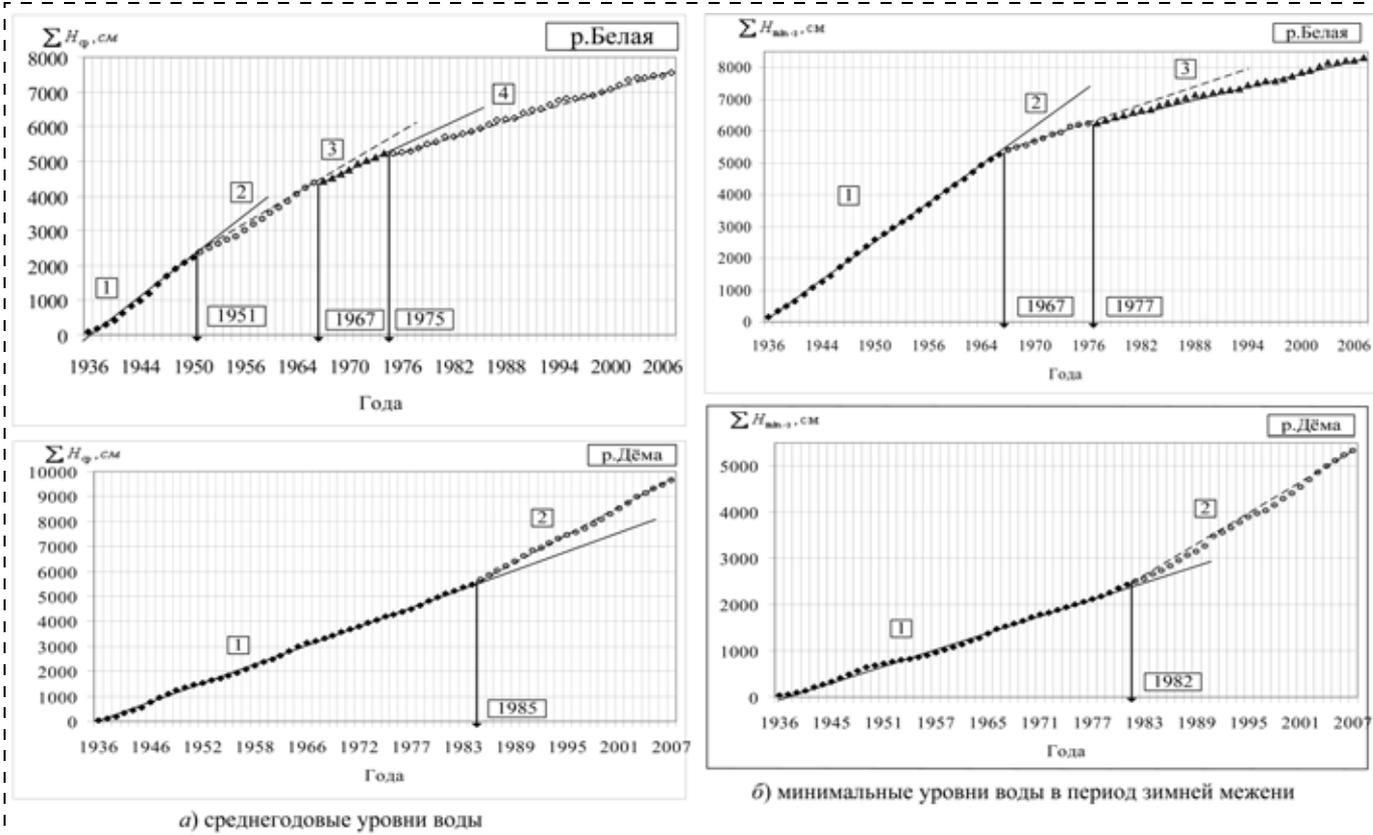


Рис. 6. Изменение набегающей суммы значений среднегодовых и экстремальных уровней воды реки Белой в створе г. Уфы и реки Дёма в створе



Таблица 2

Статистически однородные временные интервалы, выделенные на основе графического анализа рядов среднегодовых и экстремальных значений уровней воды реки Белой в створе г. Уфа и реки Дема в створе д. Бочкарева

Уровень воды, см	Водосток			
	река Белая — г. Уфа		река Дема — д. Бочкарева	
	Период	Среднее значение уровня воды, см	Период	Среднее значение уровня воды, см
1	2	3	4	5
Среднегодовой	1936—1950 1951—1966 1967—1974 1975—2007	172 ± 17 152 ± 8 110 ± 10 72 ± 8	1936—1984 1985—2007	124 ± 5 181 ± 7
Максимальный	1936—1974 1975—1986 1987—2007	782 ± 24 648 ± 47 729 ± 37	1936—1974 1975—2007	635 ± 22 583 ± 25
Минимальный в период зимней межени	1936—1966 1967—1976 1977—2007	65 ± 5 -36 ± 12 -62 ± 7	1936—1981 1982—2007	59 ± 3 111 ± 6
Минимальный в период летне-осенней межени	1936—1952 1953—1966 1967—1974 1975—1994 1995—2007	36 ± 10 21 ± 6 -34 ± 5 -75 ± 7 -101 ± 5	1936—1980 1981—2007	46 ± 4 92 ± 5

1. Происходит поэтапное уменьшение значения среднегодового уровня воды реки Белой: с начала 1950-х годов на 20 см, с середины 1960-х годов на 42 см и с середины 1970-х годов на 38 см. Общее уменьшение составляет 100 см. В то же время величина среднегодового уровня воды реки Дёмы с середины 1980-х годов к настоящему времени увеличилась на 57 см.

2. Максимальный уровень воды реки Белой в период с середины 1970-х до середины 1980-х годов уменьшился на 134 см, а затем увеличился на 81 см. Таким образом, общее уменьшение максимального уровня воды реки Белой к настоящему времени составляет 53 см. Максимальный уровень воды в реке Дёма уменьшился с середины 1970-х годов на 52 см.

3. Происходит поэтапное уменьшение минимального уровня воды реки Белой в период зимней межени с середины 1960-х и с середины 1970-х годов на 101 и 26 см, соответственно. Общее уменьшение минимального уровня воды реки Белой в период зимней межени к настоящему времени составляет 127 см. В это же время минимальный уровень воды реки Дёмы в период зимней межени увеличился с начала 1980-х годов к настоящему времени на 52 см.

4. Происходит поэтапное уменьшение минимального уровня воды реки Белой в период летне-осенней межени: с начала 1950-х годов на 15 см, с середины 1960-х годов на 55 см, с середины 1970-х годов на 41 см и с середины 1990-х годов на 26 см. Общее уменьшение минимального уровня воды реки Белой составляет 137 см. Минимальный уро-

вень воды реки Дёмы в период летне-осенней межени увеличился с начала 1980-х годов на 46 см.

Таким образом, установлено, что за рассматриваемый многолетний период (с 1936 по 2007 гг.) уровни воды рек Белой и Дёмы изменялись, однако хронология, направленность и степень этих изменений различны. По-видимому, это связано с тем, что в различное время гидрологический режим каждого из водотоков в разной мере подвергался воздействию либо антропогенных, либо природных факторов, либо совокупности природных и антропогенных факторов.

Для установления количественного соотношения воздействия антропогенных и природных факторов, приведших к изменению уровня воды реки Белой, проанализирована корреляционно-регрессионная зависимость между ежедневными уровнями воды реки Дёмы ( $x$ ) и реки Белой ( $y$ ) за период "малого" (незначительного) антропогенного воздействия [28, 29] и отсутствия направленных климатических изменений [1, 2, 5]. Таким периодом является общий для двух постов (река Белая — г. Уфа и река Дёма — д. Бочкарева) статистически однородный временной интервал с 1936 по 1950 гг.

Установленная корреляционная зависимость ежедневных уровней воды реки Дёмы от ежедневных уровней воды реки Белой имеет линейный характер и описывается уравнением вида:  $y = 1,12x + 25,1$ . Как видно из этого уравнения, с увеличением уровня воды реки Дёмы ( $x$ ) увеличивается уровень воды реки Белой ( $y$ ). Для оценки тесноты связи между исследуемыми величинами определен

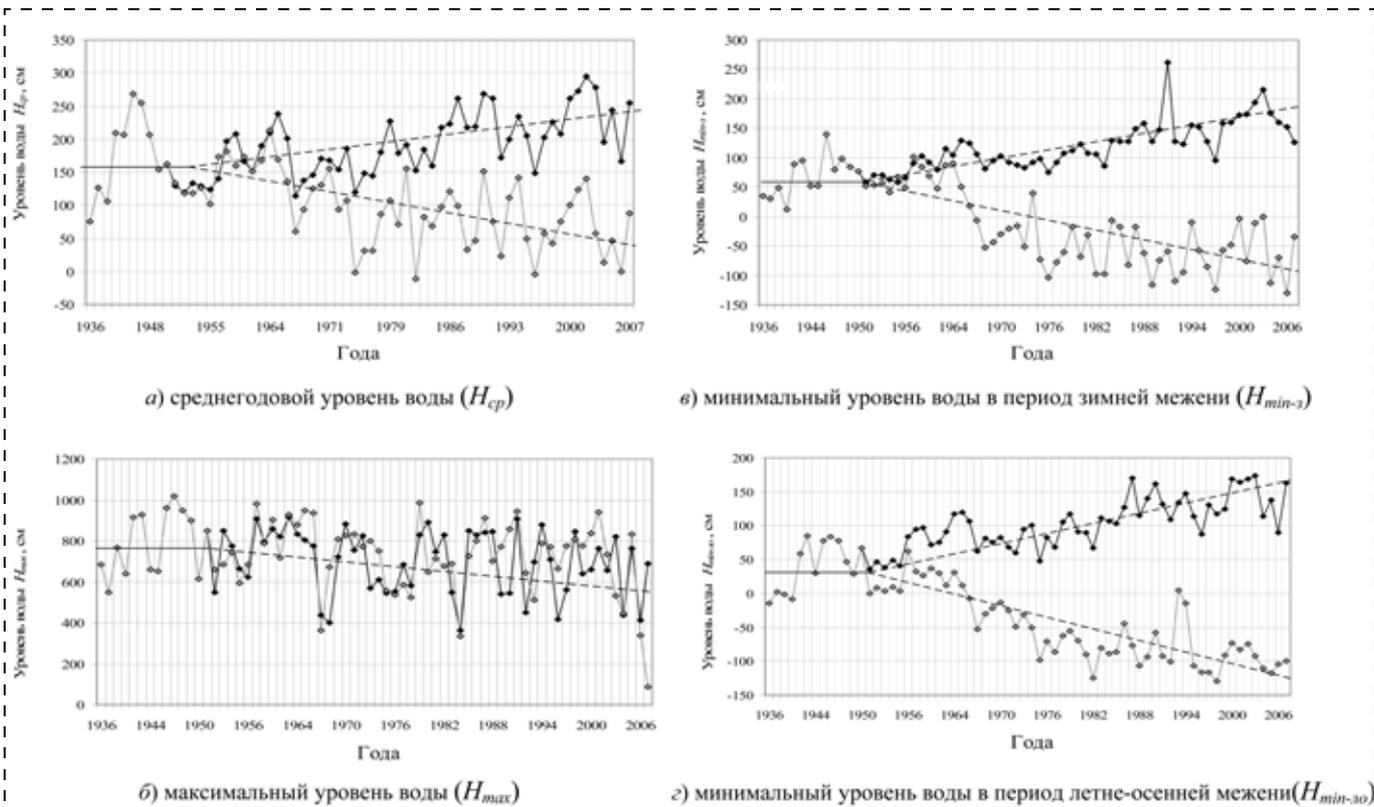


Рис. 7. Изменение "восстановленного" и измеренного уровня воды реки Белой в створе г. Уфа за исследуемый период (штриховыми линиями обозначены линии тренда):

—◆— — "восстановленный" и —●— — измеренный уровни воды

коэффициент корреляции, который оказался равен  $r = 0,91$ . По уравнению связи "восстановлены" среднегодовые и экстремальные значения уровней воды реки Белой за период с 1951 г. по 2007 г., которые наблюдались бы, если бы отсутствовало антропогенное воздействие на водоток и имели бы место климатические изменения.

Изменения среднегодовых значений уровней воды реки Белой в створе г. Уфа, измеренных (фактических) за исследуемый период и "восстановленных" по уравнению регрессии, приведены на рис. 7.

Как видно из рис. 7 (а, в, з), измеренные среднегодовой и минимальные уровни воды в реке Белой уменьшаются за исследуемый период, а "восстановленные" (рассчитанные по уравнению регрессии) уровни воды — увеличиваются. Измеренные и "восстановленные" максимальные уровни воды (см. рис. 7, б) имеют тенденцию к уменьшению. Следовательно, в случае отсутствия антропогенной нагрузки на реку Белую, тренд изменения среднегодовых и минимальных уровней воды был бы положителен, а тенденция изменения максимальных уровней воды — отрицательной.

Для подтверждения различий в динамике наблюдаемых и "восстановленных" уровней воды реки Белой временные ряды последних проверялись на ста-

статическую однородность. По результатам графического анализа и проверки существенности нарушения однородности по статистическим критериям выделены временные интервалы, в пределах которых определены средние значения среднегодовых и экстремальных уровней воды (табл. 3) [30].

Таблица 3

Результаты выделения статически однородных временных интервалов рядов "восстановленных" среднегодовых и экстремальных значений уровней воды реки Белой в створе г. Уфы

Период	Среднее значение уровня воды, см
1	2
а) среднегодовой уровень воды	
1936—1984	$168 \pm 6$
1985—2007	$229 \pm 8$
б) максимальный уровень воды	
1936—1973	$760 \pm 26$
1974—2007	$675 \pm 27$
в) минимальный уровень воды в период зимней межени	
1936—1981	$85 \pm 4$
1982—2007	$149 \pm 7$
г) минимальный уровень воды в период летне-осенней межени	
1936—1957	$46 \pm 7$
1958—1981	$87 \pm 4$
1982—2007	$130 \pm 6$



Как видно из табл. 3, "восстановленный" среднегодовой уровень воды реки Белой с середины 1980-х годов увеличился на 61 см, максимальный уменьшился с середины 1970-х годов на 85 см, минимальный уровень воды в период зимней межени увеличился с начала 1980-х годов на 64 см, а в период летне-осенней межени увеличился в два этапа: с конца 1950-х годов на 41 см, с начала 1980-х годов на 43 см.

Таким образом, установлено, что измеренные и "восстановленные" среднегодовые и экстремальные уровни воды реки Белой отличаются направленностью и степенью изменения.

Сопоставление результатов определения изменений уровней воды реки Белой, приведенных в табл. 2, с результатами определения изменений уровня воды, которые имели бы место при отсутствии антропогенного воздействия на водный объект (см. табл. 3) позволило установить количественное соотношение между природными и антропогенными факторами изменения уровней.

Для этого выделены общие периоды, в пределах которых наблюдается статистическая однородность рядов измеренных и "восстановленных" значений уровней воды (табл. 4, графа 2). Затем, сравнивая между собой средние значения уровней воды в каждом из двух смежных статистически однород-

ных периодах, расположенных в хронологической последовательности, определены направленность и абсолютные значения:

- $\Delta H_{\text{общ}}$  — общего изменения уровня воды под влиянием совместного воздействия хозяйственной деятельности человека и климатических изменений;
- $\Delta H_{\text{прир}}$  — изменения уровня воды под влиянием природных факторов;
- $\Delta H_{\text{антр}}$  — изменения уровня воды под влиянием хозяйственной деятельности человека по разнице  $\Delta H_{\text{общ}} - \Delta H_{\text{прир}}$ .

Также определено процентное соотношение между результатами воздействия природных и антропогенных факторов на уровень воды реки Белой (см. табл. 4, графы 7 и 10) по формулам:

$$\Delta H'_{\text{прир}} = \frac{\Delta H_{\text{прир}}}{\Delta H_{\text{общ}}} \cdot 100 \%,$$

$$\Delta H'_{\text{антр}} = \frac{\Delta H_{\text{антр}}}{\Delta H_{\text{общ}}} \cdot 100 \%.$$

Для наглядного представления о временной динамике долей антропогенного и природного факторов в изменении среднегодовых и экстремальных уровней воды реки Белой в створе г. Уфы построены гистограммы, приведенные на рис. 8.

Таблица 4

Определение количественного соотношения результатов изменения среднегодовых и экстремальных уровней воды реки Белой в створе г. Уфы под воздействием антропогенных и природных факторов (↑ — увеличение, ↓ — уменьшение)

Уровень воды, см	Период	$\Delta H_{\text{общ}}$		$\Delta H_{\text{прир}}$		$\Delta H'_{\text{прир}}$	$\Delta H_{\text{антр}}$		$\Delta H'_{\text{антр}}$
		тенденция	см	тенденция	см	%	тенденция	см	%
Среднегодовой	1936—1950	↓	20	↓	10	50	↓	10	50
	1951—1966	↓	42	↓	13	31	↓	29	69
	1967—1974	↓	48	↑	15	19	↓	63	81
	1975—1984	↑	14	↑	60	57	↓	46	43
	1985—2007								
Максимальный	1936—1973	↓	135	↓	72	53	↓	63	47
	1975—1986	↑	81	↓	18	15	↑	99	85
	1987—2007								
Минимальный в период зимней межени	1936—1966	↓	101	↑	13	10	↓	114	90
	1967—1976	↓	15	↑	17	35	↓	32	65
	1977—1981	↓	13	↑	41	43	↓	54	57
	1982—2007								
Минимальный в период летне-осенней межени	1936—1952	↓	14	↑	20	37	↓	34	63
	1953—1957	↓	2	↑	36	49	↓	38	51
	1958—1966	↓	54	↓	19	35	↓	35	65
	1967—1974	↓	40	↑	7	13	↓	47	87
	1975—1980	↑	0	↑	40	50	↑	40	50
	1982—1994	↓	27	↑	10	21	↓	37	79
	1995—2007								



Отрицательная шкала на рис. 8 обозначает направленность воздействия фактора на понижение уровней воды, а положительная — на их увеличение.

Анализ данных показал следующее.

1. До середины 1960-х годов влияние природных факторов на водосбор уравнивается влиянием антропогенных факторов (см. рис. 8, а), затем доля последних увеличивается до середины 1980-х годов с 50 до 81 %. С середины 1980-х годов природные факторы преобладают над антропогенными. При этом, если до середины 1970-х годов воздействия рассматриваемых факторов направлены на понижение уровней воды, то с середины 1970-х годов климатические изменения направлены на увеличение уровней, а антропогенные — по-прежнему на понижение.

2. Доля антропогенного фактора в изменении максимальных уровней воды (см. рис. 8, б) имеет тенденцию увеличения: с 47 % до середины 1980-х годов до 85 % к концу 2007 г. Однако направлен-

ность воздействия меняется на противоположную: если раньше антропогенное воздействие приводило к понижению максимального уровня, то с середины 1980-х годов — к увеличению. Направленность воздействия климатического фактора совпадает с направленностью воздействия антропогенного фактора в течение всего исследуемого периода.

3. Доля антропогенного фактора в изменении минимальных уровней зимней межени (см. рис. 8, в) постепенно уменьшается к концу 2007 г. Однако значительно превосходит влияние природных условий и колеблется в интервале 57...90 %. Воздействие антропогенного фактора направлено на снижение, а природного фактора — на повышение уровня воды.

4. Роль антропогенного фактора в понижении минимальных уровней воды летне-осенней межени (см. рис. 8, г) преобладает и оценивается величиной, варьирующей в диапазоне 51...87 %. Лишь в период с начала 1980-х годов до середины 1990-х годов

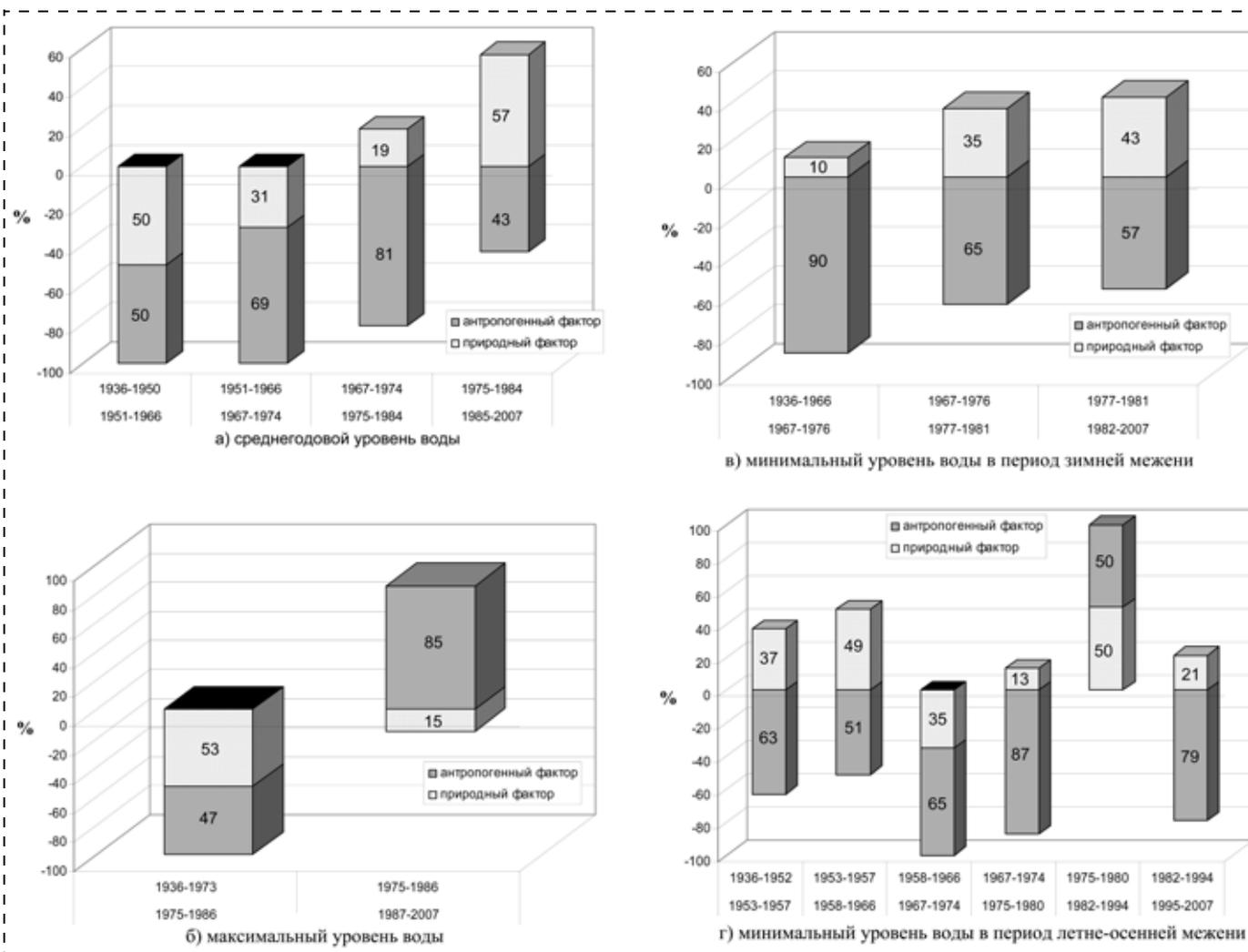


Рис. 8. Количественное соотношение антропогенных и природных факторов изменения среднегодовых и экстремальных уровней воды реки Белой в створе г. Уфы

антропогенное воздействие приводит к повышению минимальных уровней воды, а его интенсивность (50 %) совпадает с интенсивностью воздействия природных факторов (50 %).

Таким образом, выявлена динамика среднегодовых и экстремальных уровней воды реки Белой: направленность и степень изменения в различные временные интервалы за период 1936—2007 гг. Переломными моментами в изменении гидрологической характеристики явились: начало 1950-х, середина 1960-х, середина 1970-х, середина 1980-х и середина 1990-х годов.

Выявлено, что к настоящему времени произошло снижение уровней воды реки Белой в районе г. Уфы по сравнению с 1940-ми годами: максимальных значений на 53 см, среднегодовых — на 100 см, минимальных значений на 127 см (в зимний период) — 137 см (в летне-осенний период).

Установлено, что если бы антропогенное воздействие на реку Белую отсутствовало, то к настоящему времени в условиях меняющегося климата уровни воды реки Белой: среднегодовые, минимальные зимней и летне-осенней межени увеличились бы на 61 см, 64 см и 84 см, соответственно; максимальные уменьшились бы на 85 см.

Повышение уровней воды в наиболее маловодные и продолжительные периоды (зима, лето—осень) значительно улучшило бы санитарное состояние водотока. Снижение максимальных уровней снизило бы вероятность и размеры ущерба от подтопления хозяйственно-освоенных территорий.

#### Список литературы

1. **Фашевская Т. Б., Головина А. В., Нечаева Ц. В.** Анализ изменения климатических параметров на водосборе реки Белой // Научное творчество молодежи: XIII Всероссийская научно-практическая конференция. — Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2009 г. — Ч. 1. — С. 228—231.
2. **Георгиевский В. Ю.** Изменения стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. — Санкт-Петербург, 2005. — 39 с.
3. **Влияние** изменения климата на экосистемы бассейна реки Амур. — М.: WWF России, 2006. — 128 с.
4. **Изменение** климата: Обзор состояния научных знаний об антропогенном изменении климата / Кокорин А. О.: РРЭЦ, GOF. — М.: WWF России, 2005. — 20 с.
5. **Шикломанов И. А.** Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 267 с.
6. **Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Головина А. В., Нечаева Ц. В.** Изменение особенностей руслового режима реки Белой в условиях антропогенного воздействия (на примере участка водотока в районе г. Стерлитамак) // Наука и инновации XXI века: IX Окружная конференция молодых ученых. — Сургут, 2009. — С. 135—136.
7. **Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Елизарьев А. Н., Головина А. В., Янгирова Э. Р.** Оценка антропогенного воздействия на русловой режим реки Белой для обеспечения ее экологической безопасности // Экология, наука, инновация: Региональная конференция. — Уфа, Минприроды РБ, 2008. — С. 26—29.
8. **Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г.** Общая гидрология. — Л.: Гидрометеиздат, 1973 г. — 463 с.
9. **Krasnogorskaya N. N., Fachshevskaya T. B., Golovina A. V., Nechaeva T. V.** Monitoring of extremum runoff values of Belaya river // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века: 9-я международная научная конференция. — Минск, 2009. — С. 275—276.
10. **Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Головина А. В., Янгирова Э. Р., Нечаева Ц. В.** Анализ изменения максимальных расходов воды реки Белой как фактора обеспечения безопасности жизнедеятельности человека // Проблемы безопасности и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: VI республиканская научно-практическая конференция. — Уфа, 2009. — С. 18—20.
11. **Фашенский Б. В.** Основы экологической гидрологии. — Минск: Экоинвест, 1996. — 240 с.
12. **Газета "Коммерсант"** // www.kommersant.ru.
13. **Трансграничные** риски в бассейне Верхнего Амура // www.wgtm.ru.
14. **Газета "Амурская заря" "Водоканал":** проблемы и перспективы // http://www.amursk.ru/az/08/1029/14.htm.
15. В **Магнитогорске** кризис водопотребления: ограничивается подача воды // http://www.rustunnel.ru/newa/2023.html.
16. **Седьмой европейский транспортный коридор:** судоходные условия на Дунае // http://danube.riverships.ru/004-9.htm.
17. **Трансграничное** диагностическое исследование бассейна реки Днепр. 2005. — 91 с.
18. **Гареев А. М.** Реки и озера Башкортостана. — Уфа: Китап, 2001. — 260 с.
19. **Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Елизарьев А. Н., Головина А. В.** Оценка изменений водности реки Белой как фактора обеспечения безопасности жизнедеятельности человека // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 2. — С. 20—26.
20. **Исмайлов Г. Х., Федоров В. М.** Межгодовая изменчивость и взаимосвязь элементов водного баланса бассейна р. Волги // Водные ресурсы. — 2008. — Том 35. — № 3. — С. 259—277.
21. **Исмайлов Г. Х., Федоров В. М.** Оценка возможных антропогенных изменений стока р. Сырдарья на основе математической модели // Водные ресурсы. — 2007. — Том 34. — № 4. — С. 389—403.
22. **Беркович К. М., Злотина Л. В., Турькин Л. А.** Антропогенные деформации русла реки Белой // Эрозия почв и русловые процессы. — Вып. 13. — М., 2001. — С. 184—203.
23. **Беркович К. М.** Географический анализ антропогенных изменений русловых процессов. — М.: ГЕОС, 2001. — 164 с.
24. **Чернышов Ф. М.** Об изменении уровней воды при сохранении водности потока // Метеорология и гидрология. — 1980. — № 5. — С. 259—277.
25. **Башкортостан:** Краткая энциклопедия. — Уфа: Научное издательство "Башкирская энциклопедия", 1996. — 672 с.
26. **Спицкий В. В.** Из истории развития речного транспорта Республики Башкортостан // Вестник Башкирского университета. — 2007. — Т. 12. — № 2. — С. 81—82.
27. **Анализ** однородности рядов речного стока. Рекомендации. — Минск: ЦНИИКИВР, 1985. — 40 с.
28. **Лучшева А. А.** Практическая гидрология. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 424 с.
29. **Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Рогозина Т. А.** Оценка качества водных объектов в условиях антропогенного воздействия: Монография. — Уфа: Издательство УГАТУ, 2006. — 278 с.
30. **Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Головина А. В., Нечаева Ц. В., Янгирова Э. Р.** Анализ статистической однородности временных рядов уровней воды реки Белой // Наука, образование, производство в решении экологических проблем: Международной научно-технической конференции. — Уфа, 2009. — Том 2. — С. 39—58.

УДК 614.8

**Е. В. Старовойтова**, асп., **А. Д. Галеев**, канд. техн. наук,  
**С. И. Поникаров**, д-р техн. наук, проф.,  
 Казанский государственный технологический университет  
 E-mail: starovoitova@inbox.ru

## Исследование интенсивности парообразования сжиженного газа

*Рассмотрены экспериментальные данные по интенсивности парообразования азота и влиянию материала подложки пролива на процесс кипения сжиженного газа.*

**Ключевые слова:** кипение, сжиженный газ, эксперимент.

**Starovoitova E. V., Galeev A. D., Ponikarov S. I. Investigation of evaporation intensity of liquefied gas**

*Evaporation intensity experimental data of liquefied gas are presented. The influence of various materials of underlying surface on boiling process of liquefied gas from spillage is investigated.*

**Keywords:** boiling, liquefied gas, experimental data.

В период развития современного (техногенно-го) общества наблюдается устойчивая тенденция к росту чрезвычайных ситуаций в промышленности, многие из которых приводят к тяжелым последствиям. Данное обстоятельство связано с преимущественным использованием технологий наземного хранения токсичных и пожаро- и взрывоопасных веществ, постоянно возрастающими объемами их транспортировки, ростом износа основных производственных фондов, увеличением количества стихийных бедствий и террористических актов. Ущерб, наносимый чрезвычайными ситуациями, приводит к многочисленным жертвам.

На предприятиях России производятся и применяются, а также транспортируются большие объемы сжиженных газов. Следовательно, необходимо уделять внимание вопросам безопасности уже на стадии проектирования производственных объектов, при составлении технической и технологической документации. Выбор способов и методов повышения взрыво- и пожаробезопасности объектов со сжиженными газами должен проводиться на базе комплексного анализа и прогноза всех вероятных аварийных ситуаций и сопровождающих их физических процессов.

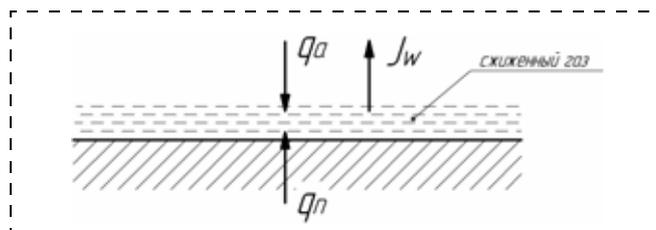
При аварийной разгерметизации оборудования, в котором находится сжиженный газ под

большим давлением, важно оценить количество веществ, поступивших в окружающую среду в единицу времени из пролива на поверхность. При проливе сжиженного газа одним из ключевых моментов является процесс кипения, характеризующийся тепловыми потоками от поверхности пролива и атмосферы к сжиженному газу и массовым потоком к жидкой фазе сжиженного газа (рис. 1).

В настоящее время имеются несколько подходов к описанию процессов кипения сжиженного газа и определения скорости поступления паров в атмосферу [1–4]. В работах [2, 3] для определения теплового потока от подстилающей поверхности использовалось аналитическое решение одномерного уравнения теплопроводности. Для решения задачи теплопроводности в многослойной подстилающей поверхности в работе [4] предложен метод интегрального теплового баланса, позволивший свести исходную систему дифференциальных уравнений в частных производных к системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка со стандартной процедурой решения на ЭВМ.

Для определения теплового потока от атмосферы использовались критериальные зависимости вида  $Nu = f(Re)$  или  $Nu = f(Re, Pr)$  [2, 3], где  $Nu$  — критерий Нуссельта;  $Re$  — критерий Рейнольдса;  $Pr$  — критерий Прандтля.

Модели, основанные на подобных зависимостях, не позволяют учитывать динамику турбулентного стратифицированного потока. Данные модели не учитывают локальное влияние на интенсивность испарения искажений воздушного



**Рис. 1.** Процессы, протекающие при кипении:  $q_a$  — тепловой поток к жидкой фазе сжиженного газа от атмосферы;  $q_n$  — тепловой поток к жидкой фазе сжиженного газа от подложки;  $J_w$  — массовый поток к жидкой фазе сжиженного газа

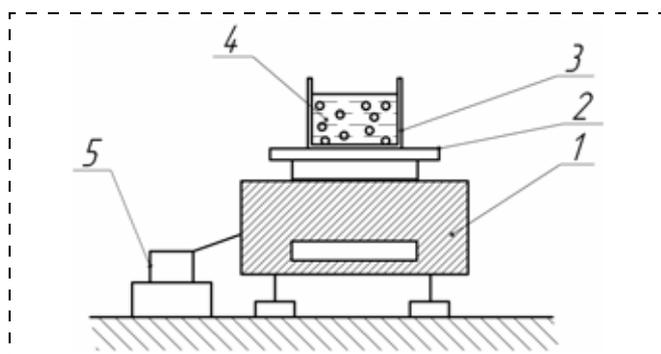


Рис. 2. Схема установки измерения интенсивности парообразования:

1 — электронные весы; 2 — подложка; 3 — чаша; 4 — сжиженный газ; 5 — секундомер

Таблица 1

Результаты эксперимента по варианту 1

Показания секундомера, $t_p$ , с	Показания электронных весов $m_p$ , г				
	Номер опыта				
	1	2	3	4	5
10	89	72	85	96	90
20	74	62	75	86	83
30	66	51	65	77	74
40	55	39	49	67	66
50	45	27	32	54	56
60	31	14	18	40	46
70	16	5	8	28	33
80	5	—	—	19	20
90	—	—	—	12	11
100	—	—	—	7	—
110	—	—	—	3	—

потока над зеркалом пролива, вызванных неоднородностью подстилающей поверхности или наличием зданий, сооружений, элементов оборудования. В работах [1, 4] для описания теплообмена аварийного пролива с атмосферой используют дифференциальные уравнения конвективного переноса теплоты и массы, однако определение коэффициента турбулентной диффузии при этом осуществляется через эмпирические корреляции, что ограничивает возможность использования данной модели для условий сложного рельефа местности и промышленной застройки.

Цель описываемого эксперимента состояла в исследовании специфики процесса кипения сжиженного газа при аварийных проливах.

В качестве модельного сжиженного газа использовали сжиженный азот с температурой кипения  $T_k = -195,8 \text{ }^\circ\text{C} = 77,35 \text{ K}$ . Схема применяемой установки приведена на рис. 2.

На электронные весы марки AND EK-610i с пределом погрешности  $\pm 0,03 \text{ г}$  устанавливали подложку из пробкового материала (коэффициент теплопроводности  $\lambda_{\text{ТВ}} = 0,044 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; удельная теплоемкость  $C_p = 1680 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ ; плотность

$\rho = 120 \text{ кг/м}^3$ ). В качестве сосудов при проведении эксперимента поочередно использовали чаши диаметром 109 мм, изготовленные из стекла ( $\lambda_{\text{ТВ}} = 1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ;  $C_p = 840 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ ;  $\rho = 2590 \text{ кг/м}^3$ ) — вариант 1 и меди ( $\lambda_{\text{ТВ}} = 384 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ;  $C_p = 385 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ ;  $\rho = 8800 \text{ кг/м}^3$ ), которые помещали на подложку. Влиянием слоя меди медной чаши в силу ее высокой теплопроводности и малой толщины (2 мм) пренебрегали (доля вклада меди с коэффициент теплопередачи составляет 0,011 %) и рассматривали влияние пробкового материала подложки (вариант 2) на процесс кипения.

В чаши поочередно наливом из сосуда Дьюара помещали сжиженный газ. Количество испарив-

Таблица 2

Результаты эксперимента по варианту 2

Показания секундомера $t_p$ , с			Показания электронных весов $m_p$ , г		
Номер опыта			Номер опыта		
1	2	3	1	2	3
10	10	10	156	169	139,89
20	20	20	146	159	130,59
30	30	30	139	150	123,98
40	40	40	133	145	118,79
50	50	50	126	138	112,38
60	60	60	124	136	110,19
70	70	70	122	134	108
80	80	80	121	132	105,82
90	90	90	119	131	103,67
100	100	100	117,58	129	101,54
110	110	110	115	127	99,46
120	120	120	114	126	97,42
130	130	130	112	124,5	95,42
140	140	140	111,2	123	93,48
150	150	150	109,5	121	91,51
160	180	160	107,5	116,8	89,47
170	240	170	105,8	107,08	87,57
180	300	180	104	98,08	85,67
190	360	190	102,4	89,08	83,94
200	420	200	100,9	80,4	82,12
210	480	210	99,1	71,88	80,27
220	540	220	97,6	63,3	78,39
230	600	230	96	55,03	76,73
240	660	240	94,6	46,8	74,84
250	720	250	92,93	37,78	73,23
260	780	260	91,4	29,8	71,45
270	840	270	89,6	21,68	69,72
280	900	280	88,2	13,8	68,02
290	960	290	86,62	5,88	66,34
300	—	300	85,3	—	64,75
310	—	310	83,7	—	63,03
320	—	320	82,38	—	61,29
330	—	330	80,68	—	59,72
360	—	340	76,04	—	58,07
420	—	350	67,29	—	56,43
480	—	360	58,88	—	54,84
540	—	370	50,52	—	53,24
600	—	380	42,18	—	51,73
660	—	390	33,92	—	49,97
720	—	400	25,8	—	48,36
780	—	410	17,58	—	46,79
840	—	420	9,3	—	45,23
900	—	430	1,46	—	43,57

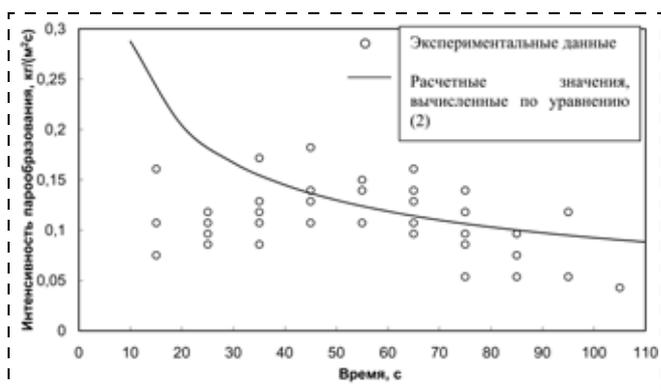


Рис. 3. Сравнение экспериментальных данных с расчетами, выполненными по уравнению (2) по варианту 1

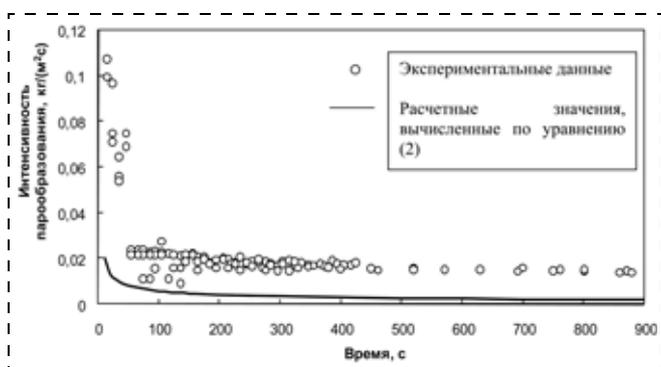


Рис. 4. Сравнение экспериментальных данных с расчетами, выполненными по уравнению (2) по варианту 2

шегося в окружающую среду сжиженного газа измеряли по показаниям электронных весов, при этом фиксировали время при помощи секундомера СОСпр-26-2-000 с погрешностью 0,1 с. На момент эксперимента температура окружающей среды составляла 20 °С, и скорость воздуха в помещении — 0,5 м/с (термоанемометр АТТ-1004), давление — 101,3 кПа (барометр-анероид БАММ-1, предел допустимой основной погрешности 0,2 кПа с ценой деления 0,1 кПа). Полученные значения представлены в табл. 1 и 2.

Исходя из полученных значений, представленных в табл. 1 и 2, определяем интенсивность парообразования сжиженного газа по следующей зависимости:

$$W_{\text{исп}} = \frac{\Delta m}{S_{\text{прол}} \Delta t}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  — разность массы испарившегося сжиженного газа, кг;  $\Delta m = m_i + m_{i+1}$ ;  $S_{\text{прол}}$  — площадь пролива, м<sup>2</sup> ( $S_{\text{прол}} = \pi D^2/4 = 0,009327$  м<sup>2</sup>, где  $D$  — диаметр чаши, равный 0,109 м);  $\Delta t$  — интервал времени, с;  $\Delta t = t_i - t_{i+1}$ .

Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 3, 4. Для сравнения на рисунках приведены расчеты по уравнению [2]:

$$W_{\text{исп}} = (M/L)(T_0 - T_{\text{ж}})(\lambda_{\text{ТВ}}/\sqrt{\pi a t} + \lambda_{\text{В}} \text{Nu}/d), \quad (2)$$

где  $M$  — мольная масса сжиженного газа, кг/моль;  $L$  — мольная теплота испарения сжиженного газа, Дж/моль;  $T_0$  — температура твердой фазы, К;  $T_{\text{ж}}$  — температура жидкой фазы (принималась равной  $T_{\text{к}}$ ), К;  $\lambda_{\text{ТВ}}$  — коэффициент теплопроводности твердого материала, Вт/(м · град);  $a$  — коэффициент температуропроводности твердой фазы, м<sup>2</sup>/с;  $t$  — время, с;  $\lambda_{\text{В}}$  — коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м · град);  $d$  — характерный размер пролива сжиженного газа, м.

В начальный момент времени наблюдалось "бурное" кипение азота. Это объясняется большой разностью температур между температурой кипения азота и температурой подложки (процесс захлаживания поверхности). В случае нахождения сжиженного азота в стеклянной чаше наблюдался явно выраженный нестационарный характер протекания процесса кипения с максимальным значением интенсивности парообразования 0,1823 кг/(м<sup>2</sup> · с). На пробковом материале (в случае использования чаши из меди) этот характер слабо выражен в связи с меньшим коэффициентом теплопроводности. По мере протекания процесса устанавливалось "спокойное" кипение азота, выходящее на стационарный режим.

Из рассмотренного ранее можно сделать следующие выводы.

1. При сравнении значений экспериментальных результатов для низкокипящей жидкости, например азота, по варианту 2 с полученными по расчетной зависимости (2) видно, что расчетные данные по интенсивности парообразования, рассчитанные по уравнению (2) ниже чем экспериментальные значения на 89 % (в начальный момент эта величина достигает 414 %).

2. При сравнении значений по интенсивности парообразования по варианту 1 из графиков видно, что характер изменения интенсивности испарения в ходе эксперимента отличен от поведения кривой, построенной по данным, полученным по зависимости (2) [2].

#### Список литературы

1. Едигаров А. С. Численное моделирование аварий на хранилище сжиженного нефтяного газа высокого давления // Математическое моделирование. — 1995. — Т. 7. — № 4. — С. 3—18.
2. Математическая модель испарения сжиженных углеводородных газов со свободной поверхности / Шебеко Ю. Н., Шевчук А. П., Смолин И. М., Колосков В. А. // Химическая промышленность. — 1992. — № 7. — С. 404—408.
3. Воротилин В. П., Горбулин В. Д. Математическая модель процесса испарения сжиженного газа при его аварийном развитии на открытых пространствах // Химическая промышленность. — 1992. — № 6. — С. 42—47.
4. Сафонов В. С., Одишария Г. Э., Швыряев А. А. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. — М.: НУМЦ Минприроды России, 1996. — 208 с.

УДК 378

**В. С. Ванаев**, канд. техн. наук, доц., **А. Ф. Козьяков**, канд. техн. наук, проф.,  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
E-mail: E9@mx.bmstu.ru

## История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана с 2009 года. Павлихин Геннадий Петрович

*Продолжение публикаций "Безопасность жизнедеятельности", № 10, 2008, № 3, 5, 7, 9, 10 2009 и № 2, 4 2010 по истории кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приведены сведения о Павлихине Г. П., который стал заведующим кафедрой с 2009 г.*

**Ключевые слова:** техника безопасности, кафедра, жизнедеятельность, экология, промышленная безопасность, охрана труда.

**Vanaev V. S., Kozjakov A. F. Chair "Ecology and Industrial safety" MSTU of name N. E. Bauman since 2009. Pavlihin Gennadiy Petrovich.**

*There are the continuations of the articles from "Safety of activity", № 10, 2008, N 3, 5, 7, 9, 10 2009 and № 2, 4 2010 about the chair's history "Ecology and Industrial safety" MSTU of name N. E. Bauman. Information about Pavlihin G. P. as chair's manager on since 2009 is given.*

**Keywords:** safety (laws), chair, activity, ecology, industrial safety, protection of labour.



**ПАВЛИХИН**  
Геннадий Петрович

С января 2009 года заведующим кафедрой "Экология и промышленная безопасность" стал доктор технических наук, профессор Геннадий Петрович Павлихин, избранный по конкурсу 15.12.2008 г. Исконный бауманец, он прошел в стенах училища-университета путь от студента до проректора и заведующего кафедрой.

Геннадий Петрович Павлихин родился 11 января 1941 г. в г. Ступино Московской области. После окончания семилетней школы города Кагано-

вич (ныне — Кашира-2) поступил в Ступинский авиационно-металлургический техникум, который закончил в 1959 г. по специальности "Фасонное литье цветных металлов". В 1959—1960 гг. работал на Каширском заводе металлоконструкций слесарем, разметчиком и инженером-технологом. С 1960 г. служил в рядах Советской Армии, в Тульском артиллерийском училище, где впервые увидел действующие образцы ракетной техники. Это впоследствии при обучении в вузе определило выбор его специальности. Во время службы в училище Г. П. Павлихин за разработку и внедрение действующего макета гироскопа был удостоен третьего места на смотре-конкурсе рационализаторов и изобретателей Московского военного округа. Это событие оставило приятные воспоминания у Геннадия Петровича. Сертификат призер конкурса ему вручал заместитель командующего ракетными войсками и артиллерией округа генерал-майор В. В. Чапаев, сын легендарного героя гражданской войны Василия Ивановича Чапаева. Во время демонстрации прибора, как вспоминает Г. П. Павлихин, генерал сказал ему: "Ефрейтор, не тушуйся даже перед полковниками. Помни, что сегодня ты ефрейтор, а спустя некоторое время, может быть, будешь директором".

В 1963 г. Г. П. Павлихин поступил в МВТУ им. Н. Э. Баумана на специальность "Ракетные двигатели". С третьего курса начал заниматься научной работой. Принимал активное участие в экспериментальных исследованиях по теплообмену в пористых металлах. По окончании училища в 1969 г. он начал работать инженером кафедры "Ракетные двигатели" в группе, которую возглавлял доцент кафедры С. В. Белов. Редкий в истории училища случай, но уже в том же году Геннадий Петрович начал работать в приемной экзаменационной комиссии по математике, в которой он проработал десять лет и закончил в должности заместителя председателя этой комиссии.



В 1974 г. Г. П. Павлихин защитил кандидатскую диссертацию на тему "Исследование особенностей гидродинамики жидкостей в капиллярных каналах" под научным руководством С. В. Белова. Сразу же после защиты диссертации заведующий кафедрой "Ракетные двигатели" профессор В. М. Кудрявцев назначил его своим заместителем по одному из направлений. На кафедре в то время работало более 200 сотрудников, и Геннадий Петровичу пришлось уделять много времени работе по переоснащению исследовательских и учебных стендов и обеспечению их современными средствами измерений. Одновременно с 1974 г. Геннадий Петрович начал работать преподавателем-почасовиком кафедры "Высшая математика".

Несмотря на снижение интенсивности научных исследований (вследствие большой административной загрузки), Г. П. Павлихин продолжал под руководством С. В. Белова заниматься научными исследованиями в области гидродинамики жидкостей в пористых материалах, поэтому он принял в декабре 1975 г. предложение своего научного руководителя перейти преподавателем на кафедру "Охрана труда", которую тот несколько дней назад согласился возглавить.

С января 1976 г. Г. П. Павлихин начал работать старшим преподавателем кафедры и сразу же стал читать курс лекций "Охрана труда", проводить лабораторные работы, консультировать дипломников по разделу "Охрана труда" и работать в Государственной экзаменационной комиссии, ныне Государственная аттестационная комиссия (ГАК).

В 1977 г. ответственный за работу факультета повышения квалификации (ФПК) "Охрана труда" Ф. А. Барбинов предложил ввести на ФПК новый курс "Защита водоемов от загрязнений". Руководство кафедры поручило его разработку Г. П. Павлихину, что в значительной степени совпадало с тематикой его научных интересов. С тех пор Геннадий Петрович читает этот курс для студентов по специальностям кафедры "Экология и промышленная безопасность".

В 1980 г. в жизни Геннадия Петровича произошли два важных события. Первое событие связано с организацией на кафедре отраслевой научно-исследовательской лаборатории, где Г. П. Павлихин возглавил одно из ее научных направлений: гидродинамика криогенных жидкостей и их очистка от примесей фильтрованием. С этого момента он возглавил небольшую научную группу, стал руководителем хоздоговорных научно-исследовательских работ и, как правило, два дня в неделю работал в НПО Криогенмаш, на территории которого рас-

полагались четыре экспериментальные установки по возглавляемой им тематике. Второе событие было связано с его общественным признанием. Все годы учебы и работы в МВТУ им. Н. Э. Баумана Г. П. Павлихин активно участвовал в общественной работе. В 1980 г. он был избран секретарем партийного комитета факультета "Энергомашиностроение", что накладывало на него дополнительные обязательства и требовало много времени.

Тем не менее, в это же время он начинает работать в ВИНТИ внештатным референтом-переводчиком в реферативном журнале "Охрана окружающей среды и рациональное воспроизводство природных ресурсов". В его обязанности входил перевод с английского языка научно-технических статей по очистке сточных вод и составление краткого реферата. Это был источник дополнительной информации по научно-педагогической тематике и хорошая языковая практика, которая очень пригодилась ему при работе первым в истории МГТУ им. Н. Э. Баумана проректором по международным связям.

За шесть лет работы отраслевой лаборатории под руководством Г. П. Павлихина было выполнено семь хоздоговорных работ, опубликовано около тридцати научных статей и получены тринадцать авторских свидетельств на изобретения. Параллельно, с 1985 г. Геннадий Петрович возглавил хоздоговорную научно-исследовательскую тему по разработке конструкций фильтров для НПО "Энергомаш". За пять лет работы с этим предприятием под руководством Г. П. Павлихина были спроектированы, изготовлены и внедрены несколько конструкций фильтров для жидкостной двигательной установки.

В июне—июле 1988 г. Г. П. Павлихин находился на научной стажировке в Лондонском университете на кафедре "Гражданские инженерные сооружения", несколько профессоров и аспирантов которой проводили фундаментальные и прикладные исследования по теории фильтрования жидкостей (в основном, сточной и питьевой воды) и по выбору свойств и параметров тонкой очистки. Указанная стажировка позволила Геннадию Петровичу провести эксперименты, а также ознакомиться с системой университетского образования в Англии. Кроме того, такие поездки, как правило, позволяют объективно оценить и систему подготовки инженеров в своем вузе.

В 1988 г. Г. П. Павлихин был удостоен второй премии на конкурсе научных работ, организованном Государственным комитетом СССР по народному образованию и ЦК профсоюза работников



просвещения, высшей школы и научных учреждений за "Разработку и внедрение методов и устройств безопасной эксплуатации криогенных систем".

В августе 1990 г. кафедра "Экология и промышленная безопасность" набрала группу инженеров для получения ими второго высшего образования в области промышленной экологии. Руководство этой работой было поручено Г. П. Павлихину. Им были составлены учебный план и программы, организованы занятия, посещение промышленных предприятий и т. п. В июне 1991 г. вся группа успешно защитила дипломные работы, причем практически все дипломники выполняли реальные проекты для своих предприятий. В том же году впервые на кафедре была собрана группа студентов седьмого года обучения, для которых Геннадий Петрович читал лекции по защите водоемов от загрязнений.

В декабре 1991 г. Геннадий Петрович Павлихин начал работать проректором по международным связям МГТУ им. Н. Э. Баумана. На кафедре он работал преподавателем-почасовиком, читал лекции, проводил курсовое и дипломное проектирование, руководил аспирантами. Конечно, вследствие большой административной загрузки Г. П. Павлихин стал реже бывать на кафедре, но в середине 1990-х гг. он заметно увеличил научную активность. В январе 1998 г. он защитил докторскую диссертацию и начал работать на кафедре на полставки профессора. В начале 2000-х гг. под его руководством три выпускника кафедры "Экология и промышленная безопасность" Е. Л. Митюшкина, Д. Ю. Килимник и А. Н. Гречушкин защитили кандидатские диссертации. Причем первые двое выполняли экспериментальные исследования в зарубежных университетах на современных установках с использованием качественных систем измерения и обработки экспериментальных данных.

За активную и плодотворную работу Геннадий Петрович Павлихин неоднократно награждался государственными наградами. Указом Президиума Верховного Совета СССР от 20 августа 1986 г. Г. П. Павлихин награжден медалью "За трудовую доблесть". За долголетний, добросовестный труд от имени Президиума Верховного Совета СССР решением исполкома Московского Городского Совета народных депутатов от 13 декабря 1988 г. Г. П. Павлихин награжден медалью "Ветеран труда". Указом Президента Российской Федерации от 26 февраля 1997 г. Г. П. Павлихин награжден медалью "В память 850-летия Москвы".

На основании решения Ученого совета МГТУ им. Н. Э. Баумана от 27.06.2005 г. (протокол № 10)

Павлихин Геннадий Петрович, проректор по международным связям, доктор технических наук награжден почетным знаком "За заслуги перед Университетом". Постановлением № 470 от 30 июля 2005 г. Павлихин Г. П. удостоен премии Правительства Российской Федерации за работу "Разработка и реализация концепции международного сотрудничества высшей школы России".

Но самой необычной наградой Геннадия Петровича является звание шевалье (рыцарь) "Академических пальм", присвоенное ему указом Премьер-министра Французской республики от 01.10.2005 г. Орден Академических пальм был учрежден в 1804 г. Наполеоном I для награждения за особые заслуги в области просвещения [1]. Орден ежегодно присуждается французским гражданам, а также гражданам иностранных государств. Награду, представляющую собой фиолетовую орденскую ленточку и две пальмы фиолетового цвета на эмали в виде вытянутой короны, также называют "Фиолетовым орденом Почетного легиона". Высшей степени ордена — "кавалер" — удостоивают выдающихся деятелей образования в возрасте не моложе 35 лет, работающих в данной сфере не менее 15 лет.

В январе 2008 г. приказом ректора МГТУ им. Н. Э. Баумана, Председателя учебно-методического объединения машиностроительных вузов, И. Б. Федорова Г. П. Павлихин был назначен, вместо ушедшего на пенсию профессора С. В. Белова, председателем научно-методического Совета "Техносферная безопасность". Начав работать в этой должности, Геннадий Петрович убедился, что многие аналогичные кафедры других вузов очень динамично развиваются за последние годы и необходимо предпринять определенные усилия по увеличению реализации потенциала кафедры "Экология и промышленная безопасность". Поэтому после объявления конкурса на замещение вакантной должности заведующего кафедрой "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана Г. П. Павлихин подал необходимые документы и 15 декабря 2008 г. на заседании Ученого Совета Университета был единогласно избран заведующим кафедрой.

При обсуждении своей кандидатуры на заседании кафедры Геннадий Петрович поставил следующие первоочередные задачи:

— организация Докторского диссертационного Совета по специальностям "Экология", "Охрана труда";

— завершение работы по доработке государственных образовательных стандартов;



— подготовка и издание новых учебников по охране окружающей среды, соответствующих новым государственным образовательным стандартам;

— привлечение работников промышленности к проведению различных форм учебного процесса на кафедре;

— реформирование составов ГАК, в которых не включены половина профессоров кафедры;

— организация на кафедре второго высшего образования по специальностям "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов" и "Безопасность жизнедеятельности";

— более широкое участие сотрудников кафедры в конкурсах на получение учебно-методических и научно-технических грантов, в том числе международных;

— организация на кафедре учебно-методического центра по переподготовке и повышению квалификации специалистов отраслевых министерств и ведомств;

— дальнейшее развитие учебной и научно-исследовательских лабораторий, в первую очередь, оснащение их современными стендами и средствами измерений и обработки информации;

— разработка и размещение на сайте кафедры методических указаний по выполнению всех курсовых проектов кафедры;

— написание и размещение на сайте кафедры основных кафедральных курсов лекций;

— подбор кадрового резерва по различным направлениям деятельности кафедры и постоянная работа с ним.

В это время МГТУ им. Н. Э. Баумана имел лицензию на обучение аспирантов кафедры "Экология и промышленная безопасность" по трем специальностям: экология, охрана труда, пожарная и промышленная безопасность. Однако диссертационный совет работал только по последней специальности, по которой (непонятно почему) никто не обучался. В марте 2009 г. был сформирован Докторский диссертационный совет по первым двум специальностям.

В самые первые дни руководства кафедрой Геннадий Петрович уделил серьезное внимание привлечению к учебному процессу специалистов из организаций по проектированию, эксплуатации и контролю сооружений, предназначенных для уменьшения вредного воздействия различных процессов на человека и окружающую среду. Действительно, люди, обладающие опытом практической работы как в области охраны окружающей среды, так и безопасности жизнедеятельности, наряду с теоретическими основами процессов защиты от

вредных воздействий могут донести до студента, будущего специалиста, и особенности проектирования и эксплуатации защитных сооружений. В этой связи был пересмотрен состав обеих ГАКов, в составе которых почему-то не было некоторых профессоров кафедры. Председателем ГАК по специальности "Безопасность жизнедеятельности" начал работать известный специалист в этой области, начальник отдела "Менеджмент риска" НТЦ "Промбезопасность", д-р техн. наук, проф. Лисанов Михаил Вячеславович.

В деятельности кафедры любого российского вуза большое значение имеет ее участие в конкурсах различных грантов как на научно-исследовательские, так и на учебно-методические работы. Поэтому перед сотрудниками кафедры была поставлена задача поиска возможных путей участия в таких конкурсах. В марте 2009 г. была направлена заявка в Комиссию Европейского Союза на проект "Разработка учебного плана и программ подготовки магистров по очистке воды" с участием четырех европейских и одиннадцати российских участников проекта. От российской стороны проект возглавляет заведующий кафедрой "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана, профессор Г. П. Павлихин. В ноябре 2009 г. этот проект продолжительностью три года получил грант Комиссии Европейского Союза.

Важным фактором в развитии кафедры является оснащение ее современными стендами и средствами измерения и обработки результатов экспериментов. Поэтому часть средств, получаемых за дополнительные образовательные программы, стала направляться на приобретение требуемого экспериментального оборудования и приборов. В ноябре 2009 г. кафедра получила десять компьютеров для оснащения учебной лаборатории.

Сразу после избрания Г. П. Павлихин, наряду с решением вышеуказанных задач, начал активно заниматься, как заведующий кафедрой и председатель учебно-методического Совета "Техносферная безопасность", подготовкой IV Всероссийского совещания заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды. В назначенный срок совещание успешно прошло [2].

В июне 2009 г. на заседании кафедры "Экология и промышленная безопасность" подводились итоги учебно-методической и научно-исследовательской работы за 2008/09 учебный год. Было подчеркнуто, что учебная работа кафедры включает в себя следующие основные вопросы:



— подготовка и выпуск дипломированных специалистов по специальности "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов";

— подготовка и выпуск дипломированных специалистов по специальности "Безопасность жизнедеятельности";

— чтение общеуниверситетского курса "Экология" для студентов всех специальностей;

— чтение общеуниверситетского курса "Безопасность жизнедеятельности" и проведение лабораторных работ для студентов всех специальностей;

— консультирование дипломного проектирования студентов по разделам "Охрана окружающей среды" и "Безопасность жизнедеятельности";

— участие преподавателей кафедры в работах ГАК всех специальностей университета;

— руководство аспирантами.

Кроме того, кафедра выполняет большой объем методической, научной и организационной работы, основными элементами которой являются:

— разработка новых, а также модернизация существующих лабораторных работ, подготовка и написание методических указаний по их выполнению;

— подготовка и издание методических пособий по расчетам основных технологических процессов по охране окружающей среды и БЖД;

— подготовка и издание учебных пособий и учебников как по отдельным курсам, так и в целом по специальности;

— написание отзывов и рецензий по учебным пособиям и учебникам, подготовленным авторскими коллективами других вузов;

— участие в разработке третьего поколения Федеральных государственных образовательных

стандартов высшего профессионального образования по укрупненному направлению "Техносферная безопасность" для бакалавров и магистров;

— формирование и размещение в электронном университете учебно-методических комплексов;

— разработка методических указаний по организации и проведению практик для студентов кафедры;

— постоянная работа по модернизации и совершенствованию сайта кафедры;

— работа по организации нового набора через участие в программе "Шаг в будущее", работа со школами и т. п.;

— организация и проведение ежегодной научной конференции для студентов и аспирантов;

— участие в работе журналов "Безопасность жизнедеятельности" и "Техносферная безопасность";

— подготовка и публикация учебно-методических статей по использованию компьютерных и инновационных технологий в преподавании.

Все эти задачи в 2009/10 учебном году кафедра решает профессорско-преподавательским и административным коллективом в составе 60 человек.

#### Список литературы

1. **Г. П. Павлихин** — кавалер ордена Академических пальм / Фото и текст Л. Некрасовой // Бауманец. Газета Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана. — 2007. — № 13 (3459). — 24 декабря. — С. 2.
2. **Материалы IV** Всероссийского совещания заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды и Юбилейной Учебно-Методической Конференции, посвященной 20-летию дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", 21—26 сентября 2009 г. — Под ред. Павлихина Г. П. и Девисилова В. А. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 263 с.

## ИНФОРМАЦИЯ

В Приложении к журналу со следующего номера будет продолжена публикация учебного пособия "Ноксология" авторов С. В. Белова и Е. Н. Симаковой.

В выпуске 3 — Теоретические основы ноксологии.

В выпусках 4 и 5 — Основы защиты от опасностей.

В выпусках 6 и 7 — Мониторинг опасностей; Оценка ущерба от опасностей; Перспективы развития человеко- и природозащитной деятельности

## О межгосударственном стандарте "Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования".

С 1 июня 2008 г. введен в действие ГОСТ 31192.1—2004 (ИСО 5349-1:2001). В разделе "Область применения стандарта" отмечается, что стандарт устанавливает общие требования по измерению и представлению результатов измерений локальной вибрации в трех взаимно ортогональных направлениях, определяет форму частотной коррекции, применяемую при оценке воздействия локальной вибрации, и устанавливает основной параметр, используемый для нормирования вибрации на национальном уровне.

Разъясняется, что получаемые оценки могут быть использованы для предсказания негативных эффектов воздействия локальной вибрации в диапазоне частот 5,6...1400 Гц (т. е. диапазоне, покрываемом последовательным набором третьоктавных полос со среднеквадратическими частотами от 6,3 до 1250 Гц).

Подчеркивается, что стандарт распространяется на все виды вибрации: периодическую, случайную, переходные процессы.

В разделе стандарта "Нормативные ссылки" дается перечень стандартов, использованных в ГОСТ 31192.1—2004.

В разделе "Термины и определения" дается ссылка на ГОСТ 12.1.012—2004, ГОСТ ИСО 8041—2006 и ГОСТ 24346—80.

В разделе "Измерение локальной вибрации" отмечается, что метод оценки, установленный в новом стандарте, учитывает следующие факторы, влияющие на восприятие человеком локальной вибрации в производственных условиях:

- частотный спектр вибрации;
- уровень вибрации;
- длительность воздействия в течение рабочего дня;
- суммарное воздействие вибрации, накопленное к определенному моменту времени в течение трудовой деятельности.

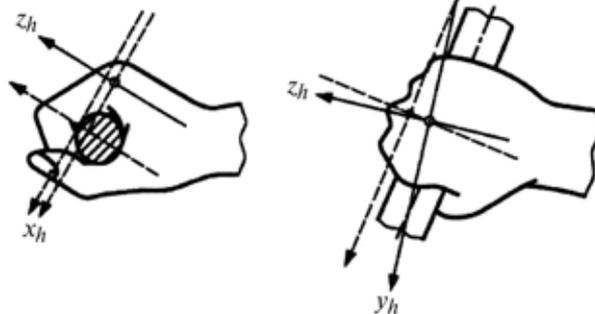
Другие факторы, которые могут оказать влияние на эффекты, связанные с воздействием вибрации, перечислены в приложении D стандарта.

Согласно требованиям рассматриваемого ГОСТ 31192.1—2004, измере-

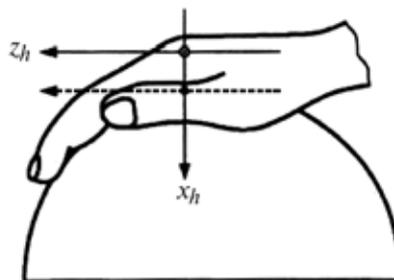
ние локальной вибрации должно проводиться с помощью средств измерений, удовлетворяющих требованиям ГОСТ ИСО 8041—2006. Работоспособность аппаратуры должна контролироваться до и после проведения серии измерений. Средства измерений должны быть проверены в соответствии с национальной метрологической схемой.

Согласно требованиям подраздела "Измерительное оборудование" стандарта в качестве датчика вибрации может быть использован акселерометр общего назначения (при измерениях вибрации, создаваемой инструментами и машинами безударного действия) или акселерометр, специально предназначенный для измерения больших пиковых ускорений (создаваемых инструментами ударного действия).

Отмечается, что датчики вибрации должны выдерживать действие вибрации в широком диапазоне амплитуд, сохраняя при этом стабильность своих характеристик. Размеры и масса датчика долж-



а) Положение «сжатая ладонь» (кисть обхватывает цилиндрическую рукоятку)



Обозначения:

- биодинамическая система координат;
- базицентрическая система координат

б) Положение «плоская ладонь» (кисть нажимает на сферическую поверхность)

Система координат, связанная с кистью руки



ны быть такими, чтобы, с одной стороны, его установка не влияла на измеряемую вибрацию и на работу самой машины и, с другой, позволять точно определить положение точки, в которой производят измерения вибрации.

Более подробные рекомендации по выбору датчиков приведены в ГОСТ 31192.2—2004. Согласно ГОСТ 31192.1—2004 локальную вибрацию следует измерять в направлении осей ортогональной системы координат, как показано на рисунке. Обращается внимание, что желательно измерять вибрацию во всех трех направлениях одновременно. Допустимо проведение измерений вдоль каждой оси по очереди при условии, что рабочие условия от измерений к измерению остаются неизменными.

Согласно стандарту измерения следует проводить на вибрирующей поверхности по возможности ближе к центру области обхвата рукой машины, инструмента или обрабатываемой детали. Местоположение датчиков должно быть зафиксировано, так как в зависимости от местоположения точки измерения на вибрирующей поверхности уровень вибрации может изменяться весьма существенно.

Подчеркивается, что крепление датчиков должно быть жестким. Практическое руководство по креплению датчиков в сложных ситуациях (например, в случаях упругой вибрирующей поверхности или вибрации импульсивного вида), а также по использованию адаптера дано в ГОСТ 31192.2—2004.

Особо отмечается, что измеренное значение вибрации зависит от способа приложения усилия к вибрирующей поверхности, поэтому измерения вибрации следует проводить при таких усилиях обхвата, которые характерны для контакта руки с вибрирующей поверхностью машины, рукоятки или обрабатываемой детали в типичных условиях применения инструмента или для типичного технологического процесса.

По возможности рекомендуется измерять и фиксировать силу, с которой рука действует на область контакта с вибрирующей поверхностью. Рекомендуется также дать описание позы оператора для конкретных условий измерения или для данного рабочего процесса. Основным параметром, используемым для характеристики уровня вибрации, согласно стандарту является среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения, выражаемое в метрах на секунду в квадрате. Для его измерения требуются соответствующие полосовые и весовые фильтры.

Среднеквадратичное значение получают в результате выполнения операции интегрирования без использования временных весовых функций:

$$a_{hw} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_{hw}^2(t) dt \right]^{1/2},$$

где  $a_{hw}$  — среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения в одном направлении действия локальной вибрации,  $\text{м/с}^2$ ;  $a_{hw}(t)$  — мгновенное значение скорректированного виброускорения в одном направлении действия локальной вибрации в момент времени  $t$ ,  $\text{м/с}^2$ .

Время интегрирования  $T$  должно быть выбрано таким образом, чтобы оно могло охватить характерный участок вибросигнала (см. ГОСТ 31192.2—2004).

Обращается внимание, что при проведении измерений для различных практических целей (например, исследования эффективности средств виброзащиты или способов снижения виброактивности инструмента с помощью разных технических средств) настоятельно рекомендуется измерять также частотный спектр вибрации. Кроме того, значение частотного спектра позволяет более точно характеризовать получаемое в процессе воздействия локальной вибрации повреждение здоровья.

Разъясняется, что установленный в стандарте метод оценки исходит из предположения, что вибрация в каждом из направлений оказывает одинаково вредное воздействие на оператора. Поэтому измерения необходимо проводить во всех трех направлениях. При этом отдельно должны быть зафиксированы среднеквадратичные значения скорректированных виброускорений  $a_{hw_x}$ ,  $a_{hw_y}$ ,  $a_{hw_z}$ .

Полную вибрацию следует определять как корень из суммы квадратов трех составляющих вибрации:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2}.$$

Когда осуществить измерения вибрации по всем трем направлениям не представляется возможным, измерения проводят только в одно или двух направлениях, при этом в их число должно быть включено то, по которому вибрация максимальна (если это можно заранее установить). При этом полное значение вибрации получают исходя из имеющихся результатов измерений, особое внимание уделяя правильному выбору коэффициента перевода в полную вибрацию. Для получения полной вибрации измеренное значение вибрации по направлению, где она максимальна, должно быть умножено на коэффициент от 1,0 до 1,7 (рекомендации по выбору коэффициента даны в ГОСТ 31192.2—2004). Значение коэффициента перевода в полную вибрацию и обоснование его выбора должны быть зафиксированы вместе с измеренной составляющей (или составляющими) вибрации.



В разделе стандарта "Характеристики воздействия локальной вибрации" комментируется понятие длительности вибрационной экспозиции и в частности вибрационной экспозиции за смену. Чтобы облегчить сравнение между вибрационными экспозициями различной длительности, вибрационную экспозицию за смену выражают через полную скорректированную вибрацию  $a_{hv}(eq, 8h)$ , энергия которой эквивалентна энергии вибрации непрерывного восьмичасового воздействия (для удобства далее вместо приведенного выше обозначения используется  $A(8)$ ):

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}},$$

где  $T$  — общая длительность вибрационной экспозиции (при значении полной вибрации  $a_{hv}$ ;  $T_0$  — базовое значение длительности, равное 8 ч (28800 с).

Если условия работы таковы, что, относительно воздействия вибрации, ее можно разбить на несколько операций с разными уровнями вибрации, вибрационная экспозиция за смену может быть получена по формуле:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i},$$

где  $a_{hvi}$  — полная вибрация для  $i$ -й операции;  $n$  — общее число отдельных воздействий вибрации;  $T_i$  — длительность  $i$ -й операции.

Составляющие  $A(8)$  должны быть зафиксированы по отдельности.

В разделе стандарта "Данные о проведенных измерениях" приведен перечень данных для включения в протокол измерения вибраций. Он включает в себя следующие данные:

- субъект воздействия вибрации;
- операции, вызывающие воздействие вибрации;
- инструмент, вставной инструмент или обрабатываемая деталь, для которых проводили измерения;
- местоположение и ориентация датчиков вибрации;
- измеренные скорректированные среднеквадратичные значения виброускорения по каждому направлению измерений;
- значение полной вибрации для каждой операции;
- полную длительность вибрационной экспозиции для каждой операции;
- вибрационную экспозицию за смену.

Если измерения по всем трем координатным осям не выполняли, должен быть указан коэффициент перевода в полную вибрацию с обоснованием его выбора.

В обязательном приложении А представлены характеристики частотной коррекции и полосовой фильтрации, а также порядок преобразования результатов измерения вибрации в третьоктавных полосах в скорректированное значение виброускорения с соответствующими справочными материалами.

В справочное приложение В включены материалы о влиянии локальной вибрации на человека (заболевания сосудистой системы, нервной системы, опорно-двигательного аппарата, а также приведен словарь соответствующих медицинских терминов).

В справочном приложении С рассматривается связь между воздействием вибрации и ее влиянии на здоровье человека. Здесь представлены данные для определенного критерия вибрационного воздействия с точки зрения опасности причинения вреда человеку вследствие действия локальной вибрации для различных профессиональных групп.

В справочном приложении Д дан перечень факторов, которые могут оказывать влияние на степень воздействия локальной вибрации в условиях производства.

В справочном приложении Е представлены профилактические санитарные, технические и организационные мероприятия, направленные на снижение влияния производственных вибраций на работающих.

В справочном приложении F приведено руководство по предоставлению дополнительной информации с целью обеспечить наиболее точную оценку воздействия вибраций на человека, в частности рекомендуется давать точное описание инструмента, его типа, срока службы, массы, размеров и состояния, фиксировать тип обрабатываемых деталей, их материал, рабочие условия, метод применения инструмента, характер его использования. Согласно приложению F следует подробно описывать положение и ориентацию датчиков на инструменте или детали, метод крепления, массу датчиков и крепежного соединения. Необходимо сохранять записи измерений вибраций по всем трем осям пространства. Обязательна фиксация диапазона частот измерений и характеристик фильтров в полосах частот.

Помимо получения скорректированной по частоте характеристики виброускорения желательно иметь данные по среднеквадратичным его значениям в третьоктавных полосах частот.

Рекомендуется увеличение диапазона частот измерений по сравнению с указанными в стандарте, однако на частотах выше 1000 Гц требуется проверка достоверности результатов измерений в связи с возможными резонансными явлениями, связанными с влиянием собственной частоты датчика вибраций.



В справочном приложении G анализируются изменения структуры рассматриваемого стандарта в сравнении со стандартом ИСО 5349-1:2001.

Представляется, что введение ГОСТ 31192.1—2004 (ИСО 5349-1:2001) "Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования", ГОСТ 31191.2—2004 (ИСО 2631-2:2003) "Вибрация и

удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрация внутри зданий" будут содействовать повышению точности их метрологической оценки, углубленному изучению их влияния на человека, а также разработке наиболее оптимальных средств обеспечения виброзащиты при работе с разными механизированными инструментами.

## **О национальном стандарте РФ "Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля".**

С 1.01.09 введен в действие ГОСТ Р 14.13—2007 "Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля".

В разделе "Область применения" стандарта отмечается, что он устанавливает методы комплексного предотвращения и контроля загрязнений, вызываемых интегральным воздействием в процессе хозяйственной деятельности предприятий (объектов хозяйственной деятельности) на окружающую среду на стадии производственного экологического контроля, включая методы предотвращения выбросов загрязнений в атмосферу, сбросов в водную среду или почву, в тех случаях, когда это практически возможно, с учетом утилизации отходов для обеспечения высокого уровня охраны окружающей среды.

Разъясняется, что стандарт распространяется на строящиеся, вводимые в эксплуатацию и действующие предприятия (по видам и объектам хозяйственной деятельности), способные оказывать существенное негативное влияние, как на состояние окружающей среды, так и на предприятия (объекты хозяйственной деятельности), которые могут подвергнуться негативному воздействию.

Обращается внимание, что стандарт не распространяется на объекты хозяйственной деятельности, подведомственные оборонной и атомной промышленности.

В разделе "Нормативные ссылки" дается перечень стандартов ИСО 1400 системы стандартов "Охрана природы", системы стандартов по безопасности труда, а также стандартов по экологическому менеджменту, использованных в ГОСТ Р 14.13.2007. В разделе "Термины и определения" дан перечень

последних применительно к рассматриваемому стандарту. Среди них выделим следующее ключевое определение — производственный экологический контроль (в области охраны окружающей среды) — это контроль над использованием и охраной земель (включая почвы), недр, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, озонового слоя, лесов, объектов растительного и животного мира, особо охраняемых природных территорий, типичных и редких природных ландшафтов, а также контроль за обращением с отходами в зоне воздействия объекта хозяйственной деятельности.

В разделе "Оценка интегрального воздействия объекта хозяйственной деятельности на окружающую среду" дается следующий комментарий: в процессе производственного экологического контроля работники предприятия должны самостоятельно оценить, предпринимаются ли в хозяйственной деятельности все надлежащие профилактические действия, направленные на борьбу с интегральными негативными воздействиями данного предприятия на окружающую среду и, в частности, применяются ли наилучшие доступные технологии (НДТ) для того, чтобы:

— эксплуатация объекта хозяйственной деятельности не стала причиной значительного загрязнения окружающей среды;

— эксплуатация объекта хозяйственной деятельности, по возможности, не сопровождалась образованием отходов; а в тех процессах, где они образуются, отходы перерабатывались или, если это технически или экономически неосуществимо, утилизировались или удалялись таким образом, чтобы устранялось или уменьшалось любое негативное воздействие объекта на окружающую среду;



— потребление энергии и материальных ресурсов было обоснованным и рациональным, отражалось в стандартах и иных специальных документах организации;

— обеспечивалось предотвращение аварийных ситуаций и устранение их последствий;

— при выводе объекта хозяйственной деятельности из эксплуатации предпринимались все необходимые действия для того, чтобы полностью исключить возможность загрязнения окружающей среды.

Кроме того, следует определить, документируется ли на предприятии информация в отношении:

— осуществляемой объектом хозяйственной деятельности;

— сырья и вспомогательных материалов, иных веществ и энергии, потребляемых или производимых объектом;

— источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющих на объекте;

— природных и иных условий, существующих в месте расположения объекта;

— характера и объема предполагаемых выбросов, сбросов и образования отходов на объекте, попадающих в окружающую среду, а также выявления случаев их значительных негативных воздействий на окружающую среду;

— используемых технологий и иных методов предотвращения или, если это невозможно, сокращения выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

— методов контроля над выбросами/сбросами в окружающую среду и образованием отходов.

Документируемая информация об интегральном воздействии объекта хозяйственной деятельности на окружающую среду должна содержать краткое изложение данных, указанных выше, а также включать в себя предельные допустимые значения выбросов и сбросов загрязняющих веществ.

Особо отмечается, что проведение хозяйствующим субъектом производственного экологического контроля является основой обеспечения экологической безопасности и общим условием комплексного природопользования, несоблюдение которого влечет за собой ответственность в соответствии с законодательством. Разъясняется, что указанный контроль должен проводиться самостоятельно субъектами, осуществляющими хозяйственную деятельность, оказывающую негативное воздействие на окружающую среду. При необходимости могут быть привлечены организации, имеющие право проводить экологический контроль. В обоих случаях производственный экологический контроль осуществляется хозяйствующими субъектами за счет собственных средств и

иных источников финансирования, не запрещенных законодательством.

Указанные субъекты в целях организации и осуществления производственного экологического контроля должны разработать, согласовать со специально уполномоченным государственным органом в области охраны окружающей среды и утвердить в установленном порядке инструкцию по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды. Руководитель объекта хозяйственной деятельности должен назначить должностное лицо, ответственное за проведение производственного экологического контроля, а при необходимости создать подразделение, которое будет проводить производственный экологический контроль.

Подчеркивается, что отсутствие у хозяйствующего субъекта подразделения, соответствующего целям настоящего стандарта, не освобождает его от обязанности проведения производственного экологического контроля. Согласно положениям стандарта, основными задачами производственного экологического контроля, включая производственный аналитический контроль, являются:

— контроль за выполнением и соблюдением требований законодательства об охране окружающей среды;

— контроль за проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;

— контроль за проведением мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды, а также за соблюдением требований специально уполномоченного государственного органа в области охраны окружающей среды;

— контроль за соблюдением лимитов добычи природных ресурсов и эффективностью их использования;

— контроль за обращением с опасными веществами, отходами;

— контроль за эксплуатацией природоохранного оборудования и сооружений;

— контроль за уровнем готовности работников предприятия к аварийным ситуациям, наличием и техническим состоянием оборудования, обеспечивающего предупреждение и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; контроль за состоянием окружающей среды в зоне воздействия на нее деятельности хозяйствующего субъекта;

— контроль за получением информации для ведения хозяйствующим субъектом документации по охране окружающей среды;



— контроль за ведением хозяйствующим субъектом документации по охране окружающей среды;

— контроль за своевременным предоставлением сведений о состоянии и уровнях загрязнения окружающей среды, в том числе аварийном, об источниках ее загрязнения, о состоянии природных ресурсов, об их использовании и охране;

— контроль за соблюдением хозяйствующим субъектом предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод, а также лимитов размещения отходов производства;

— контроль за учетом номенклатуры и количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате хозяйственной деятельности предприятия;

— контроль за обеспечением своевременной разработки (пересмотра) хозяйствующим субъектом нормативов в области охраны окружающей среды;

— контроль за соблюдением режима охраны и использования особо охраняемых природных территорий (при их наличии);

— контроль за проведением локального мониторинга окружающей среды.

По результатам производственного экологического контроля, согласно ГОСТ Р 14.13—2007, составляют соответствующие производственные акты, выдают уполномоченным лицам предписания об устранении нарушений требований законодательства об охране окружающей среды и информируют руководителя объекта хозяйственной деятельности о необходимости проведения соответствующих действий.

При выявлении нарушений требований законодательства об охране окружающей среды, которые повлекли или могли повлечь причинение вреда жизни и здоровью человека, повреждение имущества других лиц, а также при угрозе возникновения чрезвычайной ситуации подразделение должно немедленно проинформировать об этом руководителя объекта хозяйственной деятельности для принятия им необходимых мер по нормализации обстановки, а хозяйствующий субъект, в свою очередь, должен проинформировать специально уполномоченный государственный орган в области охраны окружающей среды.

Согласно положению раздела "Применение наилучших доступных технологий", оценка работниками предприятия интегрального воздействия объекта хозяйственной деятельности на окружающую среду должна предусматривать оценку возможности использования НДТ. С учетом возможных затрат и выгод необходимо принимать во внимание следующие ключевые соображения. НДТ

должны быть ориентированы на комплексный подход к предотвращению или минимизации техногенного воздействия и основаны на сопоставлении эффективности предпринимаемых мер по охране окружающей среды с затратами, которые несет хозяйствующий субъект для предотвращения или минимизации оказываемого им техногенного воздействия.

Наилучшие доступные технологии для объектов хозяйственной деятельности должны учитывать все технологические операции и соответствующее оборудование, а также специфику их воздействий на окружающую среду и затраты хозяйствующих субъектов. НДТ должны соответствовать следующим основным требованиям:

— оправданности применения данной технологии с точки зрения охраны окружающей среды, т. е. с учетом минимизации антропогенного на нее воздействия;

— соответствия технологии новейшим отечественным и зарубежным разработкам в данной отрасли промышленности;

— экономической и практической приемлемости данной технологии для объекта хозяйственной деятельности.

При определении НДТ принимают во внимание следующие положения:

— использование малоотходных технологических процессов (технологические отходы должны составлять от 1,5 % до 10 % общего расхода сырья и материалов);

— использование токсичного сырья должно быть предельно уменьшено;

— сбросы, выбросы и отходы, образующиеся в процессе хозяйственной деятельности, должны быть по возможности вовлечены в хозяйственный оборот;

— используемые технологические процессы, производственное оборудование и методы его эксплуатации должны быть успешно апробированы на промышленном уровне;

— соответствие НДТ современному уровню научно-технического прогресса в контролируемой области;

— должно быть предусмотрено определение видов опасностей и снижение влияния на окружающую среду объемов выбросов, сбросов и отходов, других негативных воздействий, образующихся в процессе хозяйственной деятельности предприятия;

— должен быть четко обоснован период времени, необходимый для внедрения НДТ;

— должна быть произведена оценка объема потребления и эффективности использования первичного сырья (включая энергоносители), применяемого в технологическом процессе;



— должны быть предусмотрены возможности предотвращения аварийных ситуаций и сведения к минимуму их последствий для окружающей среды;

— при внедрении НДТ должна быть использована информация, публикуемая специально уполномоченным государственным органом в области охраны окружающей среды и международными организациями в области НДТ.

В разделе "Информирование о негативном воздействии загрязнений на сопредельные территории" разъясняется, что если возникает опасность негативного воздействия загрязнений на сопредельные территории либо когда стало известно о проектировании и/или эксплуатации объекта хозяйственной деятельности, эксплуатация которого с высокой степенью вероятности может привести к значительному негативному воздействию на окружающую среду сопредельной территории, либо по требованию государственного органа в области охраны окружающей среды сопредельной территории, специально уполномоченный государственный орган в области охраны окружающей среды, выдавший природоохранное разрешение на комплексное природопользование при осуществлении хозяйственной деятельности, либо реализующий процедуру его выдачи, должен информировать об этом орган по охране окружающей среды сопредельной территории и одновременно довести эту информацию до общественности. Такую информацию используют как основу при проведении консультаций для заключения двусторонних соглашений между сопредельными территориями на обоюдной и равноправной основе.

В разделе "Обеспечение доступа общественности к информации" говорится о том, что результаты учета и отчетности в области производственного экологического контроля должны быть доступны общественности. В частности, информация о производственном экологическом контроле должна предоставляться всем заинтересованным лицам с соблюдением требований об охране государственной, коммерческой и иной тайны в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации. Эта информация должна отвечать требованиям полноты, достоверности, своевременности, доступности и иным требованиям, установленным нормативными правовыми актами нашей страны.

В справочном приложении А стандарта указаны основные виды хозяйственной деятельности, на которые он распространяется, с соответствующими их кодами по общероссийскому классификатору (ОКВЭД).

В справочном приложении Б приведены объекты хозяйственной деятельности всех форм собственности на которые распространяется действие ГОСТ Р 14.13—2007.

В рекомендуемом приложении В стандарта дан перечень основных загрязняющих веществ, для которых устанавливаются предельные величины воздействия.

Представляется, что введение ГОСТ Р 14.13—2007 будет во многом способствовать эффективности производственного экологического контроля.

А. Ф. Козьяков, канд. техн. наук, проф.,  
МГТУ им. Н. Э. Баумана

#### 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) 550-0766, e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер Т. Н. Погорелова.

Технический редактор О. Е. Ефремова. Корректор Т. В. Пчёлкина.

Сдано в набор 11.05.10. Подписано в печать 24.06.10. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч-изд. л. 8,17. Заказ 546.

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.