



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

12(120)  
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

- Витюгова М. Н., Колоколкина Н. В., Редина Л. В., Щербина Г. И., Гальбрайт Л. С.** Материалы для спецодежды с комплексом защитных и гигиенических свойств . . . . . 2
- Склеменов Г. Ж.** Особенности применения труда подростков и оценка качества аттестации рабочих мест по условиям труда . . . . . 5

### ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Давлетшина Г. И., Фридланд С. В.** Оценка обеспечения населения города Магнитогорска микроэлементами с питьевой водой . . . . . 10
- Красильников А. А., Самойлов А. Д., Семёнов А. Г., Элизов А. Д.** Способ самостоятельного перемещения человека на самоходной коляске по лестнице с поручнями . . . . . 12

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Гоголев И. Г., Николаева Т. А., Дроконов А. М.** Влияние расхода охлаждающего воздуха на структуру потока и шумоизлучение турбинной ступени . . . . . 17
- Месхи Б. Ч., Бульгин Ю. И., Михайлов А. Н., Потемкина А. В., Панченко О. С.** Влияние конструктивных особенностей циклонных аппаратов на их аэродинамические свойства. . . . . 22

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Андрюшкин А. Ю.** Использование переработанных отходов пенополиуретанов при напылении покрытий . . . . . 29
- Баранова М. П., Кулагина Т. А.** Экологически чистая технология получения водоугольных суспензий из низкотемпературных углей . . . . . 32
- Ермоласва Н. В., Голубков Ю. В.** Экологическая безопасность при работе с СОЖ на масляной основе и мониторинг окружающей среды . . . . . 36
- Рейдерман И. Б., Миклашевский Н. В.** Опыт эксплуатации ультрафильтрационной установки по доочистке нежской водопроводной воды . . . . . 40

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Олишевский А. Т., Кирьянов А. В., Холодов А. С., Иванов С. А.** Причины возникновения пожаров в образовательных учреждениях . . . . . 46

### ИНФОРМАЦИЯ

- Хантургаева Г. И., Ширеторова В. Г.** Приоритеты устойчивого развития Байкальского региона (по материалам IV Международной научно-практической конференции). . . . . 50
- Указатель статей, опубликованных в журнале "Безопасность жизнедеятельности" в 2010 году . . . . . 52**
- Указатель приложений к журналу "Безопасность жизнедеятельности", опубликованных в 2010 году . . . . . 56**

**Приложение.** Белов С. В., Симакова Е. Н. Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 7

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 678.031.8: 677.027

**М. Н. Витюгова**<sup>1</sup>, асп., **Н. В. Колоколкина**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,

**Л. В. Редина**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., **Г. И. Щербина**<sup>2</sup>,

**Л. С. Гальбрайх**<sup>1</sup>, д-р хим. наук, проф.

<sup>1</sup> Московский государственный текстильный университет имени А. Н. Косыгина,

<sup>2</sup> Институт физической химии и электрохимии имени А. Н. Фрумкина РАН

E-mail: LVRedina@mail.ru

## Материалы для спецодежды с комплексом защитных и гигиенических свойств

*Дана характеристика материалов для спецодежды, полученных путем модифицирования полиэфирных и полиамидных волокон латексом ЛФМ-Н на основе поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата. Установлено повышение уровня водо-, маслозащитных свойств при снижении радиуса частиц латекса до наноразмера. Полученные материалы отвечают требованиям, предъявляемым к материалам для спецодежды, при высоком показателе гигроскопичности и относятся к категории нетоксичных.*

**Ключевые слова:** волокна полиамидные, полиэфирные; гигроскопичность; поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилат латекс; размер частиц; свойства водо-, маслоотталкивающие; токсичность; удельное поверхностное электрическое сопротивление.

**Vityugova M. N., Kolokolkina N. V., Redina L. V., Shcherbina G. I., Gal'braikh L. S.**  
*Materials for industrial clothing with complex of protective and hygienic properties*

*The present work reveals the characteristic of materials for industrial clothing obtained by means of modification of polyester and polyamide fibers by LFM-N latex on basis of poly-2-perfluoropentoxytetrafluoroprpylacrylate. The level of waterproof and oil-resistant qualities was ascertained to increase when there is a decrease in the radius of latex particles to nanosize. Obtained materials meet the requirements lodged to materials for industrial clothing in the presence of the high hygroscopicity rate and they refer to the category of nontoxic materials.*

**Keywords:** fibers polyamid, polyester; hygroscopicity; oil and water repellency; particle size; per-unit-area electrical resistance; poly-2-perfluoropentoxytetrafluoropropylacrylate latex; toxicity.

Важнейшей задачей в современных условиях производства является создание и использование экологически безопасной спецодежды, способной защищать работающих от вредных производственных и климатических факторов. Особенно актуальна эта проблема для спецодежды работников химической, нефтехимической, нефтедобывающей, машиностроительной и других отраслей промышленности, где персонал подвергается токсическому воздействию растворов кислот, щелочей, нефти, продуктов ее переработки и других химических веществ. Защитными свойствами должна обладать спецодежда сельскохозяйственных рабочих, контактирующих с ядохимикатами, а также военная и камуфляжная форма особенно тех категорий специалистов, которые работают в чрезвычайных ситуациях.

К числу важнейших требований, предъявляемых к спецодежде наряду с высокими физико-механическими и защитными свойствами относятся требования к комплексу ее гигиенических свойств, которые обеспечивают необходимую комфортность при эксплуатации. Материалы, применяемые для спецодежды, должны проходить тщательные санитарно-эпидемиологические исследования.

Как известно, придать тканям для спецодежды указанные свойства можно путем их обработки фторорганическими соединениями [1]. Введение в поверхностный слой волокна всего 1...2 % фторсодержащего полимера приводит к резкому снижению его поверхностной энергии и обеспечивает существенное снижение адгезии к жидкостям и некоторым твердым телам.

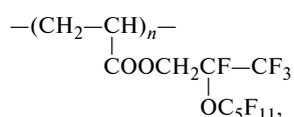
При обработке этими соединениями на волокне образуется тонкий полимерный слой, который существенно замедляет смачиваемость волокна вредными, токсичными и агрессивными жидкостями, их диффузию и фильтрацию на изнаночную сторону ткани. Такая обработка позволяет не только защитить работающих от поражения хими-

ческими продуктами, но и предотвращает при контакте с агрессивными жидкостями быструю потерю физико-механических свойств материалов, увеличивая срок их эксплуатации. В отечественной и зарубежной практике чаще всего для этих целей используются водные дисперсии полифторалкилакрилатов — латексы.

Обычно для изготовления износостойкой спецодежды используют ткани из синтетических волокон — полиэфирных и полиамидных или чаще из их смесей с вискозными и хлопковыми. Такое сочетание волокон обеспечивает достаточно высокие гигиенические свойства материалов. Однако нанесение на поверхность волокна гидро-, олеофобного фторсодержащего полимера может понизить уровень этих свойств.

Важной задачей поэтому является разработка процессов модифицирования волокнистых материалов, обеспечивающих достижение высокого уровня защитных свойств при сохранении гигиенических показателей исходных материалов.

Ранее [2] авторами было предложено несколько видов латексов полифторалкилакрилатов отечественного производства. Одним из наиболее доступных в настоящее время является латекс ЛФМ-Н на основе поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата



стабилизированный поверхностно-активным веществом С-10, частично сульфатированным гидроксиэтилированным нонилфенолом. Для характеристики эффективности применения этого латекса в качестве модельных объектов были использованы полиэфирные (ПЭ) и полиамидные (ПА) волокна.

Обработку волокон латексом ЛФМ-Н проводили по схеме: замачивание, отжим, сушка, термообработка при температуре 140...150 °С, промывка водой, сушка. Содержание полифторалкилакрилата на волокне составляло 1,5...2 %.

Защитные свойства волокон определяли путем измерения краевого угла смачивания  $\Theta^\circ$  волокон водой и вазелиновым маслом, а также по изменению впитываемости углеводородных тестовых жидкостей с разным поверхностным натяжением  $M$  [3] и водно-изопропанольных смесей  $B$ , отличающихся содержанием в них изопропанола [4].

Установлено, что, регулируя в процессе получения коллоидно-химические свойства латекса ЛФМ-Н, в том числе размер частиц, снижая его до наноразмерного уровня (<44 нм), удается повысить эффективность его использования для модифицирования волокон (табл. 1). Достигнутый уровень защитных свойств модифицированных во-

Таблица 1  
Водо-, маслозащитные свойства синтетических волокон, обработанных латексом ЛФМ-Н с различным размером частиц

Материал	Радиус частиц латекса, нм	Краевой угол смачивания, $\Theta^\circ$		$M$ , балл	$B$ , балл
		водой	вазелиновым маслом		
ПЭ	110	119	98	2...3 5...6	3...4 4
	<44	126	115		
ПА	110	120	93	4 5...6	3...4 3...4
	<44	130	119		

локнистых материалов отвечает требованиям, предъявляемым к материалам для спецодежды.

Исследование гигиенических свойств материалов проводили на образцах, обработанных нанодисперсными системами. Для характеристики этих свойств проводили определение гигроскопичности тканей по ГОСТ 3816—81 [5], а также удельного поверхностного электрического сопротивления по ГОСТ 19616—74 [6] и скорости стекания электрического заряда.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление измеряли на приборе ВНИИПХВ марки ИЭСТП-1\* [6]. Кинетику стекания заряда определяли с использованием электрометрической установки с вибрирующим электродом [7]. Методика основана на определении величины заряда, возникающего на поверхности исследуемого волокна в результате создания и последующего нарушения контакта этой поверхности с поверхностью эталонного образца. Электризация обусловлена образованием двойного электрического слоя в зоне контакта с сохранением соответствующих зарядов на поверхностях при нарушении контакта.

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, обработка синтетических нитей латексом ЛФМ-Н не только не снижает, но даже заметно повышает гигроскопичность волокон. Менее выражен эффект снижения удельного поверхностного электрического сопротивления. Эти факты могут объясняться тем, что модифицирующий полимерный слой даже после промывок удерживает некоторое количество стабилизатора латексной системы С-10, содержащего гидрофильные группы. Это предположение подтверждается данными о более высоком уровне показателей гигроскопичности и удельного поверхностного электрического сопротивления образцов ПЭ и ПА волокон до промывки, т. е. до удаления избытка С-10. Гигроскопичность при этом составляет 2,8 и 7,6 % соответственно, а зна-

\* Исследования проведены в научно-испытательном центре "Шелк" Учреждения Центр "СКС" под руководством Ю. Я. Севостьяновой, которой авторы выражают благодарность.



Таблица 2

## Гигроскопичность и удельное поверхностное электрическое сопротивление модифицированных синтетических волокон

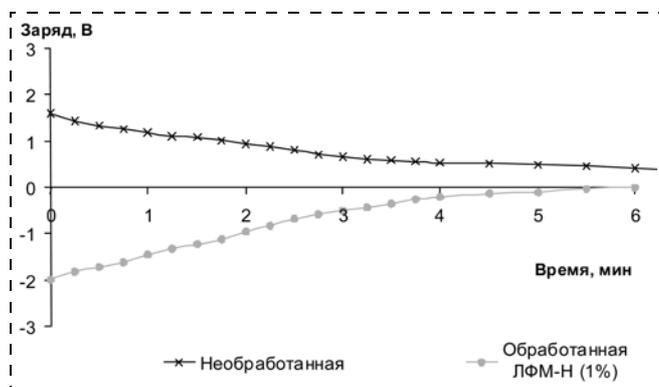
Показатель	Материал	
	ПЭ	ПА
1. Гигроскопичность материала, %		
— исходного	0,9	4,5
— модифицированного	2,1	7,1
2. Удельное поверхностное электрическое сопротивление материала, Ом		
— исходного	$2,2 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{12}$
— модифицированного	$1,5 \cdot 10^{12}$	$0,7 \cdot 10^{12}$

чение удельного поверхностного электрического сопротивления находится на уровне  $10^9 \dots 10^{10}$  Ом. Следует отметить, что растворенный в поверхностном полимерном слое стабилизатор С-10 прочно удерживается в его структуре даже при многократных стирках модифицированных материалов в жестких условиях. Защитные свойства при указанных обработках сохраняются. На рисунке приведено изменение во времени заряда поверхности необработанного (исходного) и обработанного (модифицированного) полиамидного материала.

Нанесение слоя фторполимера-модификатора изменяет электрофизические свойства материала (см. рис.) — заряд поверхности в области нарушения контакта меняет знак (с +1,6 В до -2 В). При этом стекание заряда с модифицированной ткани происходит с несколько большей скоростью, чем с исходной.

Токсикологические исследования модифицированных полимерных материалов проводились по методике, разработанной Московским городским центром Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора России, Всероссийским научно-исследовательским и испытательным институтом медицинской техники, Акционерным обществом "БМК-ИНВЕСТ" [8].

Сущность метода состоит в исследовании острой токсичности вытяжки из испытываемых изделий с применением клеточного тест-объекта. В ос-



Изменение во времени заряда поверхности полиамидной ткани

нове метода лежит оценка изменений зависимости двигательной активности тест-объекта от времени под действием химических соединений, содержащихся в вытяжке из исследуемых образцов.

Показатель подвижности  $m = f(t)$  определяется так:

$$m = dC_{\Pi}v;$$

где  $d$  — постоянный коэффициент;  $C_{\Pi}$  — концентрация подвижных клеток;  $v$  — средний модуль скорости клеток.

Оценка показателя подвижности осуществляется путем подсчета изменений интенсивности светового потока при движении тест-объекта через оптический зонд.

При проведении испытаний ведут накопление экспериментальных данных и вычисляют величину индекса токсичности  $I_t$ :

$$I_t = t_{\text{cp}}^0 / t_{\text{cp}}^k \cdot 100 \%,$$

где  $t_{\text{cp}}^0$  и  $t_{\text{cp}}^k$  — средние арифметические значения средневзвешенного времени подвижности соответственно для опытной и контрольной выборок образцов.

Оценка результатов испытания осуществляется путем сравнения полученных значений индексов токсичности для исследованных образцов и допустимого интервала индекса токсичности. Испытуемая партия изделий считается нетоксичной, если индекс токсичности соответствует 70...120 %.

Установлено, что модифицированные полиэфирные и поликапроамидные материалы имеют индекс токсичности 87 и 89 % соответственно, т. е. являются нетоксичными.

## Список литературы

1. Слеткина Л. С., Козлова С. Е., Севостьянова Ю. Я. Современные методы получения гидро- и олеофобных текстильных материалов // ЖВХО им. Д. И. Менделеева. — 1981. — № 4. — С. 55–60.
2. Чапурина М. А., Гальбрайт Л. С., Слеткина Л. С., Игумнов С. М., Максарева Е. Ю., Наринян К. Е. Новые фторсодержащие полимеры для модифицирования свойств поверхности химических волокон // Химические волокна. — 2005. — № 2. — С. 3–5.
3. AATCC Test Method 118 — 1989.
4. Пат. 4147851 США, МКИ<sup>2</sup> С 08 F 220/24F. Fluorine-containing oil and water-repellant copolymers / Reynolds S. — Заявл. 13.06. 78. Опубл. 3.04.79.
5. ГОСТ 3816—81 (ИСО 811—81). Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств.
6. ГОСТ 19616—74. Ткани и трикотажные полотна. Метод определения удельного поверхностного электрического сопротивления.
7. Movchan T. G., Shlyahova O. V., Shcherbina G. I., Redina L. V., Gal'braikh L. S. Electrifiability of latex coating // Тезисы докладов 16-ой Европейской конференции по химии межфазных поверхностей. — Владимир, 2003. — С. 121.
8. МУ 1.1.037—95 Биотестирование продукции из полимерных и других материалов: Методические указания. — М., 1996.



УДК 331.45

Г. Ж. Склеменов, Департамент социальной защиты населения Краснодарского края  
E-mail: sklemenov@mail.ru

## Особенности применения труда подростков и оценка качества аттестации рабочих мест по условиям труда

*В статье рассмотрены пути решения возникающих проблем при организации рабочих мест, на которых будет использоваться труд несовершеннолетних. Проведен анализ часто допускаемых нарушений при предоставлении работникам компенсаций за тяжелую работу, работу с вредными и (или) опасными условиями труда. Изучены проблемы, возникающие при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда.*

**Ключевые слова:** охрана труда, требования охраны труда, аттестация рабочих мест по условиям труда, сертификация организации работ по охране труда, вредные и (или) опасные условия труда, средства индивидуальной защиты (СИЗ).

**Sklemenov G. Zh.** Features of juvenile labor application. Estimation of assessment quality of workplaces in accordance with working conditions

*The article covers the question of the decision of problems arising at the organization of workplaces on which juvenile labor will be used. In this article the following is carried out: analysis of often occurring violations with granting to workers of compensation for heavy work, the work with harmful and (or) dangerous working conditions. Investigation of the problems arising at carrying out certification of workplaces in accordance with working conditions.*

**Keywords:** labor safety, labour safety requirements, assessment of workplaces in accordance with working conditions, harmful and (or) dangerous working conditions, certification of the works organization on the labor safety, personal protection equipment (PPE).

### Особенности применения труда подростков

В Краснодарском крае большое внимание уделяется трудоустройству подростков и условиям труда, в которых они будут работать. С целью обеспечения приоритета сохранения жизни и здоровья несовершеннолетних при устройстве на работу разрабатываются и выполняются программы, подготовленные в соответствии с Законом РФ "О занятости населения в Российской Федерации", За-

коном РФ № 120-ФЗ от 24 июня 1999 года "Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних", а также на основе анализа ситуации на рынке труда.

Программой мероприятий по улучшению условий и охраны труда в Краснодарском крае предусмотрено проводить комплексные проверки организаций края по вопросам соблюдения законодательства об охране труда, в том числе по применению труда подростков на тяжелых работах и работах с вредными условиями труда. Результаты оценки состояния здоровья российской молодежи свидетельствуют о резком снижении за последние 10 лет количества здоровых подростков. При этом, количество подростков, имеющих функциональные отклонения в состоянии здоровья, составляет 36 %, страдающих хронической патологией разной степени тяжести — 55,4 %. Кроме того, значительно увеличилась доля лиц с хроническими болезнями (с 1,1 до 7,3 %). Известно, что даже кратковременное пребывание подростков во вредных условиях оказывает неблагоприятное воздействие на их организм и должно быть категорически запрещено. В связи с этим представляется необходимым полностью запретить профессиональное обучение, прохождение производственной практики и всякую иную работу подростков во вредных для их организма условиях труда.

Целями государственной политики в отношении лиц в возрасте до 18 лет в сфере труда является обеспечение их права на защиту от выполнения любой работы, которая может представлять опасность их здоровью и может нанести ущерб их физическому, умственному и нравственному развитию. Работники, не достигшие восемнадцатилетнего возраста, пользуются повышенной защитой трудовых прав, осуществляемой посредством создания благоприятных условий для их труда. Одной из таких защитных мер труда работников, не достигших восемнадцатилетнего возраста, является запрет на использование их труда при выполнении отдельных видов работ, которые определены в Трудовом кодексе РФ.



В соответствии со статьей 265 Трудового кодекса РФ запрещается применение труда лиц до 18 лет на работах с вредными и опасными условиями труда, на подземных работах, а также на работах, выполнение которых может причинить вред их здоровью и нравственному развитию. Так как характер у подростков еще не сформировался и психика легко может меняться, в том числе в негативную сторону, подросткам запрещена работа в ночных клубах и клубах, в игровом бизнесе. Им запрещено также заниматься перевозкой и торговлей спиртными напитками, табачными изделиями, наркотическими и иными токсическими препаратами.

Перечень тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет, утвержден постановлением Правительства РФ от 25.02.2000 года № 163 (далее — Перечень). Согласно Перечню для лиц до 18 лет запрещены более 2 тысяч видов тяжелых, вредных и опасных работ независимо от формы собственности и организационно-правовой формы производства, включая деятельность работодателя — физического лица.

Перечень запрещает применение труда лиц моложе 18 лет на работах, связанных с подъемом и передвижением тяжестей, превышающих установленные для них предельные нормы. Нормы нагрузок определены постановлением Минтруда и социального развития РФ от 7 апреля 1999 г. № 7 "Об утверждении норм предельно допустимых нагрузок для лиц моложе восемнадцати лет при подъеме и перемещении тяжестей труда".

Сегодня эффективным способом определения условий труда является аттестация рабочих мест.

Согласно порядку проведения аттестации рабочих мест по условиям труда аттестация в организации должна быть проведена на всех рабочих местах. При заполнении карты аттестации обязательно в строке 070 даются рекомендации по подбору работников, в том числе и лиц до 18 лет, которые могут работать на данном рабочем месте с учетом результатов аттестации рабочих мест. Следовательно, применение труда несовершеннолетних должно быть рассмотрено для каждого созданного работодателем рабочего места.

Работодатели при организации рабочих мест для лиц моложе 18 лет и работники аттестующих организаций, проводящие аттестацию рабочих мест и дающие рекомендации по подбору работников на данное место, руководствовались вышеперечисленными документами. Сегодня требования к условиям труда, при которых возможно применять труд подростков, ужесточились и кроме

перечисленных документов необходимо учитывать требования санитарно-эпидемиологических правил и норм СанПиН 2.4.6.2553—09 "Санитарно-эпидемиологические требования к безопасности условий труда работников, не достигших 18-летнего возраста", которые вступили в силу с 1 января 2010 г.

Согласно пункту 4.1 СанПиН 2.4.6.2553—09 рабочие места для подростков подбираются с таким расчетом, чтобы при наличии вредных или опасных факторов производственной среды и факторов трудового процесса, уровень их не превышал гигиенических нормативов, установленных санитарным законодательством и настоящими санитарными правилами. При этом отсутствие или наличие вредных или опасных факторов производственной среды и факторов трудового процесса можно выявить только при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда. На основании изложенного выше следует, что работодатель не может использовать труд несовершеннолетних, если у него не проведена аттестация рабочих мест. Так как юридически не сможет подтвердить, что он провел подбор рабочих мест для подростков с таким расчетом, чтобы при наличии вредных или опасных факторов производственной среды и факторов трудового процесса, уровень их не превышал гигиенических нормативов, установленных санитарным законодательством и СанПиН 2.4.6.2553—09.

Противопоказанными для трудоустройства лиц моложе 18 лет являются условия труда, характеризующиеся наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающие неблагоприятное воздействие на организм работающего подростка и условия труда, воздействие которых создает угрозу для жизни, высокий риск возникновения острых профессиональных заболеваний.

Следует обратить внимание, что в данном документе гигиенические нормативы, установленные для подростков, отличаются от нормативов вредных производственных факторов для рабочей среды. Поэтому прежде чем дать рекомендации в карте аттестации по применению труда лиц моложе 18 лет, необходимо оценить фактические условия труда на рабочем месте на соответствие гигиеническим нормативам, приведенным в данном документе. Например, по химическому фактору противопоказанными для трудоустройства лиц моложе 18 лет являются условия труда, при которых присутствуют в воздухе рабочей зоны химические вещества 1—2 класса опасности в концентрациях, превышающих предельно допустимые концентрации **для атмосферного воздуха населенных мест**, а не для воздуха рабочей зоны.

Эквивалентный уровень шума на рабочих местах, на которых можно применять труд подростков, не должен превышать 70 дБ независимо от того, что для других работников допустимый уровень — 80 дБ.

Противопоказаниями для работы несовершеннолетних на рабочем месте являются параметры световой среды, не соответствующие нормативам, принятым для работ выполнения класса точности, установленных для рабочих мест. Так, если коэффициент пульсации будет превышать нормативное значение, а освещенности будет недостаточно для выполнения определенного вида работ, то на таком рабочем месте несовершеннолетний работать не должен. Труд лиц, не достигших восемнадцатилетнего возраста, не может применяться также при отсутствии на рабочем месте естественного освещения.

В документе СанПиН 2.4.6.2553—09 приводятся допустимые величины показателей тяжести трудового процесса для подростков разного возраста и пола. Напряженность труда подростков должна исключать повышенные нервно-психические нагрузки.

Данный документ разработан в соответствии с законодательством РФ. Основными принципами организации рабочего места для лица, не достигшего 18-летнего возраста, являются: соответствие характера труда возрастным и функциональным возможностям, отсутствие неблагоприятного влияния условий труда на рост, развитие и состояние здоровья, исключение повышенной опасности травматизма для себя и окружающих, учет повышенной чувствительности организма подростков к действию факторов производственной среды.

Данный документ обязателен для применения при организации рабочего места подростка и предоставлении рекомендаций по применению труда подростков на рабочем месте при проведении его аттестации по условиям труда.

#### **Оценка качества аттестации рабочих мест по условиям труда и правильности предоставления компенсаций работникам за тяжелые работы, работы с вредными условиями труда**

Учитывая, что в ближайшее время компенсации за тяжелые работы, работы с вредными и опасными условиями труда будут предоставляться только по результатам аттестации рабочих мест и их размер будет зависеть от класса условий труда, то работодатель будет заинтересован, чтобы на рабочих местах результатами аттестации были определены только безопасные условия труда. Некоторые работодатели считают, что если они заплатили деньги за аттестацию рабочих мест по условиям

труда, то и на ее результаты можно повлиять оказывая давление на аттестующие организации. Поддаваться таким уговорам ни в коем случае не следует. Если раньше результаты аттестации были сами по себе, а компенсации предоставлялись только по Спискам, то в ближайшем будущем результаты аттестации будут являться единственным основанием предоставления компенсаций по законодательству, а недостоверные сведения в картах будут выявляться в ходе оценки качества аттестации рабочих мест.

Заключение государственной экспертизы содержит не только оценку качества аттестации рабочих мест, но и оценку правильности предоставления компенсаций работникам. В статье 219 Трудового кодекса РФ сказано, что в случае обеспечения на рабочих местах безопасных условий труда, подтвержденных результатами аттестации рабочих мест или заключением государственной экспертизы условий труда, компенсации работникам не устанавливаются. Сегодня, согласно п. 13 Приложения № 1 к приказу Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 г. № 45н, чтобы отменить выдачу молока работодателю недостаточно иметь протоколы замеров и карты аттестации, подтверждающие допустимые условия труда на рабочих местах.

Что же такое аттестация? Это оценка условий труда на рабочих местах в целях выявления вредных или опасных производственных факторов и осуществление мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда.

Т. е. аттестация рабочих мест по условиям труда проводится с целью определения фактических условий труда и ознакомления работников с условиями труда на рабочих местах, а также для разработки, а затем реализации конкретных мероприятий по охране труда, направленных на устранение выявленных несоответствий по отношению к трудовому законодательству.

На современном этапе развития охраны труда аттестация рабочих мест становится основой для контроля состояния условий труда на рабочих местах, оценки и управления профессиональным риском, проведения сертификации организации работ по охране труда.

Аттестация включает:

- оценку травмобезопасности рабочих мест;
- оценку обеспеченности работников СИЗ;
- гигиеническую оценку условий труда, при которой оцениваются химические, биологические, физические факторы, а также оценивается напряженность и тяжесть трудового процесса.



Одним словом, при аттестации рабочих мест проводится комплексная оценка всех факторов (опасностей), которые могут привести к профессиональному заболеванию или несчастному случаю на производстве.

По результатам аттестации рабочих мест работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда, подтверждаются или отменяются права на получение компенсации (выдача молока, повышенная оплата труда, предоставление сокращенного рабочего времени, дополнительного отпуска).

Большое затруднение у работодателя всегда вызывало составление перечня рабочих мест. Одним из часто встречаемых нарушений при оценке качества аттестации рабочих мест является отсутствие такого Перечня или неправильное его составление. Так как в соответствии с новым порядком в состав аттестационной комиссии входят представители аттестующей организации, то при проведении аттестации в организации они должны помочь членам комиссии составить такой Перечень. В Перечне должны быть указаны все вредные производственные факторы, присутствующие на рабочих местах.

В Перечне предполагаемые аналогичные рабочие места должны быть обозначены буквой "а", а нестационарные рабочие места — буквой "н".

В протоколах оценки тяжести и напряженности трудового процесса обязательно необходимо приводить краткое описание выполняемых работ в соответствии с методиками оценок. В протоколах оценки травмобезопасности рабочих мест необходимо приводить сведения об используемом оборудовании с указанием инвентарных номеров, инструментах и приспособлениях.

Сегодня это требование очень актуально, так как карты аттестации, заполняемые в соответствии с новым порядком, не содержат сведений об используемом сырье, материалах, оборудовании, выполняемых операциях. По такой карте, особенно, если указано наименование профессии неправильно, очень сложно определить какие работы выполняет работник, на каком оборудовании и какие производственные факторы присутствуют на рабочем месте.

При оценке качества аттестации часто выявляется, что в протоколах оценки травмобезопасности рабочих мест оценка проводится не по всем требованиям, приведенным в нормативно-правовых актах к оборудованию, приспособлениям, инструментам, средствам обучения и инструктажа. Очень часто не оценивается или вообще отсутствует требование к обучению руководителей и специали-

стов по охране труда, наличие у них соответствующей группы допуска при работе с электрооборудованием.

Согласно Порядку обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда, утвержденному постановлением Минтруда от 13 января 2003 г. № 1 /29 "руководители и специалисты организаций проходят специальное обучение по охране труда в объеме должностных обязанностей при поступлении на работу в течение первого месяца, далее по мере необходимости, но не реже одного раза в три года".

П. 1.4.4. Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденных постановлением Минэнерго от 13.01.2003 г. № 6 определено "неэлектротехническому персоналу, выполняющему работы, при которых может возникнуть опасность поражения электрическим током, присваивается группа 1 по электробезопасности. Перечень должностей и профессий, требующих присвоения персоналу 1 группы по электробезопасности, определяет руководитель Потребителя. Персоналу, усвоившему требования по электробезопасности, относящиеся к его производственной деятельности, присваивается группа 1 с оформлением в журнале установленной формы, удостоверение не выдается". Так что все работники, работающие на компьютерах, копировально-множительной технике, должны иметь 1 группу по электробезопасности и это требование должно быть оценено в протоколе по травмобезопасности.

Нет необходимости включать в протоколы по травмобезопасности эргономические требования, требования по пожарной безопасности и др. Требования, которые оцениваются в протоколе травмобезопасности, перечислены в разделе 4 "Оценка травмобезопасности рабочих мест" Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и в методических указаниях от 30.07.1999 г. № МУ ОТ РМ 02-99 "Оценка травмобезопасности рабочих мест для целей их аттестации по условиям труда".

При оценке химического фактора встречается такое нарушение как отсутствие эффекта суммации веществ однонаправленного действия. Например, у водителей автомобилей одновременно присутствуют в воздухе рабочей зоны вещества однонаправленного действия — такие как оксиды азота и оксид углерода, у маляров, использующих краски с различными растворителями, присутствуют толуол, ксилол и т. п.

Если для химического вещества указаны два норматива, то воздух рабочей зоны оценивают как по среднесменным, так и по максимально разовым концентрациям.



Очень часто при оценке определяется несоответствие между оценкой условий труда в протоколах и в картах аттестации, что является банальной опiskeй, но из-за таких ошибок работники могут лишиться компенсаций или наоборот.

Еще раз остановимся на заполнении строк в картах аттестации.

Нередко встречается, что в картах аттестации повышенная оплата труда приводится не только за тяжелую работу, работу во вредных условиях труда, но и за ненормированный рабочий день, за работу в ночную смену, за работу в сельской местности и т. д. Порядком проведения аттестации рабочих мест четко определено, что в строке 040 приводятся гарантии и компенсации работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и опасными условиями труда.

Часто встречается, что в протоколе оценки обеспеченности работников СИЗ оценивается выдача санитарной одежды, форменной одежды вместо СИЗ.

Строка 050 заполняется по "медицинским осмотрам", которые проводятся с целью допуска к работе с вредными и опасными производственными факторами. Не надо в этой строке указывать сведения об осмотрах, проводимых для охраны здоровья окружающих, предупреждения, возникновения и распространения заболеваний.

В картах аттестации очень часто неверно указывается необходимость выдачи молока работникам по результатам аттестации — при наличии химических веществ в воздухе рабочей зоны, концентрации которых ниже предельно допустимых.

Наименования профессий и должностей в картах аттестации должны быть приведены в соответствии

с Общероссийским классификатором (ОК 016—94) и Едиными тарифно-квалификационными справочниками работ и профессий рабочих.

Согласно действующему порядку проведения аттестации рабочих мест аттестационная комиссия должна подготовить предложения по приведению наименований профессий и должностей работников в соответствие с требованиями законодательства, если для этих профессий и должностей предусмотрено предоставление компенсаций работникам, либо наличие ограничений по труду (например, запрет на привлечение к вредным работам несовершеннолетних или женщин).

Поэтому наименования должностей (профессий) в картах с классами условий труда 3 и выше должны соответствовать наименованиям, содержащимся в квалификационных справочниках.

При выявлении расхождения между указанными наименованиями комиссия должна сообщить руководителю о необходимости внести изменения в трудовую книжку работника. Если такие изменения не будут внесены, то у работника при достижении пенсионного возраста возникнут проблемы с досрочным назначением трудовой пенсии по старости за работу во вредных и (или) опасных условиях труда.

Сегодня на первый план выступает не сам факт проведения аттестации рабочих мест, а качество исследований и оценок, проведенных при аттестации. Поэтому к работе по аттестации рабочих мест необходимо подходить ответственно, чтобы помочь работодателю привести условия труда к допустимым, снизить количество производственных травм и профзаболеваний в организации.

## *Информация*

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 13.09.2010 г. № 717 "О внесении изменений в некоторые постановления Правительства Российской Федерации по вопросам полномочий Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования и Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору" функции в сфере экологической безопасности, которые ранее были распределены между Росприроднадзором и Ростехнадзором, теперь сосредоточены в одном ведомстве — Росприроднадзоре, входящем в систему Минприроды России. В постановлении определены новые полномочия Минприроды России, Росприроднадзора и Ростехнадзора.

Упомянутое постановление опубликовано в "Российской газете" от 22.09.2010 г.

УДК 502.313

Г. И. Давлетшина, асп., С. В. Фридланд, д-р хим. наук, Казанский государственный технологический университет (КГТУ)  
E-mail: gulnara\_him@mail.ru

## Оценка обеспечения населения города Магнитогорска микроэлементами с питьевой водой

*Показано, что количество микроэлементов (МЭ), поступающее в организм человека с питьевой водой г. Магнитогорска, недостаточно для восполнения необходимой суточной потребности в МЭ.*

**Ключевые слова:** питьевая вода, необходимая суточная потребность.

**Davletshina G. I., Fridland S. V. Estimation of providing of the population of Magnitogorsk microelements from drinking water**

*It was shown in the present work, that quantity of microelements (ME) coming into human from drinking water of Magnitogorsk wasn't enough for revival of necessary daily need of ME.*

**Keywords:** drinking water, necessary daily need.

Микроэлементы играют значительную роль в адаптации организма человека к окружающей среде и оказывают действие опосредованно, изменяя деятельность ферментов, гормонов, белков, витаминов и прочих биологически активных веществ.

Необходимую суточную потребность (НСП) в МЭ возможно, казалось бы, восполнить с пищевыми продуктами и питьевой водой. Однако представления о том, что минеральные соли пищевых продуктов вполне достаточны для сохранения баланса обмена всех биогенных элементов, не соответствуют действительности.

По классификации Кудрина А. В. [1] МЭ делятся на важнейшие эссенциальные МЭ и условно-эссенциальные МЭ. К важнейшим эссенциальным МЭ относятся железо, медь, цинк, марганец, хром, селен, молибден, кобальт, к условно-эссенциальным — фтор, литий, никель, кремний.

В условиях обеднения пищевого рациона, существенного изменения состава потребляемых пищевых продуктов [2], антропогенной нагрузки, являющейся результатом функционирования промышленных предприятий, особую важность приобретает обеспечение населения физиологически полноценной питьевой водой.

Цель исследования: оценка обеспечения населения г. Магнитогорска микроэлементами с питьевой водой.

При оценке восполнения МЭ с питьевой водой принимаем, что взрослый (старше 18 лет) потребляет 2 л/сут, дети (6—18 лет) — 1,5 л/сут, дети (младше 6 лет) — 1 л/сут воды [3]. Ранжирование рассматриваемых микроэлементов осуществлялось согласно классификации Кудрина А. В. [4]. Нормы необходимой суточной потребности в МЭ принимаем согласно [1, 5—9]. Проведены расчеты процентного восполнения НСП в МЭ, исходя из максимально-нормируемых и фактических значений качества питьевой воды г. Магнитогорска.

Исследование состава воды в работе выполнялось методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на аппарате Optima 2000DV (Perkin Elmer).

Расчет процента восполнения НСП с питьевой водой при максимально-нормируемом и фактическом значениях выполнен по формуле:

$$\text{НСП } \%_{\text{макс}}(\%_{\text{факт}}) = \frac{C_{\text{макс(факт)}} V_{\text{в}} 100}{\text{НСП}_{\text{норма}}}, \quad (1)$$

где НСП  $\%_{\text{макс}}$  ( $\%_{\text{факт}}$ ) — процент необходимой суточной потребности при содержании в питьевой воде МЭ на максимально-нормируемом уровне (НСП  $\%_{\text{макс}}$ ) и фактическом содержании МЭ (НСП  $\%_{\text{факт}}$ ), %;  $C_{\text{макс(факт)}}$  — концентрация МЭ в питьевой воде при содержании их в питьевой воде на максимально-нормируемом уровне ( $C_{\text{макс}}$ ) и фактическом содержании МЭ ( $C_{\text{факт}}$ ), мг/дм<sup>3</sup>;  $V_{\text{в}}$  — ежесуточный объем воды, потребляемый человеком в зависимости от возраста [1], дм<sup>3</sup>/сут; НСП<sub>норма</sub> — нормируемая необходимая суточная потребность, мг/сут.

Восполнение НСП в МЭ с питьевой водой возможно для МЭ, максимальный уровень которых в питьевой воде обеспечивает от 50 % и более НСП — медь, цинк, хром, селен, кремний, кальций, маг-



**Процент выполнения необходимой суточной потребности (НСП) с питьевой водой г. Магнитогорска при содержании в ней МЭ на максимально-нормируемом и фактическом уровнях**

№	Показатель	Ед. изм.	Качество питьевой воды		НСП <sub>норма</sub> , мг/сут			Восполнение НСП в МЭ с питьевой водой, %	
			фактический состав (среднее за 2002—2006 гг.)	максимальное нормативное значение согласно СанПиН 2.1.4.1074—01 [10]	Дети, лет		Взрослые	НСП <sub>%макс</sub>	НСП <sub>%факт</sub>
					<6	6...18			
<b>Обобщенные показатели качества питьевой воды</b>									
1	Калий	Ед.	1,51	20,0	2000	2000	2000	1...2	0,1...0,2
2	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	67,2	140	400...700	400...700	400...1200	20...70	10...34
3	Магний		24,9	50...90	200...350	200...350	200...700	26...90	7...25
4	Сульфаты		103,6	500	3000	3000	3000	17...33	3,5...7
5	Хлориды		48,3	350	135	378	630	100...260	4...15
<b>Важнейшие эссенциальные МЭ</b>									
6	Железо	мг/дм <sup>3</sup>	0,18	0,3	6...10	10...12	10...30	2...5	1...3
7	Медь		<0,002	1,0	0,5...1,7	2,0...3,5	2,0...3,5	43...200	0,1...0,4
8	Цинк		0,01	5,0	7,0...9,0	10...12	7...22	46...140	0,1...0,3
9	Марганец		0,03	0,1	3,0...4,5	8,4...12,6	7,0	1...3	0,4...1
10	Хром		Отс.	0,05	0,05	0,1...0,2	0,1...0,2	400...100	0,0
11	Селен		0,002	0,01	0,01...0,07	0,02...0,25	0,03...0,2	6...100	1...20
12	Молибден		0,003	0,07	0,03...0,15	0,12...0,15	0,05...0,25	47...280	2...12
13	Кобальт		0,03	0,1	0,04...0,07	0,04...0,07	0,04...0,07	150...500	43...150
<b>Условно эссенциальные МЭ</b>									
14	Фториды	мг/дм <sup>3</sup>	0,32	1,5	0,5...2,5	1,5...2,5	0,7...4,0	60...430	13...90
15	Литий		0,011	0,03	2...3	2...3	2...3	1...3	0,4...1
16	Никель		Отс.	0,1	До 0,1	До 0,1	До 0,1	100...200	0,0
17	Кремний		6,9	10,0	20...30	20...30	20...30	30...100	23...69

ний, молибден, кобальт, фториды, никель, хлориды (см. таблицу).

Рассмотрение НСП в МЭ, максимальное содержание которых в питьевой воде обеспечивает до 5 % НСП (МЭ<sub>5</sub> %) — железо (2...5 %), марганец (1...3 %), литий (1...3 %); калий (1...2 %) нецелесообразно, поскольку превышение нормируемого уровня приводит к ухудшению органолептических свойств воды или превышению санитарно-токсикологического показателя.

Фактический процент (НСП<sub>%факт</sub>) обеспечения НСП в МЭ с питьевой водой г. Магнитогорска гораздо ниже максимально-возможного (НСП<sub>%макс</sub>). Для сульфатов, кальция, магния, селена, кобальта, фтора НСП<sub>%факт</sub> составляет 20...50 % от НСП<sub>%макс</sub>,

хлоридов и молибдена — менее 10 %, меди, цинка, никеля, хрома — менее 1 %.

Итак, фактический состав питьевой воды г. Магнитогорска не обеспечивает НСП в МЭ. Особый интерес представляет кальций, как трудно усвояемое вещество из-за низкой биодоступности (5 %), что не позволяет восполнить его НСП с пищевыми продуктами [11, 12].

Расчеты показали, что при условии максимально допустимого содержания эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов в питьевой воде, большинство из них обеспечивает необходимую суточную потребность. Однако в реальных условиях, на примере г. Магнитогорска, видно, что природная вода имеет обедненный микроэлементный состав. Об этом же свидетельствует фактический процент выполнения необходимой суточной потребности



микроэлементами питьевой водой г. Магнитогорска, который оказался гораздо ниже возможно максимального по СанПиН 2.1.4.1074—01 [10].

#### Список литературы

1. Кудрин А. В., Скальный А. В., Жаворонков А. А., Скальная М. Г., Громова О. А. Иммунофармакология микроэлементов. — М.: Изд-во КМК, 2000. — 537 с.
2. Пол Бергнер. Целительная сила минералов, особых питательных веществ и микроэлементов. — М.: Крон-Пресс, 1998. — 288 с.
3. Р 2.1.10.1920—04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2004. — 310 с.
4. Региональные проблемы и управление здоровьем населения России / Под ред. В. Д. Белякова. — М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1996. — 436 с.
5. Gilman A. G. The pharmacological basis of therapeutics. — New York, St. Louis, San Francisco and so on: McGrawHill, 1996. — 1141 p.
6. Панченко Л. Ф., Маев И. В., Гуревич К. Г. Клиническая биохимия микроэлементов. — М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. — 368 с.
7. Машковский М. Д. Лекарственные средства: 15-е изд., доп. — М.: Медицина, 2004. — 1152 с.
8. Макро- и микроэлементы в питании человека. Клиническая иммунология. Медицинский справочник. Справочно-информационный сайт Минздрава РФ // URL: <http://immunologia.ru/3-microel.html#e501> (дата обращения 2.06.2009).
9. Guidelines for drinking-water quality, 2<sup>nd</sup> ed. Volume. 2. Health criteria and other supporting information, World Health Organization. — Geneva, 1996. — P. 94.
10. СанПиН 2.1.4.1074—01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. — М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001. — 111 с.
11. Максимов В. Г. Кальция в пище много не бывает // Химия и жизнь. — 1998. — № 5. — С. 52.
12. Засименко В. В. О влиянии растворенных солей жесткости (кальция и магния) на здоровье человека. [электронный ресурс] // URL: <http://ecomem.ru/stat/stat9.html> (дата обращения 4.06.2010).

УДК 629.11

А. А. Красильников, А. Д. Самойлов, А. Г. Семёнов, А. Д. Элизов, кандидаты техн. наук, доценты, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
E-mail: agentnumer007@rambler.ru

## Способ самостоятельного перемещения человека на самоходной коляске по лестнице с поручнями

*Описан предложенный авторами новый способ перемещения человека с дисфункцией нижних конечностей на самоходной коляске по лестнице с поручнями. Коляска (она же — лестничный подъемник) также разработана авторами и защищена патентами на изобретения. Способ позволяет пользователю перемещаться по лестничным маршам самостоятельно, без помощи ассистента (в отличие от предыдущих способов применения колясок такого типа), при достаточно высоком уровне безопасности.*

**Ключевые слова:** инвалидная коляска, лестничный подъемник, механизм подъема по лестнице, способ перемещения по лестнице, безопасность эксплуатации.

**Krasilnikov A. A., Samoylov A. D., Semenov A. G., Elisov A. D. Independent person moving by self-propelled carriage on hand-rail stair.**

*New self-propelled carriage moving mode for person's with lower extremities dysfunction is proved and*

*described. The carriage (ladder lift) also is developed by authors and protected by patents for inventions. Mode allows user to pass stairs flight without assistance (unlike the previous modes for this type of lift) with necessary high safety level.*

**Keywords:** invalid carriage, stair lift, stair lifting gear, stair moving mode, safety of operation.

Материалы настоящей статьи относятся к методам и техническим средствам обеспечения безопасной среды обитания лиц с дисфункцией опорно-двигательного аппарата при использовании ими мобильных технических средств реабилитации (ТСР) типа инвалидных колясок.

Наиболее существенной, актуальной проблемой на пути создания мобильных ТСР является проблема передвижения лиц с ограниченными физическими возможностями по лестницам (лестничным маршам).

Среди специализированных ТСР в массиве технической информации имеются сведения об

управляемых здоровым сопровождающе-управляющим человеком (далее — ассистентом) мобильных лестничных подъемников (они же — коляски). Это транспортные средства с креслом, рамой, колесами, механизмами подъема. Причем как зарубежные [1—5], так и отечественные (авторские разработки), главным образом коляски — лестничные подъемники модельного ряда (семейства) "Вектор" [6, 7].

Реализуемый с помощью названных зарубежных и отечественных ТСР способ перемещения по лестницам заключается во взаимодействии шагающего движителя, установленного наряду с пассивными (неприводными) колесами, со ступенями лестницы. При этом характерной особенностью способа является обеспечение (действиями ассистента) положения коляски в возможно более полном динамическом равновесии (включая смещение и удержание центра масс в поперечной вертикальной плоскости, проходящей через центры пятен контакта ходовой части с лестницей). Функции ассистента сводятся, в общем, к удержанию коляски в балансе, подстраховке пользователя, корректировке курса и некоторой помощи по маневрированию на лестничных площадках. Здесь мы не говорим об общем положительном психологическом влиянии ассистента (особенно супруги(а) или близкого родственника) на пользователя, обусловленного просто сознанием того, что он в этой жизни не брошен один на один со своей трагедией, что "им(ей) занимаются". Роль ассистента возрастает в случаях, когда ограничение физических возможностей пользователя относится не только к нижним конечностям, к его опорно-двигательному аппарату, но и распространяется на верхние конечности, характеризуется общей физической (физиологической) слабостью. Немаловажно и состояние психического здоровья пользователя, а в комплексе — его психофизическая дееспособность как активного соучастника или участника движения на коляске как транспортном средстве.

В то же время, наличие ассистента, относительно здорового физически и психически, далеко не всегда возможно и, в ряде случаев, не целесообразно. Соответственно, у пользователя подобными ТСР должна иметься принципиальная возможность уверенно и безопасно перемещаться самостоятельно, без ассистента (предполагается предварительная подготовка (обучение) пользователя и соответствие определенным требованиям к психофизическому состоя-

нию). Авторы статьи в процессе демонстраций экспериментальных образцов колясок "Вектор" и предварительных заказов на изготовление единичных образцов и мелких серий неоднократно отмечали пожелания потенциальных пользователей и работников социальных служб "по возможности обходиться без ассистента".

Рассмотрим все это конкретнее и подробнее.

Наибольший интерес, с позиции рассмотрения авторских предложений в техническом плане, близости к ним по назначению и сущности, представляет "базовый" способ перемещения человека с дисфункцией нижних конечностей на самоходной коляске по лестнице (с поручнями или без них), который заключается в движении по лестнице в сидячем (в кресле) положении человека-пользователя коляски, с помощью рычажного шагающего движителя с электромеханическим приводом, при котором опору на ступени лестницы осуществляют попеременно либо парой вращающихся рычагов, либо парой колес ([7], рис. 1).

При этом способе для преодоления лестничного марша вверх ассистент подвозит коляску с зафиксированным в кресле пользователем к первой нижней ступени лестничного марша задним ходом до упора колесами в край ступени, включает шагающий движитель в режиме заднего хода и сразу после упора рычагов сверху в опорную поверхность ступени переводит коляску посредством рукояток в устойчивое, по своим ощущениям, двухопорное на рычагах положение "баланс". После чего продолжает поддерживать достигнутое положение динамического равновесия (баланс в движении) с попеременным контактом рычагов и колес до полного преодоления лестничного марша в режиме, как правило, непрерывной работы привода шагающего движителя или вынужденной остановки.

Для преодоления лестничного марша вниз ассистент подвозит коляску к первой верхней ступе-

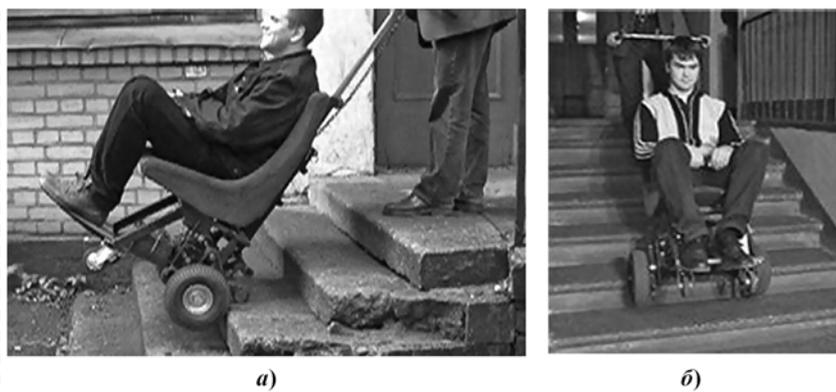


Рис. 1. Движение по лестнице на одном из ходовых макетов мобильного подъемника "Вектор-2" с помощью ассистента: виды сбоку (а) и спереди (б)



Рис. 2. Движение по лестнице на одном из ходовых макетов мобильного подъемника "Вектор-3" без ассистента, с использованием одного поручня (а) и двух поручней (б) лестницы

ни лестничного марша передним ходом до предельной безопасной дистанции (в случае меньшей дистанции автоматические тормоза остановят коляску), включает шагающий механизм в режиме переднего хода и при опоре коляски на рычаги переводит коляску, посредством рукояток, в устойчивое, по своим ощущениям, двухопорное положение "баланс" (аналогично тому, как это описано в реализации режима движения по лестнице вверх) и продолжает поддерживать положение "баланс" до полного преодоления лестничного марша или вынужденной остановки.

В связи с изложенными выше недостатками, свойственными этим устройствам, авторами расчетно-теоретическими и экспериментальными методами решалась задача обеспечения возможности самостоятельного (без помощи ассистента) перемещения пользователя на коляске по лестничным маршам. При этом ключевым "сопутствующим" вопросом здесь выступает, естественно, как и для всякой новой "технологии", необходимость обеспечения если и не "высокого", то, во всяком случае, разумно-достаточно уровня безопасности пользователя.

Авторами предложен и экспериментально отработан на экспериментальном образце коляски (рис. 2) новый способ перемещения человека с дисфункцией нижних конечностей на самоходной коляске по лестнице с поручнями.

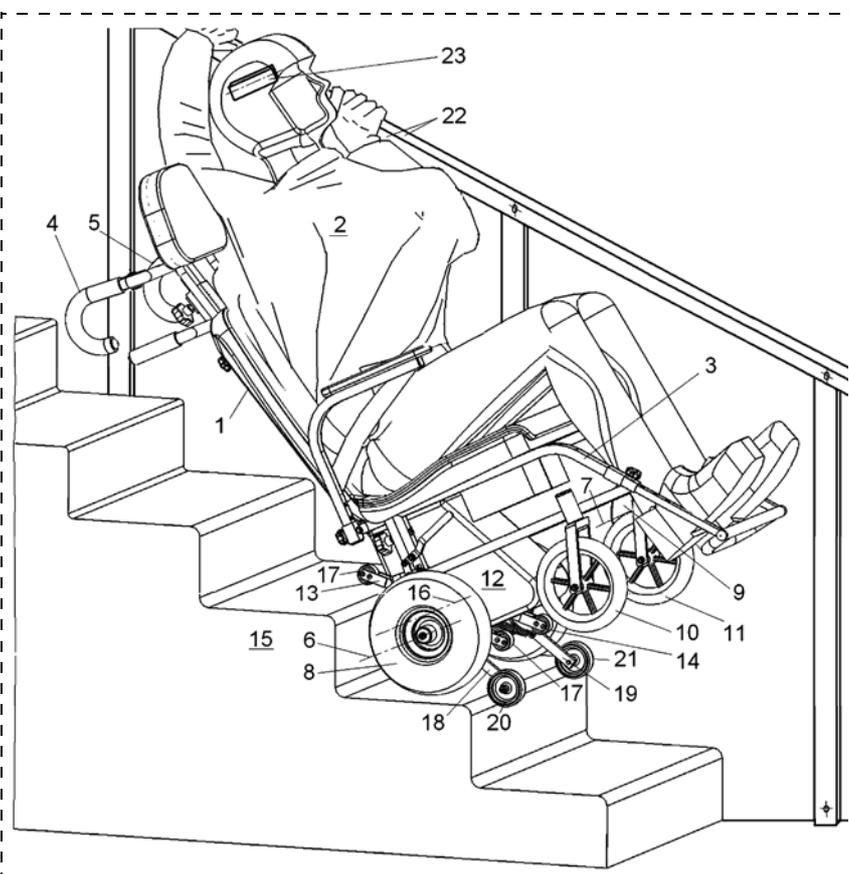


Рис. 3. Положение самоходной коляски в процессе преодоления лестничного марша вверх сразу после перевода коляски в положение "баланс" и последующего включения шагающего движителя, или при регулярном движении вверх или вниз, вид снизу-сбоку:

1 — кресло; 2 — пользователь; 3 — рама, желательна переменной высоты, предпочтительно телескопической (с фиксатором в укороченном и в удлиненном положениях); 4, 5 — рукоятки; 6, 7 — оси; 8, 9 — неприводные (пассивные) колеса; 10, 11 — поворотные колеса; 12 — электромеханический привод (как правило, электродвигатель с редуктором, связанные с автономным источником электропитания) двухопорного рычажного шагающего движителя (ШД); 13, 14 — вращающиеся рычаги ШД (устройство подробнее описано в патенте [7]); 15 — ступени лестницы; 16 — ось, фиксированная относительно рамы; 17 — опорные фрикционные элементы рычагов; 18, 19 — рычаги автоматических тормозов; 20, 21 — опорные ролики автоматических тормозов; 22 — поручни (перила) лестницы; 23 — система управления на основе датчика Холла или аналогичных устройств

Он заключается (рис. 3) в движении по лестнице в сидячем, в кресле 1, положении пользователя 2, за счет рычажного шагающего движителя (ШД) 13, 14, 17 с электромеханическим приводом 12, причем опоры на ступени лестницы 15 осуществляют попеременно либо парой вращающихся рычагов 13, 14, либо парой колес 8, 9.

Для преодоления лестничного марша вверх пользователь:

— подъезжает к первой нижней ступени лестничного марша задним ходом до упора колесами 8, 9 в край ступени 15;

— включает или переключает питание электродвигателя 12 в ждущий режим;

— фиксирует свои тело 2 и при необходимости ноги относительно коляски в продольном и поперечном вертикальном направлениях (например, ремнем безопасности и фиксаторами ног), если они не были зафиксированы ранее;

— включает привод 12 в режиме заднего хода и выключает его после упора рычагов 13, 14 с опорными фрикционными элементами 17 в опорную поверхность ступени 15;

— переводит коляску в устойчивое, по своим ощущениям, двухопорное, на рычагах 13, 14, положение "баланс" за счет инерционных телодвижений и/или силового взаимодействия с одним или двумя поручнями 22 лестничного марша, преимущественно в режиме хвата кистями;

— включает привод 12 в режиме заднего хода и продолжает поддерживать положение "баланс" с попеременным контактом рычагов 13, 14 и колес 8, 9 до полного преодоления лестничного марша в режиме, как правило, непрерывной работы привода 12 или вынужденной остановки.

Для преодоления лестничного марша *вниз* пользователь:

— подъезжает к первой верхней ступени 15 лестничного марша передним ходом до безопасной, по условию устойчивости, дистанции;

— включает или переключает питание электродвигателя 12 ШД в ждущий режим;

— фиксирует свои тело 2 и, при необходимости, ноги относительно коляски в продольном и поперечном вертикальном направлениях, если они не были зафиксированы ранее;

— переводит коляску в устойчивое, по своим ощущениям, двухопорное положение "баланс" за счет инерционных телодвижений и/или силового взаимодействия с одним с одним или двумя поручнями 22 лестницы, преимущественно в режиме хвата кистями;

— включает привод 12 в режиме переднего хода;

— продолжает поддерживать положение "баланс" до полного преодоления лестничного марша или вынужденной остановки.

*Предусмотрены и дополнительные особенности способа, направленные на более эффективное решение поставленной задачи безопасности движения:*

— подъезд к первой нижней ступени задним ходом можно осуществлять посредством привода 12, а подъезд к первой верхней ступени передним ходом — на колесах 8, 9, например за счет мускульной силы верхних конечностей и торса;

— подъезжать к первой нижней ступени задним ходом можно за счет подтягивания верхними конечностями за сгоны поручней;

— включать привод 12 в режимах переднего и заднего ходов можно путем определенного поворота и/или наклона головы на относительно большой, достаточный для исключения случайных срабатываний, угол при наличии системы управления на основе датчика Холла или аналогичных устройств, или путем подачи голосовой команды при наличии системы управления на основе голосового интерфейса, или иным аналогичным способом; в последнем случае, по преодолении первой нижней и/или верхней ступени 15 привод 12 можно выключить поворотом и/или наклоном головы в обратную сторону или подачей альтернативной голосовой команды или отключающей командой иного способа управления, выдержать, при необходимости, паузу для психофизиологического закрепления приобретенных таким образом навыков управления равновесием и движением, снова включить привод и осуществить шагание в таком режиме минимум еще на одну ступень, в зависимости от необходимой и достаточной степени приобретенных навыков и индивидуальных особенностей, после чего включить привод 12 в режиме непрерывной работы до полного преодоления лестничного марша или вынужденной остановки;

— привод 12 в непрерывном режиме его работы можно включить путем перевода, например ручным тумблером или определенным движением головы, отличным от движений, включающих-выключающих привод 12, системы управления в другом режиме, при котором привод 12 включается упомянутым поворотом и/или наклоном головы, а выключается повторным ее поворотом или наклоном, т. е. в ту же сторону, с предварительным возвратом в исходное положение, после чего включить привод, повернуть голову в исходное положение, а по завершении преодоления лестничного марша, или, в случае необходимости промежуточной остановки, выключить привод 12 очередным поворотом головы;

— привод в непрерывном режиме его работы можно включить путем перевода, например ручным тумблером или голосовой командой, отличной от команд, включающих-выключающих его;

— по завершении шагового перемещения на очередную ступень в направлении подъема или спуска коляски, хват поручня кистью верхней конечности в момент опоры на колеса 8, 9 при вывешенных рычагах 13, 14 можно переносить в направлении перемещения коляски по лестнице примерно на величину указанного шагового перемещения, при этом, в случае использования одного поручня 22, хват кистями можно переносить поочередно;



— для преодоления лестничного марша вниз можно подъехать к первой верхней ступени лестничного марша передним ходом до безопасной, по условию не срыва со ступени 15, дистанции, обеспечиваемой автоматической тормозной системой.

Первый вариант устройства упомянутой здесь автоматической тормозной системы предполагал использование вынесенных вперед (перед колесами 8, 9) рычагов 18, 19 и роликами 20, 21 на концах и ленточных тормозов (не показаны). Однако, испытания еще на ходовом макете коляски показали не только недостаточную силу трения в паре "лента—ступица колеса (барабан)", но и зависимость срабатывания тормозов от угла наклона рамы 3 коляски, что, естественно, по отдельности и в совокупности не отвечало требованиям безопасности эксплуатации коляски. Поэтому была разработана и успешно испытана принципиально другая, "лентозамещающая" конструкция (подробности не приводятся в связи с работами по патентованию устройства нового автоматического тормоза и возможно будут доведены до читателя в следующей статье по этой тематике).

Поскольку развитие проблемы безопасности движения колясок-подъемников "Вектор" по лестнице в режиме "без ассистента" потребовало дополнительных технических решений и их практической реализации и в части устройства коляски, представляется необходимым отметить также вынужденное введение в конструкцию некоторых дополнительных элементов пассивной безопасности, в частности рычажные "буферные" ограничители опрокидывания коляски назад при подъеме (приоритетно) и спуске (на рис. 3 не просматриваются), монтируемые на раме 3 позади и выше колес 8, 9 и ШД и устанавливаемые спереди "направляющие лестничного хода" (подробности также пока не приводятся в связи с патентованием), ограничивающие опрокидывание коляски вперед при подъеме и спуске (приоритетно).

Ведутся авторские разработки по активным средствам безопасности на лестнице (воздушные подушки, срабатывающие от пиропатронов).

Приоритет разработки способа самостоятельного перемещения на коляске обеспечен заявкой на изобретение (собственно устройства колясок-подъемников "Вектор" защищены ранее серией патентов на изобретения [6, 7]).

### Заключение

Использование описанного способа, в сочетании с некоторыми техническими решениями по модернизации устройства коляски модельного ряда (семейства) "Вектор", позволяет пользователю перемещаться по лестничным маршам самостоятельно без помощи ассистента, при достаточном высоком, во всяком случае, на достигнутом уровне разработки ТСП семейства "Вектор" уровне безопасности. Авторские предложения следует рассматривать как меры, компенсирующие неизбежное априорное снижение уровня эксплуатационной безопасности таких ТСП при исключении из данной "человеко-машинной системы" ассистента.

### Список литературы

1. Патент GB 2290757, A61G 7/10, B62B 1/22, A61G 5/00, 7/10, 10.01.1996.
2. Патент SU 1607806 A1, A61G 5/06, 23.11.1990.
3. Elektrische Treppensteiger. Hersteller / Manufacturer SANO Transportgeraete GmbH. — Am Holzpoldigut 22 4040 Linz/Lichtenberg. AUSTRIA (Каталог австрийской фирмы SANO). — 15 с. — <http://www.sano-stair-climber.com>; [www.sano-treppensteighilfe.com](http://www.sano-treppensteighilfe.com).
4. S-max — der Treppensteiger für Ihren Rollstuhl. AAT Alber Antriebstechnik GmbH/ Postfach 10 0560 D-72426 Albstadt (Каталог S-MAX германской фирмы AAT). — 8 с. — <http://www.aat-online.de>.
5. S-max — der universelle Treppensteiger. AAT Alber Antriebstechnik GmbH/ Postfach 10 0560 D-72426 Albstadt (Каталог S-MAX германской фирмы AAT). — 8 с. — <http://www.aat-online.de>.
6. Патент RU 2304952 C1, A61G 5/06, B62B 11/00, 27.08.2007.
7. Патент RU 2368366 C1, A61G 5/06, 19.02.2008.

## НОВЫЕ КНИГИ



Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана в 2010 году выпустило книгу  
**"Кафедра "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана: прошлое, настоящее и будущее. 1930—2010"** / Под ред. Г. П. Павлихина. — 239 с.

В ней рассмотрены основные периоды развития кафедры, связанные с этапами развития МГТУ им. Н. Э. Баумана.

УДК 621.311

**И. Г. Гоголев**, д-р техн. наук, **Т. А. Николаева**, д-р пед. наук,  
**А. М. Дроконов**, канд. техн. наук, Брянский государственный технический  
университет  
E-mail: heat@tu-bryansk.ru

## Влияние расхода охлаждающего воздуха на структуру потока и шумоизлучение турбинной ступени

*Исследовано влияние расхода охлаждающего воздуха, вытекающего из выходных кромок направляющих лопаток, на параметры основного потока и акустические показатели осевой турбинной ступени давления средней веерности.*

**Ключевые слова:** высокотемпературная турбина, охлаждающий воздух, направляющий аппарат, направляющая лопатка, рабочая лопатка, рабочее колесо, степень турбулентности потока, уровень звукового давления.

**Gogolev I. G., Nikolaeva T. A., Drokonov A. M. Influence of flow of cooling air to the structure of the flow and noise level of turbine.**

*Investigation of the influence of flow of cooling air flowing off the edges of guide vanes on the parameter of main stream and acoustic performance of axial turbine stage pressure medium fanning.*

**Keywords:** high-temperature turbine, cooling air guide vane, guide vane, a working blade, impeller, the degree of turbulence, the sound pressure level.

Повышение тепловой экономичности цикла газотурбинных установок (ГТУ), наряду с уменьшением удельного расхода воздуха, может быть достигнуто за счет повышения температуры рабочих газов. Вместе с тем, выбор начальной температуры ограничивается допускаемыми напряжениями используемых материалов. В результате в ГТУ устанавливаются начальные температуры рабочего тела существенно ниже теоретически возможных при сжигании обычно применяемых топлив с минимальным избытком воздуха. Поэтому возникает потребность в использовании искусственных приемов охлаждения деталей высокотемпературных газовых турбин с целью создания разности температур между газом и омываемыми им деталями.

Следует учитывать, что применение любой системы охлаждения приводит к уменьшению полезной мощности установки, возможной к реализа-

ции при заданных термодинамических параметрах, так как при отводе теплоты в процессе расширения сокращается теплоперепад, располагаемый для превращения в полезную работу. Однако снижение теплонапряженности элементов ГТУ позволяет расширить термодинамические потенциалы цикла, что в итоге обеспечивает прирост КПД агрегата.

В газотурбостроении наиболее широко распространена открытая система охлаждения направляющих и рабочих лопаток (НЛ и РЛ), в которой воздух, отбираемый из компрессора, охладив лопатки, поступает в проточную часть турбины и, смешиваясь с основным потоком, совершает работу в отсеке. Система достаточно проста в конструктивном отношении и надежна в эксплуатации, а потому является в настоящее время единственным практически применяемым (в промышленных масштабах) устройством охлаждения газовых турбин.

При этом следует отметить, что наиболее тяжелые условия работы наблюдаются в направляющем аппарате (НА) первых ступеней ГТУ, которые подвергаются воздействию высоких термодинамических нагрузок, например, за счет восприятия газов из камеры сгорания, в которых может быть нестореженный конденсат, а также вследствие окружной неравномерности распределения температуры газов перед НА.

В отличие от РЛ, температура которых мало отличается от температуры теплоносителя при стационарных режимах эксплуатации установок, отдельные НЛ могут иметь температуру на 100...150 °С выше средней температуры газа. Так как НЛ обладают достаточно большой площадью профиля, изменение температуры рабочего тела при пуске, останове и переходных режимах работы энергоблока вызывает в них высокие термические нагрузки, которые накладываются на изгибающие напряжения высокого уровня, что создает термоусталостные напряжения, способствующие образованию кромочных трещин. Наряду с этим в охлаждаемых НЛ на стационарных режимах эксплуатации



наблюдаются значительные температурные градиенты, постоянные во времени. В этих условиях происходит релаксация напряжений, что способствует прогрессирующему изгибу кромок, а при высоких термических нагрузках и всего профиля НЛ [1].

В высокотемпературных ГТУ широко применяются охлаждаемые НЛ с встроенным дефлектором. Выпуск охлаждающего агента в проточную часть производится преимущественно через щели, размещаемые либо непосредственно в выходной кромке, либо вблизи ее, обычно в корытце профиля.

Взаимосвязь процессов течения в области выходной кромки охлаждаемых НЛ, дополнительные потери энергии, возникающие при смешивании сбрасываемого в проточную часть охладителя с теплоносителем, интенсификация за счет этого аэродинамического шума в настоящее время остаются малоизученными. Процессы истечения хладагента формируют нестационарные явления при взаимодействии НЛ и РЛ вследствие меняющихся полей давления в межвенцевом зазоре и, как следствие, деформацию потока в межлопаточных каналах решеток и за ними, что оказывает влияние на прочностные характеристики сопловых и рабочих венцов и уровень излучаемого звукового давления.

Таким образом, процесс истечения хладагента из НЛ оказывает влияние на экономичность, надежность и экологичность турбинных отсеков, что и составило предмет исследования.

Объектом изучения служила турбинная ступень с втулочным отношением  $d/l = 7,0$  (при высоте рабочей лопатки  $l = 50$  мм), углом входа в НЛ  $\alpha_0 = 90^\circ$  и углом выхода  $\alpha_1 = 27^\circ$ , оснащенная полыми сопловыми лопатками, в которые из кольцевой втулки, размещенной в корневой области направляющего аппарата (модель НА) поступал охлаждающий агент (воздух), отбираемый из общего воздуховода экспериментальной установки. Вдоль выходных кромок НЛ испытываемой модели выполнены сплошные выпускные щели шириной 0,4 мм, служащие для истечения охладителя ("холодного" воздуха) в межвенцевой зазор ступени. Относительный расход охлаждающего агента (в долях от расхода воздуха через ступень) варьировался в пределах  $\Delta\bar{G} = 0...0,04$ . Расчетное значение  $\Delta\bar{G}$  для моделируемого турбинного отсека составляло  $\Delta\bar{G} = 0,02$ . В процессе исследований посредством термоанемометров изучались нестационарные течения за НА и РК, а с использованием шумомерической аппаратуры — звуковое поле за ступенью. Программа экспериментов включала следующие исследования.

1. Изучение влияния расхода охлаждающего агента, вытекающего из НЛ ( $\Delta\bar{G} = 0...0,04$ ), на распределение за направляющим аппаратом чисел

Маха  $M_{c1}$ , степени турбулентности потока  $\epsilon_1$ , углов выхода  $\alpha_1$ , относительного полного давления  $\bar{P}_1^* = P_1^*/P_0^*$  где  $P_1^*$  и  $P_0^*$  — полное давление соответственно за сопловой решеткой и перед ней при испытании НА в изолированных условиях, т. е. без РК.

2. На режиме работы турбинного отсека с отношением  $u/c_1 = 0,45$  (здесь  $u$  — окружная скорость на среднем диаметре РК;  $c_1$  — абсолютная скорость выхода потока из НА) изучалось влияние расхода охладителя на степень реактивности, осевое давление на венец РЛ, эффективность ступени, значения  $M_{c1}$  и  $\epsilon_1$ .

3. Изучение влияния расхода хладагента на распределение за турбинной ступенью чисел Маха  $M_{c2}$  и степени турбулентности потока  $\epsilon_2$ .

4. Изучение влияния расхода "холодного" воздуха на уровень создаваемого ступенью шума в ближнем и дальнем от нее звуковых полях.

Структура потока за НА в изолированных условиях его эксплуатации изучалась в контрольном сечении, расположенном на аксиальном удалении  $\Delta z = 5$  мм от выходных кромок НЛ.

Исследование параметров проводилось на среднем диаметре ступени вдоль шага сопловой решетки  $t_1$  в направлении от зоны высокого давления к спинке лопатки. При испытаниях, выполненных в области чисел Маха  $M_{c1} = 0,32$  и Рейнольдса  $Re_{c1} = 4,0 \cdot 10^5$ , было изучено распределение по шагу локальных значений  $M_{c1}$  и степени турбулентности потока  $\epsilon_1$ .

Как видно из рис. 1, *a*, увеличение расхода охлаждающего воздуха  $\Delta\bar{G}$  способствует росту числа  $M_{c1}$  в кромочном следе НЛ.

Распределение степени турбулентности потока характеризуется максимумом в закромочном секторе, где непосредственно за щелью формируется наибольший перепад скоростей с созданием касательного напряжения в потоке на границах его смежных экстремальных зон (рис. 1, *б*).

Наибольшая локальная степень турбулентности потока в области выходных кромок сопел достигается при малых расходах на охлаждение, в то время как увеличение  $\Delta\bar{G}$  до 0,03 воздействует на описываемые максимумы сдерживающие (рис. 1, *б*). При этом процесс выдувания "холодного" воздуха практически не оказывает влияния на уровень  $\epsilon_1$  в ядре потока (вне зоны аэродинамического следа НЛ).

На рис. 2 проиллюстрировано распределение углов выхода потока  $\alpha_1$  вдоль шага решетки  $t_1$  изолированного соплового аппарата при нескольких значениях объемного расхода охлаждающего воздуха. Из него следует, что истечение хладагента через выходные кромки оказывает влияние на

структуру основного потока за направляющей решеткой. Так, при всех значениях  $\Delta\bar{G}$  наблюдается рост угла  $\alpha_1$  при приближении к кромке со стороны противоположной вращению РК с резким его уменьшением при переходе в область спинки лопатки. При небольшом расходе охладителя ( $\Delta\bar{G} = 0,01 \dots 0,02$ ) происходит постепенное увеличение угла выхода  $\alpha_1$  основного потока со стороны корытца лопатки.

С возрастанием  $\Delta\bar{G}$  до  $0,03 \dots 0,04$  уменьшается градиент изменения  $\alpha_1$  на значительной части соплового канала, а контрастируемая зона формируется непосредственно у выходной кромки с резким ростом угла в области вогнутой поверхности профиля из-за местного увеличения расходной составляющей.

Вследствие роста скорости газа в зоне повышенного давления шагового участка НА наблюдается интенсивное эжектирование потока в область разряжения и, как следствие, подсос теплоносителя в зону

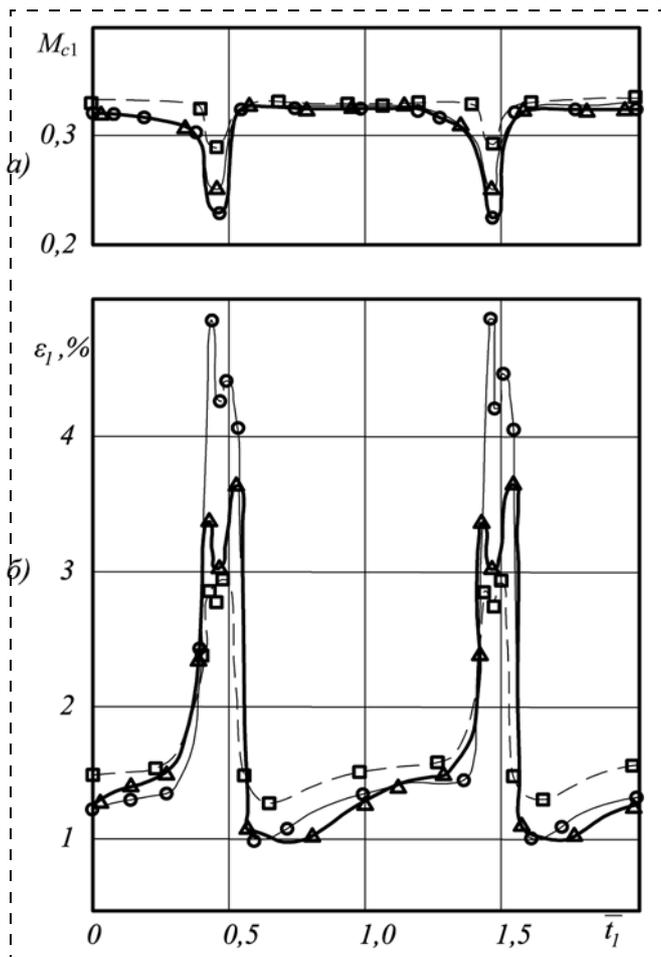


Рис. 1. Изменение числа  $M_{c1}$  (а) и степени турбулентности потока  $\varepsilon_1$  (б) по шагу  $\bar{t}_1$  на среднем диаметре изолированного НА при различных относительных расходах охлаждающего воздуха: о—о —  $\Delta\bar{G} = 0,01$ ;  $\Delta-\Delta$  —  $\Delta\bar{G} = 0,02$ ;  $\square-\square$  —  $\Delta\bar{G} = 0,03$

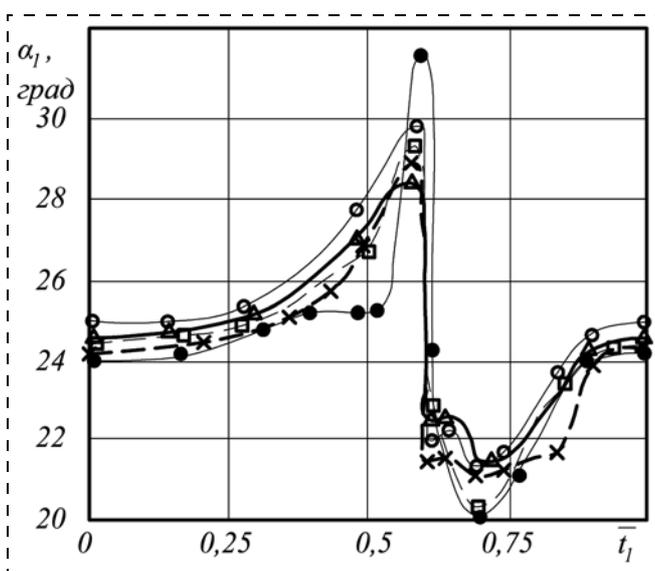


Рис. 2. Изменение угла выхода потока  $\alpha_1$  по шагу  $\bar{t}_1$  на среднем диаметре изолированного НА при различных относительных расходах охлаждающего воздуха:

$\times-\times-\times$  —  $\Delta\bar{G} = 0$ ; о—о —  $\Delta\bar{G} = 0,01$ ;  $\Delta-\Delta$  —  $\Delta\bar{G} = 0,02$ ;  $\square-\square$  —  $\Delta\bar{G} = 0,03$ ;  $\bullet-\bullet$  —  $\Delta\bar{G} = 0,04$

спинки. При этом в пограничном слое возрастает турбулизация потока и линии тока отклоняются от ее поверхности, но с увеличением  $\Delta\bar{G}$  наблюдается процесс ламинаризации течения основного потока в этом секторе и уменьшение угла его выхода из НА.

Влияние истечения охладителя на величину потока НА  $\bar{P}_1^*$  в значительной мере зависит от величины  $\Delta\bar{G}$  (рис. 3). Так, при  $\Delta\bar{G} = 0,01$  изменение  $\bar{P}_1^*$  мало отличается от режима работы решетки с выключенной системой охлаждения ( $\Delta\bar{G} = 0$ ). Увеличение расхода "холодного" воздуха в проточную часть вызывает снижение потерь энергии в закрочном следе, а при  $\Delta\bar{G} > 0,02$  наблюдается значительный рост полной энергии в области щели, так как в этой зоне формируется локальный поток, обладающий наибольшей скоростью (см. рис. 3).

Исследование процессов истечения охлаждающего воздуха в проточную часть турбинного отсека, выполненное на динамическом стенде при числах Маха  $M_{c1} = 0,45$ , позволило установить следующие закономерности.

Незначительное повышение совершаемой турбиной полезной работы наблюдается преимущественно на частичных режимах эксплуатации при высоких расходах хладагента, что можно объяснить возрастанием в этих условиях в нисходящем потоке НА чисел  $M_{c1}$  и, следовательно, касательной составляющей скорости  $c_{1u}$ .



Установлено также, что при истечении небольшого количества охлаждающего воздуха ( $\Delta\bar{G} = 0,01$ ) происходит снижение степени реактивности ступени и осевого усилия на лопатки РК на 2...4 % (в зависимости от режима работы).

Исследование структуры потока в межвенцевом зазоре ступени (сечение 1) и за РК (сечение 2) выполнялось при работе турбинного отсека на режиме, близком к оптимальному ( $u/c_1 = 0,45$ ).

В выходном сечении соплового аппарата, работающего в турбинном отсеке, охлаждающий поток вызывал некоторый спад  $M_{c1}$  при малых его расходах ( $\Delta\bar{G} = 0,01$ ). С ростом расхода охладителя профиль  $M_{c1}$  восстанавливался, а при повышенных его значениях ( $\Delta\bar{G} = 0,04$ ) приобретал скачкообразную форму (рис. 4, а).

Влияние охлаждающей струи на нестационарность поля турбулентности основного потока незначительно и эпюры  $\epsilon_1$  различаются только в выраженных максимумах, которые формируются спадом значений критерия  $M_{c1}$  в кромочном следе (рис. 4, б). "Слабое" истечение ( $\Delta\bar{G} = 0,01$ ) ввиду малой кинетической энергии "холодной" струи приводит к турбулентному подъему с ярко выраженной экстремальной зоной, а увеличение охлаждающего агента до  $\Delta\bar{G} = 0,03$  способствует снижению максимума и некоторому сужению кромочного участка.

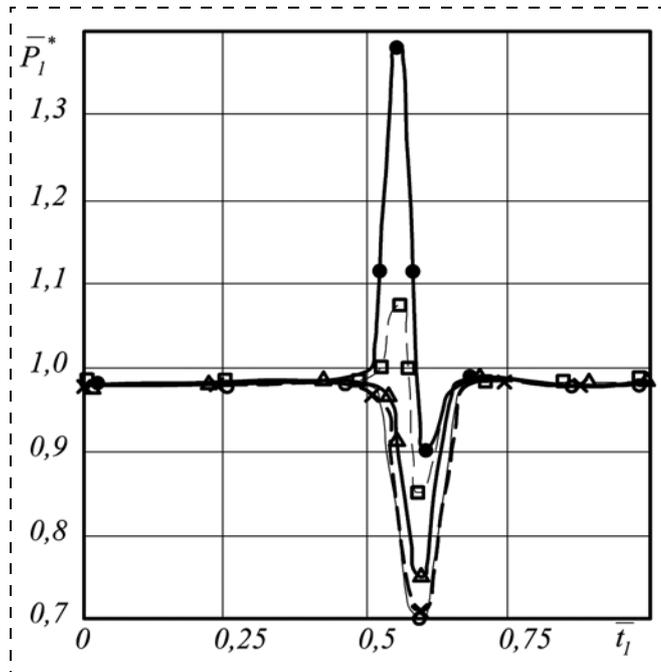


Рис. 3. Изменение относительного полного давления  $\bar{P}_1^*$  по шагу  $\bar{t}_1$  на среднем диаметре изолированного НА при различных относительных расходах охлаждающего воздуха (обозначения см. на рис. 2)

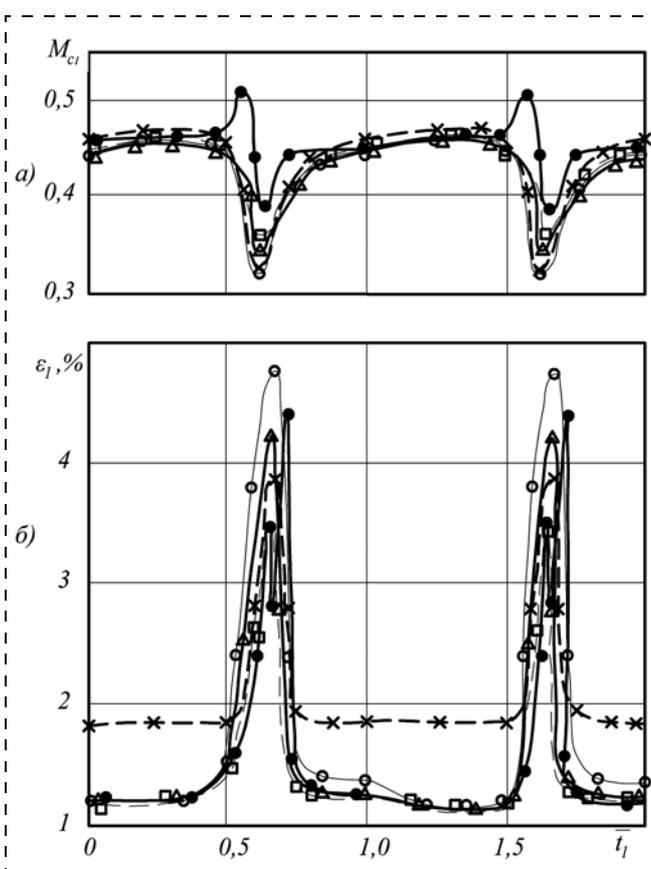


Рис. 4. Изменение числа  $M_{c1}$  (а) и степени турбулентности потока  $\epsilon_1$  (б) по шагу  $\bar{t}_1$  на среднем диаметре за НА турбинной ступени при различных относительных расходах охлаждающего воздуха (обозначения см. на рис. 2)

Параметры охлаждающей струи при  $\Delta\bar{G} = 0,04$  способствуют росту  $\epsilon_1$  в зоне выходных кромок НЛ и образованию двух выраженных максимумов. Причиной тому служит скорость охлаждающего агента, которая превышает энергию основного потока. Это вызывает дополнительные скоростные градиенты и интенсивные импульсные обмены.

Проиллюстрированное на рис. 5, а распределение локальных значений чисел Маха  $M_{c2}$  на среднем диаметре сечения 2 отсека свидетельствует, что выраженные спады в кромочных следах за НА в основном сглаживаются РК турбины. Вместе с тем, в распределении степени турбулентности потока  $\epsilon_2$  они более отчетливы (рис. 5, б). Средняя степень турбулентности нисходящего потока за РК на 2 % превышает значение этого параметра за НА. Аналогичные результаты получены в других исследованиях, например, описанные в работе [2].

Аэродинамические процессы, возникающие в проточной части высокотемпературных газовых турбин при истечении охладителей через щели в выходных кромках НЛ, формируют физические явления,

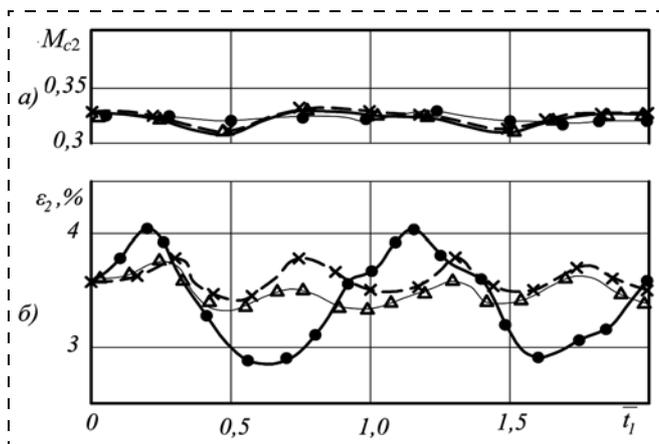


Рис. 5. Изменение числа  $M_{c2}$  (а) и степени турбулентности потока  $\varepsilon_2$  (б) по шагу  $\bar{t}_1$  на среднем диаметре за РК турбинной ступени при различных относительных расходах охлаждающего воздуха (обозначения см. на рис. 2)

генерирующие звуковое поле, излучаемое установкой в окружающее пространство. Характеристики этого параметра были исследованы на режиме работы турбинной ступени, близком к оптимальному.

Измерения звукового давления ( $L$ , дБ) выполнялись в выходном тракте ступени на аксиальном удалении от РК  $\Delta z = 30$  мм (ближнее поле) и  $\Delta z = 200$  мм (дальнее поле) при различных расходах охлаждающего агента  $\Delta \bar{G}$ . В целях комплексного анализа адекватных акустических процессов были выполнены замеры шума данной ступени, оборудованной сопловым аппаратом (модель НА1) с лопатками, имеющими сплошную (без щелей) круглую выходную кромку ( $r = 1,5$  мм), т. е. предназначенной для использования в неохлаждаемых ГТУ.

Замеры звукового спектра в ближнем поле на частоте 4,0 кГц, наиболее чувствительной для органов слуха, показали, что исследованный турбинный отсек с аппаратом модели НА обладает наименьшей акустической мощностью при расходе "холодного" воздуха  $\Delta \bar{G} = 0,03$ , а при  $\Delta \bar{G} = 0,04$  — ее значение близко к среднему значению для испытанного диапазона расхода хладагента (рис. 6). Различие уровней шума для режимов работы с  $\Delta \bar{G} = 0 \dots 0,04$  составляло примерно 2 дБ.

Рассматривая в ближнем поле средние уровни звукового давления в спектре частот до 20 кГц, можно отметить неравномерность значений  $L$  с возрастанием его величин примерно на 1,5 дБ при  $\Delta \bar{G} = 0,02 \dots 0,04$  в сравнении с другими режимами (см. рис. 6). При оснащении ступени сопловым аппаратом НА1 интенсивность излучаемого на частоте 4,0 кГц шума была близка к звуковому режиму работы турбинного отсека, оборудованного моделью НА при расходе через него "холодного" воздуха  $\Delta \bar{G} = 0,03$  (см. рис. 6).

Дальнее звуковое поле на частоте 4,0 кГц для отсека с НА характеризуется монотонным снижением уровня генерируемой ступенью акустической мощности при росте расхода хладагента (см. рис. 6). Колебание среднего общего уровня звукового давления (в частотном диапазоне до 20 кГц) при изменении  $\Delta \bar{G}$  составило около 0,5 дБ. Несколько меньший уровень звукового давления такого характера зарегистрирован в ступени, оборудованной сопловым аппаратом модели НА1 (см. рис. 6). При этом следует отметить, что геометрия и форма щели в выходной кромке лопаток НА практически не оказывают влияния на вихревую структуру в турбинных решетках и их акустические характеристики.

На рис. 7 показаны зависимости осредненных значений уровня звукового давления в дальнем поле от относительного расхода хладагента в проточную часть для режима работы турбинного отсека с постоянной относительной частотой вращения и различными значениями чисел Маха  $M_{c1}$ . Как видно, влияние расхода "холодного" воздуха на уровень шума зависит от  $M_{c1}$ . Так, при невысоких числах Маха небольшие значения  $\Delta \bar{G}$  способствуют незначительному снижению излучаемого шума.

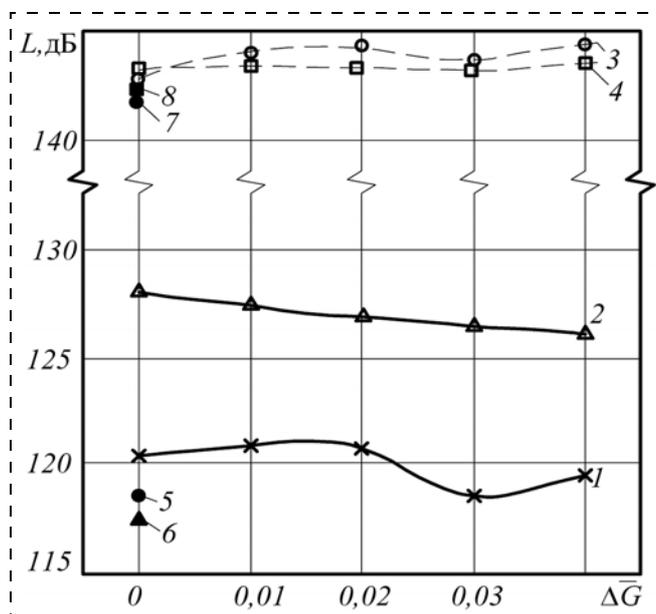


Рис. 6. Зависимости уровня звукового давления за турбинной ступенью  $L$  в ближнем ( $\Delta z = 30$  мм) и дальнем ( $\Delta z = 200$  мм) звуковых полях от относительного расхода охлаждающего воздуха  $\Delta \bar{G}$  при числе  $M_{c1} = 0,45$ :

модель НА: 1 и 2 — соответственно в ближнем и дальнем звуковых полях на частоте 4 кГц; 3 и 4 — соответственно в ближнем и дальнем звуковых полях, осредненные в диапазоне частот до 20 кГц; модель НА1: 5 и 6 — соответственно в ближнем и дальнем звуковых полях на частоте 4 кГц; 7 и 8 — соответственно в ближнем и дальнем звуковых полях, осредненные в диапазоне частот до 20 кГц

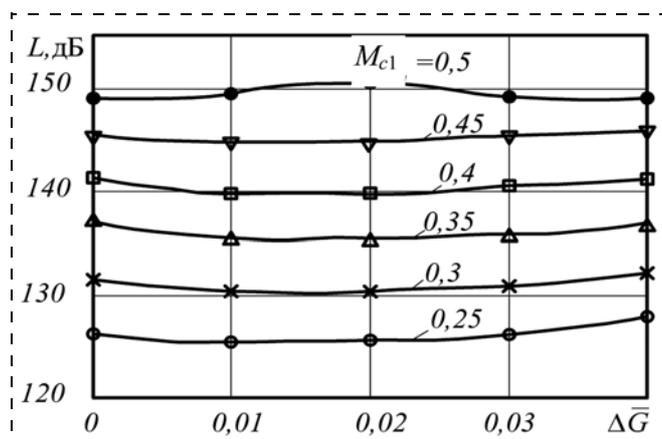


Рис. 7. Зависимости излучаемого турбинной ступенью уровня звукового давления  $L$ , осредненного в диапазоне частот до 20 кГц, от относительного расхода охлаждающего воздуха  $\Delta \bar{G}$  на режимах с постоянной относительной скоростью вращения при различных числах  $M_{c1}$

В испытанном варианте турбинного отсека и исследованном диапазоне чисел Маха с точки зрения создания нормальной акустической обстановки в зоне энергоблока можно рекомендовать впуск в проточную часть хладагента в количестве  $\Delta \bar{G} = 0,01$ .

Следует также отметить, что основным источником шума в турбинном отсеке является венец рабочих

лопаток. Уровень излучаемого РК звукового давления преимущественно зависит от геометрии проточной части, частоты вращения ротора, уровня виброактивности рабочих лопаток и углов атаки потока.

В целом выполненные исследования позволили установить влияние относительного расхода хладагента на показатели эффективности, надежности и экономичности турбомашин. Целесообразно проведение дальнейших комплексных исследований по изучению влияния хладагента, вытекающего в проточную часть турбины при различном конструктивном исполнении систем охлаждения (парциальном, струйном, щелевом, эффузионном, пористом) на энергетические показатели работы турбинных отсеков, что позволит осуществить их модернизацию, повысив при этом эксплуатационные характеристики энергоблоков.

#### Список литературы

1. Гоголев И. Г., Дроконов А. М., Фокин Ю. И., Николаева Т. А. Повышение надежности направляющих аппаратов высокотемпературных газовых турбин // Вестн. БГТУ. — 2007. — № 3. — С. 29–34.
2. Гоголев И. Г., Дроконов А. М. Аэродинамические характеристики ступеней и патрубков тепловых турбин. — Брянск, Брянское областное издательство "Грани", 1995. — 258 с.

УДК 62-784.431:331.45

**Б. Ч. Месхи**, д-р техн. наук, проф., **Ю. И. Булыгин**, д-р техн. наук, проф.,  
**А. Н. Михайлов**, канд. техн. наук, **А. В. Потемкина**, **О. С. Панченко**,  
Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону  
E-mail: reception@dstu.edu.ru

## Влияние конструктивных особенностей циклонных аппаратов на их аэродинамические свойства

Проведены сравнительные экспериментальные исследования и установлена связь между формой циклонных аппаратов и их аэродинамическими свойствами. Показано, что у циклонов с обратным конусом аэродинамические характеристики лучше, чем у цилиндрических аппаратов. Намечены пути дальнейших исследований по установлению влияния конструктивных параметров на их эффективность.

**Ключевые слова:** циклон, аэродинамические свойства, конструктивные параметры, эффективность пылеулавливания.

**Meskhi B. Ch., Bulygin Y. I., Mihailov A. N., Potjemkina A. V., Panchenko O. S. Influence of the constructive parameters of the cyclone apparatus on their aerodynamic properties**

Comparative experimental studies were conducted and connection between the form of cyclone apparatus and their aerodynamic properties had established. It's shown that aerodynamic properties of the cyclones with a reverse cone are better than in the cylindrical apparatus. Ways for further research on establishing the influence of constructive parameters of the cyclone apparatus on their effectiveness are planned.

**Keywords:** cyclone, aerodynamic properties, constructive parameters, efficiency dedusting.

#### Актуальность проблемы пылеулавливания

Для очистки загрязненного воздуха, выбрасываемого в атмосферу промышленными предприятиями, используется большое количество пылеулавли-

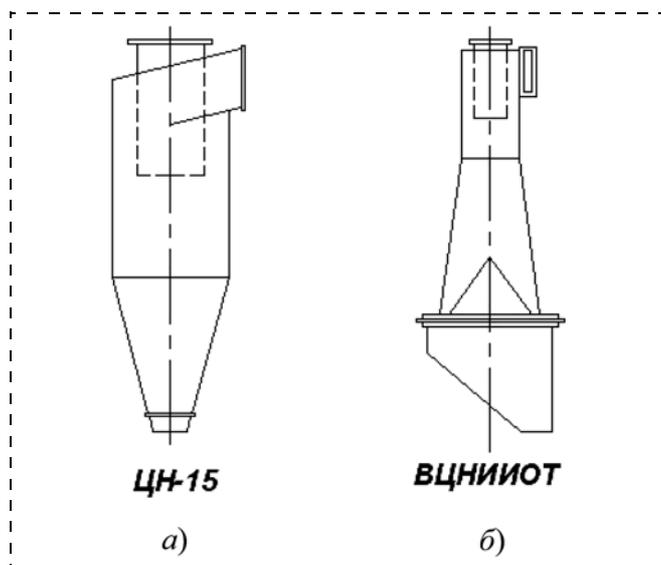


Рис. 1. Типы циклонов:  
а — цилиндрический; б — цилиндроконический

вающих устройств. Наибольшее распространение получили сухие инерционные пылеуловители, которые, как правило, имеют несложную конструкцию, обладают большой пропускной способностью и просты в эксплуатации. Характерными представителями этих пылеуловителей являются аппараты циклонного типа (циклоны).

Среди большого разнообразия конструктивных форм циклонов наибольшее распространение получили цилиндрические циклоны (рис. 1, а) и комбинированные циклоны с конической частью (рис. 1, б).

В настоящее время нет единого критерия для выбора оптимальной формы циклонов, однако в конструкциях наиболее современных циклонов все четче проявляется тенденция развития конусной части. Между геометрической формой циклонов и их эффективностью существует целый ряд связей, которые проявляются через сложную аэродинамику течений, возникающих в этих аппаратах [1].

**Обзор исследований аэродинамики циклонных пылеуловителей.** Изменение скорости газового потока всегда сопровождается изменением существующего в потоке статического давления. В криволинейном потоке наличие центробежных сил обуславливает изменение давления также в направлении, перпендикулярном линиям тока [1].

На рис. 2 представлено изменение тангенциальных составляющих скоростей (рис. 2, а) и статического давления (рис. 2, б), замеренное А. И. Тер-Линденом в нескольких поперечных сечениях циклона. Оказалось, что в сечениях, не слишком удаленных от входного, вблизи стенок давление мало отличается от давления во входном патрубке, а тангенциальная составляющая скорости примерно равна средней скорости входа в циклон. Ниже, в кони-

ческой части тангенциальные составляющие скоростей возрастают. Соответственно увеличивается скоростное давление и уменьшается статическое.

Во всех сечениях в периферийной части потока наблюдается увеличение тангенциальной составляющей скорости по радиусу по мере удаления от стенок циклона, причем форма кривой распределения скоростей действительно близка к гиперболе. Средняя часть потока характеризуется постоянством угловой скорости. Давление падает по радиусу к центру циклона, достигая минимума на оси вращения. Можно с достаточной для практических целей точностью определить разрежение, которое устанавливается в пылесборном бункере циклона.

Из практики хорошо известно, что при недостаточной герметизации пылевыпускного тракта через него происходит интенсивный подсос воздуха, сводящий на нет эффект сепарации [2].

Разрежение в районе пылевыпускного отверстия тем больше, чем больше нагрузка на циклон. При очень небольших скоростях и установке циклона на нагнетание можно добиться возникновения повышенного давления и избежать таким образом необходимости в устройстве герметичных бункеров [3].

Наличие радиального градиента давления обуславливает возникновение в циклонах вторичных циркуляционных течений, влияющих на эффективность пылеулавливания. Для частиц воздуха, находящихся в плоскости, удаленной от днища циклона, градиент давления уравнивается центробежной силой. Вблизи подвижных поверхностей тангенциальная составляющая скорости воздуха вследствие трения уменьшается, следовательно, уменьшается и центробежная сила. Так как градиент статического давления здесь такой же, как и на большом расстоянии от поверхности, равновесие между силами ста-

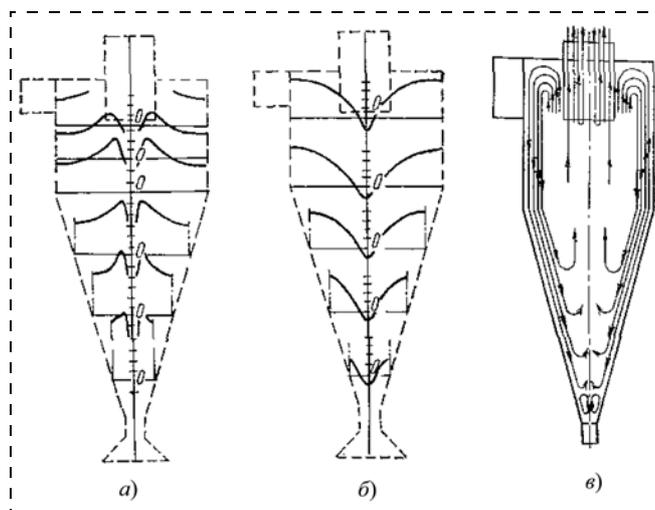


Рис. 2. Изменение тангенциальных скоростей (а) и статического давления (б), замеренные Тер-Линденом в поперечных сечениях циклона; схема циркуляции вторичных потоков в циклоне (в)



тического давления и центробежными силами нарушается и возникает реальное течение, направленное к оси вращения, т. е. радиальный или осевой сток. Из условия неразрывности этот сток в свою очередь вызывает осевое течение, направленное по внешней нормали к днищу, и подтекание воздуха вдоль образующих цилиндрической части циклона.

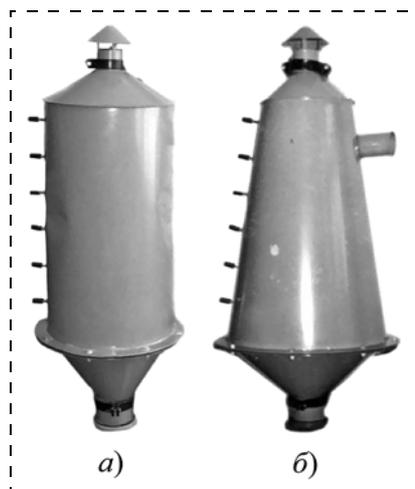
На рис. 2, в показана схема циркуляции, возникающей в циклоне. В верхней части аппарата вторичные токи сливаются с парным вихрем, образующимся при тангенциальном втекании струи в циклон. Образование парного вихря объясняется тем, что по мере удаления от оси вращения скорость газа уменьшается, вызывая возрастание давления. Повышение давления достигает наибольшей величины в слоях воздуха, прилегающих к внешней границе потока. Под влиянием этого давления воздух перетекает вдоль внешних границ в сторону низких давлений, образуя вторичный поток. Верхняя часть вторичного потока устремляется по кратчайшему пути к устью выхлопной трубы, а нижняя распространяясь вдоль образующих циклона формирует восходящий поток циклона.

Вторичные потоки оказывают большое влияние на эффективность циклонных аппаратов. Верхняя ветвь вихря является кратчайшим путем для выноса пыли в выхлопную трубу. Для ослабления этого влияния увеличивают глубину погружения выхлопной трубы. Исследования, проведенные ранее (В. Барт, А. И. Тер-Линден, А. И. Пирумов, Е. А. Штокман, А. А. Русанов и др.), показали, что с увеличением глубины погружения выхлопной трубы действительно наблюдается повышение эффективности, связанное, по-видимому, с уменьшением выноса вторичным течением пыли, не успевшей при меньшем погружении за короткое время формирования вращающегося потока перейти из слоев воздуха, опускающихся вдоль выхлопной трубы, в более удаленные слои. При дальнейшем погружении эффективность вновь падает.

Для каждой схемы циклонов существует оптимальная глубина погружения выхлопной трубы. После повышения этой глубины эффективность начинает снижаться, что может быть объяснено увеличением радиальных составляющих скоростей.

**Постановка задачи.** Таким образом, на данном этапе выполнения работ была поставлена задача — определить влияние конструктивных особенностей циклонных аппаратов на их аэродинамические свойства.

**Экспериментальные исследования.** На кафедре "Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды" (БЖиЗОС) Донского государственного технического университета (ДГТУ) в течение последних лет ведется научно-исследовательская работа (НИР) по исследованию аэродинамических характеристик и эффективности пылеулавливания циклонных аппаратов различной формы.



**Рис. 3. Циклонные аппараты:**

*a* — цилиндрический; *б* — конический

Одним из технических решений, разработанных на кафедре "БЖиЗОС" ДГТУ, является циклонный аппарат, выполненный в виде прямого конуса без цилиндрической части (рис. 3).

Предполагается, что данное техническое решение за счет улучшения аэродинамики аппарата в части изменения аэродинамического сопротивления и повышения роли гравитационных сил в процессе пылеулавливания позволит повысить эффективность пылеулавливания по сравнению с аппаратами, применяемыми в современной промышленности (циклоны с обратным конусом типа ВЦНИИОТ, ЦОК и пр.).

### Методы исследования аэродинамических свойств

Для решения поставленной задачи была собрана экспериментальная установка "Циклон" (рис. 4), на которой проводились испытания циклонных аппаратов двух форм: цилиндрического циклона (см. рис. 3, *a*) и конического циклона (см. рис. 3, *б*), разработанного на кафедре "БЖиЗОС" ДГТУ.

Корректность сравнения аэродинамических характеристик циклонных аппаратов, полученных на экспериментальной установке, обеспечивалась равенством заданных конструктивных параметров испытываемых аппаратов, основными из которых являлись объемы рабочей части цилиндров и диаметры входных и выходных патрубков (см. рис. 4). На данном этапе исследования проводились без учета влияния бункера.

Экспериментальная установка состоит из испытываемого циклонного аппарата 1, в теле которого выполнены шесть технологических отверстий с заглушками (отверстия расположены на равном расстоянии друг от друга по всей высоте рабочей части циклона, при проведении эксперимента в них устанавливаются приборы для измерения); подводящего трубопровода 2, дозатора 3, источника воздушно-

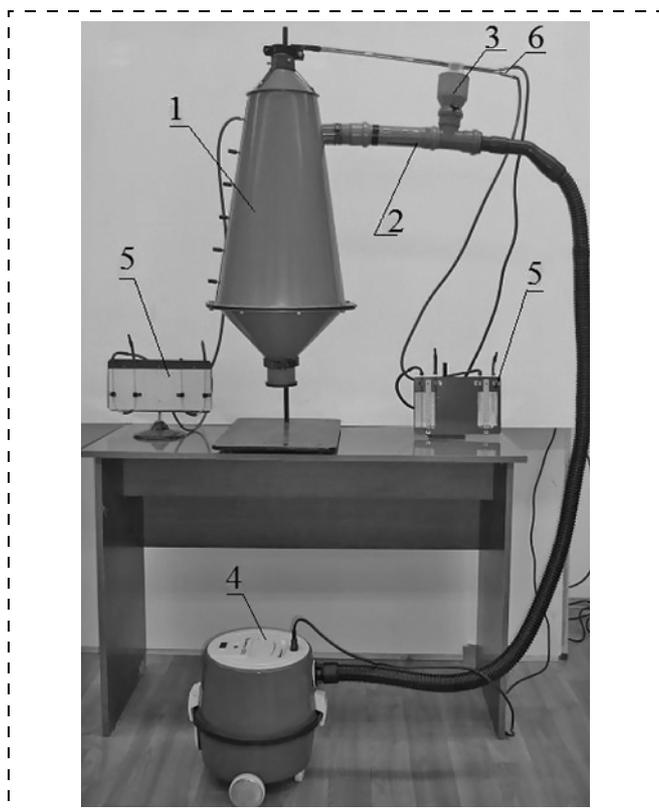


Рис. 4. Общий вид экспериментальной установки

го потока (побудителя расхода воздуха) 4, комплекта жидкостных манометров 5, трубок Пито 6.

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены значения динамических давлений  $P_{\text{дин}}$ , кг/м<sup>2</sup>, при различных скоростях потока. Зная динамическое давление, определяем среднюю скорость движения воздуха, м/с:

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{2gP_{\text{дин}}}{\rho}}, \quad (1)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>; при температуре 20 °С  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Для приближенных расчетов приведенная формула (1) может быть упрощена подстановкой в нее значений  $g$  и  $\rho$ :

$$v_{\text{ср}} = \sqrt{16P_{\text{дин}}} = 4\sqrt{P_{\text{дин}}}. \quad (2)$$

Зная скорость входящего потока воздуха и площадь поперечного сечения входного патрубка, можно рассчитать расход газа, м<sup>3</sup>/с:

$$Q = vS, \quad (3)$$

где  $v$  — скорость воздуха, м/с;  $S$  — площадь поперечного сечения входного патрубка, м<sup>2</sup>;  $S = \pi D^2/4$ . При круглых воздуховодах гидравлический диаметр численно равен диаметру воздуховода  $D$ .

### Исследование аэродинамических сопротивлений циклонных аппаратов

В ходе проведения экспериментальных исследований измерялся ряд параметров, характеризующих аэродинамические свойства аппаратов циклонного типа. На входном и выходном патрубках испытуемых аппаратов проводились измерения динамического  $P_{\text{дин}}$ , статического  $P_{\text{ст}}$  и полного  $P_{\text{полн}}$  давлений потока воздуха. Статическое давление измерялось в шести точках по высоте рабочего объема корпуса циклона. На основании полученных экспериментальных данных были выполнены расчеты скорости потока воздуха по высоте аппарата  $v$ .

Работа циклонов характеризуется рядом различных параметров, наиболее значимым среди которых является аэродинамическое сопротивление пылеуловителя  $\Delta P$ , мм вод. ст. Для его определения во входном и выходном патрубках исследуемых аппаратов измеряли полное, статическое и динамическое давление, а затем рассчитывали по формуле:

$$\Delta P = P_{\text{полн.вх.}} - P_{\text{полн.вых.}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{полн.вх.}}$ ,  $P_{\text{полн.вых.}}$  — сумма статического и динамического давлений соответственно во входном и выходном патрубках пылеуловителя, мм вод. ст.

Аэродинамическое сопротивление циклонного пылеуловителя  $\Delta P$  зависит от количества очищаемых газов, т. е. от производительности пылеуловителей. Поэтому, при сравнительном анализе исследуемых циклонов конструктивно была обеспечена их равная производительность. Объемы рабочей части цилиндрического и конического циклонов равны 0,027 м<sup>3</sup>; радиус рабочей части цилиндрического циклона — 0,131 м; высота — 0,5 м. При этом у конического циклона радиус в нижней части конуса равен 0,164 м, в верхней части конуса 0,09 м при той же высоте 0,5 м.

Коэффициент сопротивления пылеуловителя определяется из соотношения:

$$\xi = \frac{2g\Delta P}{\rho v^2}, \quad (5)$$

где  $\Delta P$  — аэродинамическое сопротивление пылеуловителя, Па;  $v$  — скорость газового потока, измеренная в каком-либо определенном сечении пылеуловителя или рассчитанная по формулам (1) или (2).

Полное, статическое и динамическое давления во входном и выходном патрубках циклонов измерялось при различных скоростях газового потока. Далее по формуле (4) определялось аэродинамическое сопротивление пылеуловителя.

Определив по формуле (1) скорость газового потока, по формуле (5) можно рассчитать коэффициент гидравлического сопротивления (КГС) циклона (рис. 5).

Измерения давлений проводились несколько раз и при одинаковых условиях, после чего принималось среднее значение давления. На основе полу-

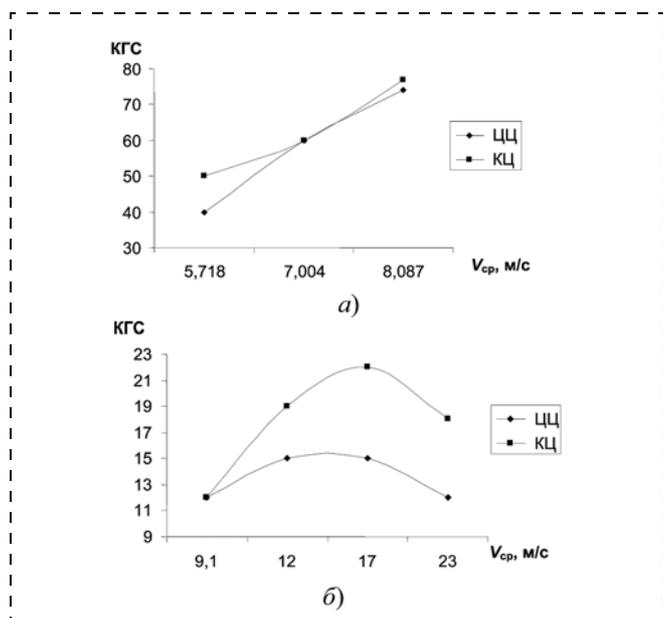


Рис. 5. Зависимости коэффициентов гидравлического сопротивления циклонных аппаратов разной формы от средней скорости воздушного потока:

*a* — в диапазоне малых средних скоростей; *б* — в диапазоне больших средних скоростей

ченных данных построены графики зависимости аэродинамических характеристик исследуемых циклонов от средней скорости воздушного потока, а также выявлены закономерности в изменениях статического давления по высоте циклонов (рис. 6).

Для определения влияния аэродинамики исследуемых циклонных аппаратов на процессы осаждения, на установке (см. рис. 4) был проведен следующий опыт. На вход циклонных аппаратов подавалась смесь воздуха с материалами различной грануляции (крупа, древесные опилки). Далее фиксировались моменты времени, когда происходил выброс сыпучего материала из выходного патрубка циклона и одновременно с этим осуществлялись замеры динамического давления потока воздушной смеси на входе и выходе циклона. При использовании материалов различной грануляции при определенной скорости воздушного потока из выхлопной трубы цилиндрического циклона наблюдался незначительный выброс мелких фракций сыпучего материала, в то же время из конического циклона при той же скорости воздушного потока выбросов смеси не наблюдалось.

Осаждение частиц в нижнем конусе циклонов и в специально изготовленном пластиковом прозрачном бункере имеет также некоторые отличительные особенности.

В цилиндрическом циклоне скорость вращения воздушного потока значительно выше, чем у конического циклона, что приводит к образованию более глубокой воронки сыпучего материала (рис. 7).

Это объясняется тем, что динамическое давление и скорость воздушного потока в нижней части цилиндрического циклона на выходе значительно выше, чем у конического (при одинаковых значениях динамического давления и одинаковой скорости потока воздуха на входе в циклоны) [4].

Кроме того, на данном этапе работы проводились исследования по влиянию глубины погружения вы-

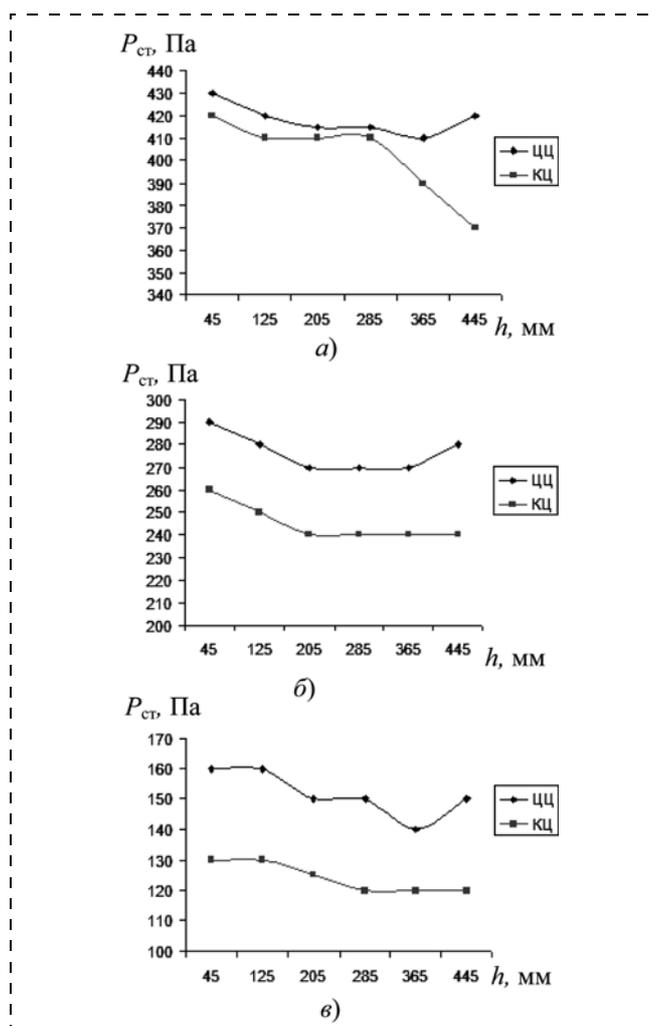


Рис. 6. Изменение статического давления  $P_{ст}$  по высоте цилиндрического и конического циклонов:

*a* —  $v_{cp} = 8$  м/с; *б* —  $v_{cp} = 7$  м/с; *в* —  $v_{cp} = 5,7$  м/с

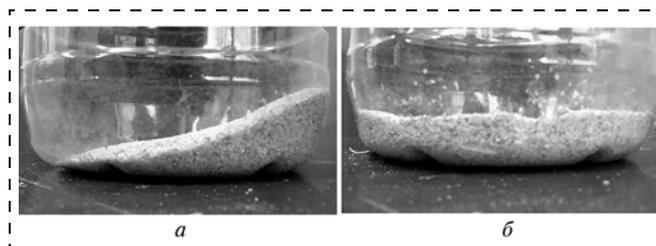


Рис. 7. Характер осаждения частиц в бункере:

*a* — конический циклон; *б* — цилиндрический циклон

хлопного патрубка на аэродинамические свойства циклонных аппаратов. Исследования проводились для конического и цилиндрического циклонов при глубине погружения выхлопного патрубка на 200, 250, 300 и 350 мм. По результатам исследований были построены следующие графики зависимостей:

1) график изменения статического давления циклонного аппарата от глубины погружения выхлопного патрубка (рис. 8);

2) график изменения сопротивления циклона от глубины погружения выхлопного патрубка (рис. 9).

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1) с увеличением скорости статическое давление повышается, причем при одних и тех же значениях скорости значения статического давления цилиндрического циклона несколько выше, чем значения статического давления конического циклона. Кроме того следует отметить, что независимо от скорости воздушного потока, с увеличением глубины погружения выходного патрубка, статическое давление несколько увеличивается и дойдя до своего максимального значения (при глубине погружения  $h = 300$  мм) опять начинает снижаться. Это позволяет предположить, что при глубине погружения выходного патрубка на  $h = 300$  мм эффективность пылеулавливания циклонных аппаратов может быть максимальной;

2) с увеличением глубины погружения выхлопного патрубка, при одних и тех же значениях скоростей, значения изменения сопротивления циклона у конического аппарата больше чем у цилиндрического, наиболее четко данный эффект просматривается при скоростях 11...16 м/с. Причем, при глубине погружения выходного патрубка  $h = 300$  мм, сопротивление конического циклонного аппарата принимает свои максимальные значения, что может говорить о наибольшей эффективности конического циклонного аппарата данной конструкции при глубине погружения выхлопного патрубка на глубину  $h = 300$  мм. Цилиндрический циклон обладает максимальным сопротивлением при глубине погружения выхлопного патрубка на  $h = 250$  мм, что может говорить о наибольшей эффективности цилиндрического циклонного аппарата данной конструкции при глубине погружения выхлопного патрубка на глубину  $h = 250$  мм.

Закономерность на данных графиках прослеживается недостаточно явно, есть точки, которые отклоняются от ожидаемых величин значения сопротивления циклона. Для получения более точных данных исследования будут проведены повторно с использованием высокоточного дифференциального манометра Testo-521 (Германия),

который также позволяет измерять скорость потока, и обеспечивает погрешность измерений 0,1 Па.

**Теоретические исследования.** На рис. 10, а представлена схема течений и распределение составляющих скорости воздушного потока в циклонном аппарате. В сильно закрученных потоках действующие на пылевые частицы центробежные силы преобладают над силами вязкости, что позволяет рассматривать движение закрученных воздушных потоков как потенциальное [5]. При вихрестроке в соответствии с принципом суперпозиций его можно представить в виде плоского вихря (рис. 10, б) и стока (рис. 10, в).

Тогда радиальная скорость воздушного потока  $v_r$ , м/с, исходя из уравнения неразрывности, составит:

$$v_r = \frac{D_{\text{ц}}^2 v_{\text{ц}}}{4 H_{\text{ц}} r}, \quad (6)$$

где  $D_{\text{ц}}$  — диаметр цилиндрической части циклонного аппарата, м;  $v_{\text{ц}}$  — скорость воздушного потока в циклонном аппарате, отнесенная к цилиндрической части аппарата, м/с;  $H_{\text{ц}}$  — высота ци-

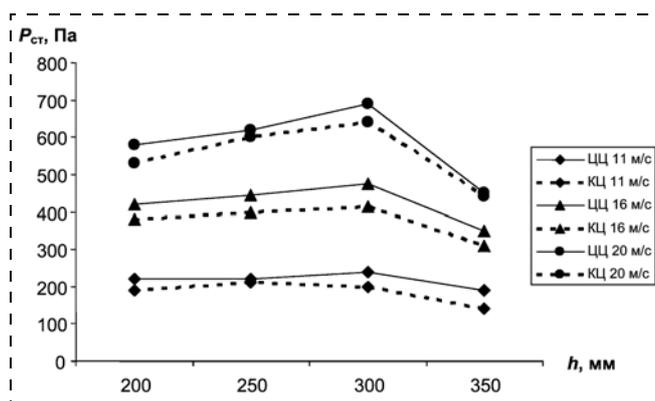


Рис. 8. График изменения статического давления от глубины погружения выхлопного патрубка при разной средней скорости воздушного потока

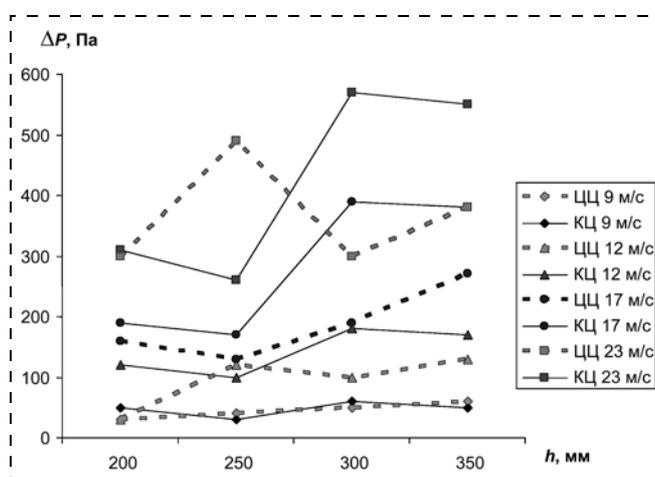


Рис. 9. График изменения аэродинамического сопротивления  $\Delta P$  циклона от глубины погружения выхлопного патрубка при разной средней скорости воздушного потока

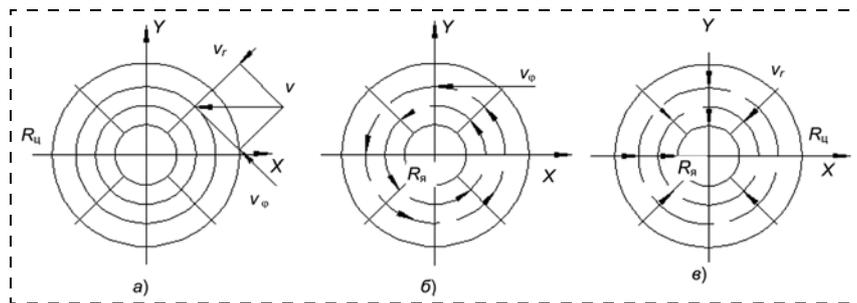


Рис. 10. Схема течений в циклонном аппарате:

$v$  — полная скорость воздушного потока;  $v = v_r + v_\phi$ ;  $R_\text{я}$  — радиус зоны ядра воздушного потока

клонного аппарата в зоне стока,  $m$ ;  $r$  — текущий радиус воздушного потока.

В соответствии с рис. 10, б выразим угол через декартовы координаты, тогда тангенциальная скорость воздушного потока в цилиндрической системе координат:

$$v_\phi = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \left(\frac{C}{r^2}\right) \sqrt{x^2 + y^2} = \frac{C}{r}. \quad (7)$$

Постоянную  $C$  определим из уравнения неразрывности потока:

$$L = a_2 \int_{R_\text{т}}^{R_\text{ц}} v_\phi dr = a_2 \int_{R_\text{т}}^{R_\text{ц}} \frac{C}{r} dr, \quad (8)$$

тогда

$$v_\phi = \frac{\pi D_\text{ц}^2 v_\text{ц}}{4 a_1 r \ln(R_\text{т}/R_\text{ц})}, \quad (9)$$

где  $a_1, a_2$  — высота и ширина выхлопного патрубка циклонного аппарата, м;  $R_\text{т}, R_\text{ц}$  — радиус соответственно выхлопной трубы и корпуса аппарата, м.

Экспериментальные исследования показывают, что в реальных условиях распределение тангенциальной скорости воздушного потока в периферийной зоне аппарата аппроксимируется функцией вида:

$$v_\phi = \frac{C}{r^n} = \frac{\pi D_\text{ц}^2 v_\text{ц} (1-n)}{4 a_1 r^n (R_\text{ц}^{n-1} - R_\text{т}^{n-1})}, \quad (10)$$

где  $n$  — эмпирический коэффициент, определяемый по экспериментальным данным.

Величина  $n$  меняется по высоте аппарата так, что

$$v_\phi = v_\phi \left( \frac{v_\phi}{v_\phi} \right)^{\frac{Z-Z_\text{в}}{Z_\text{в}-Z_\text{н}}}, \quad (11)$$

где  $v_\phi$ ,  $v_\phi$  — тангенциальная скорость в верхней и нижней зонах аппарата, м/с;  $Z$  — текущее значение высоты,  $Z_\text{в}, Z_\text{н}$  — высоты, соответствующие  $v_\phi$ ,  $v_\phi$ .

Центральная часть (ядро) воздушного потока вращается подобно твердому телу. Распределение тангенциальной скорости в ядре и периферийной

зоне воздушного потока в циклонном аппарате можно с удовлетворительной точностью аппроксимировать единой функцией вида

$$v_\phi = v_{\phi\text{max}} [2r/(1+r)]^m, \quad (12)$$

где  $v_{\phi\text{max}}$  — максимальная тангенциальная скорость воздушного потока, достигаемая на границе ядра периферийной зоны при  $r = r_\text{я}$ ;  $r_\text{я}$  — радиус ядра воздушного потока;  $m$  — эмпирический коэффициент.

Осевую скорость стока в циклонном аппарате представим также через

уравнение неразрывности потока:

$$v_z = \frac{v_\text{ц}}{1 - \bar{R}_\text{т}^2}, \quad (13)$$

где  $\bar{R}_\text{т}$  — относительный радиус выхлопной трубы аппарата  $\bar{R}_\text{т} = R_\text{т}/R_\text{ц}$ .

Обобщенной аэродинамической характеристикой закрученного воздушного потока является коэффициент закрутки:

$$K_3 = \frac{v_{\phi\text{ср}} R_{\text{ср}}}{v_z R_\text{ц}}, \quad (14)$$

где  $v_{\phi\text{ср}}$  — средняя тангенциальная скорость, м/с;  $R_{\text{ср}}$  — средний радиус входа воздушного потока в аппарат, м;

$$R_{\text{ср}} = 0,5(R_\text{ц} + R_\text{т}). \quad (15)$$

Предложенная математическая модель может быть идентифицирована по экспериментальным данным, полученным с использованием высокоточных приборов. В результате можно уточнить выражения для тангенциальной, радиальной скоростей воздушных потоков как в ядре, так и в периферийной зоне аппарата. Аппроксимирующие формулы можно получить как для цилиндрического, так и для конического циклонов. На основе полученных теоретических зависимостей будет предложена методика расчета таких аппаратов, которая позволит исследовать влияние различных факторов на аэродинамические свойства и эффективность рассматриваемых пылеуловителей.

#### Список литературы

1. Пирумов А. И. Обеспыливание воздуха. — М.: Стройиздат, 1974. — 207 с.
2. Штокман Е. А. Очистка воздуха. — М.: АСВ, 1999. — 320 с.
3. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под общей ред. А. А. Русанова. — М.: Энергия, 1975. — 296 с.
4. Михайлов А. Н., Бульгин Ю. И., Хлебунов С. А., Филь Е. С., Потёмкина А. В., Прозоркин Н. С. Влияние конструктивных особенностей циклонных аппаратов на их аэродинамические свойства // Сб. трудов 11-ой Международной научно-практической конференции "Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение" / РГСУ. Туапсе. 7–11 сентября 2009.
5. Беспалов В. И., Мещеряков С. В., Омельченко Е. В. Методические указания к практической работе "Расчет и проектирование устройства аэродинамической пылеочистки вихревыми потоками". — Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2007. — 15 с.

УДК 628.544

**А. Ю. Андриюшкин**, канд. техн. наук, Балтийский государственный технический университет "Военмех" им. Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург  
E-mail: saschala@mail.ru

## Использование переработанных отходов пенополиуретанов при напылении покрытий

*Рассмотрена технология вторичной переработки пенополиуретановых отходов сверхзвуковым газодинамическим методом. Представлены экспериментальные результаты определения предела прочности образцов с различным содержанием крошки, полученной из переработанных отходов пенополиуретана. Предложено уравнение для определения предела прочности образца, содержащего крошку вторично переработанного пенополиуретана.*

**Ключевые слова:** пенополиуретан, вторичная переработка, утилизация, сверхзвуковой газодинамический метод, напыление.

**Andryushkin A. Yu.** Use processed departure foamy poliuretano at evaporation covering

*Offered technology of the secondary conversion foamy polyurethane departure supersonic supersonic gasdynamic method. Will presented experimental results of the determination of the limit to toughness sample with different contents of the mite, got from processed departure foamy polyurethane. The offered expression for determination of the limit to toughness sample, containing mite a second time processed foamy polyurethane.*

**Keywords:** foamy polyurethane, secondary conversion, salvaging, supersonic gasdynamic method, evaporation.

Вспененные пластмассы, в том числе и пенополиуретаны (ППУ), разделяют на пенопласты и поропласты. Пенопластами называют вспененные пластмассы, имеющие структуру, состоящую из изолированных друг от друга ячеек, заполненных газом. Поропластами называют вспененные пластмассы, имеющие структуру, состоящую из сообщающихся между собой ячеек. Многие ценные свойства ППУ определяются его структурой, которая состоит из твердой и газообразной фазы. Поэтому ППУ обладают малой плотностью, относительно высокой удельной прочностью, высокими тепло- и звукоизоляционными, демпфирующими свойствами. Эти свойства обуславливают широкое

применение ППУ в строительстве, авиационной и ракетной технике, судостроении, химической промышленности.

В настоящее время производство полиуретанов (ПУ) является интенсивно развивающейся отраслью и на протяжении многих лет составляет примерно 5 % мирового рынка пластмасс. Современное технологическое оборудование позволяет получать изделия и покрытия на основе монолитных, вспененных, эластичных, полужестких и жестких ПУ, обладающих комплексом необходимых конструктивных и функциональных свойств. При этом ПУ могут применяться совместно с другими полимерами, металлом, деревом, текстилем и другими материалами. На основе ПУ изготавливают наполненные, армированные, ламинированные плиты, листы, блоки, профили, волокна и пленки. Полиуретановые композиции находят широкое применение в производстве клеев, герметиков, лаков. При этом наиболее развивающейся отраслью является производство пенополиуретанов, выпуск которых ежегодно возрастает примерно на 5...8 % и в настоящее время составляет более 11 млн т/год (см. таблицу).

Проблема вторичного использования и утилизации отходов ППУ очень актуальна в плане повышения эффективности производства и уменьшения загрязнения окружающей среды. Можно выделить два аспекта этой проблемы. Во-первых, исходное сырье для производства ППУ дефицитно и имеет высокую стоимость, поэтому вторичное использование отходов ППУ позволяет снизить стоимость готовых изделий. Во-вторых, утилиза-

Доля различных видов полиуретанов в мировом потреблении

Наименование полиуретанов	Потребление, %
Эластичные и полужесткие ППУ	45
Жесткие ППУ	30
Адгезивы, герметики, клеи, связующие и наполнители	12
Волокна	8
Литьевые термоэластопласты	3
Литьевые эластомеры	2



ция выведенных из эксплуатации и пришедших в негодность изделий и покрытий из ППУ требует больших материальных затрат, а также оказывает вредное воздействие на окружающую среду [1].

Большое количество отходов образуется при получении эластичных ППУ. К ним относятся верхняя корка блоков толщиной 5...15 мм, куски блоков, полосы, обрывки, обрезки, бракованные изделия. О количестве отходов можно судить по следующим данным. На 1000 кг блочных эластичных ППУ может приходиться до 150 кг отходов, на 1000 кг формованных ППУ — до 40 кг отходов.

Степень вторичного использования ППУ зависит от технологического процесса формирования пенополиуретанового изделия или покрытия и свойств основного сырья. Часто для вторичного использования ППУ приходится сортировать отходы производства ППУ. Обычно отходы производства ППУ сортируют на крупные обрезки блоков, средние и мелкие фрагменты. Из крупных обрезков изготавливают товары широкого потребления: коврики, игрушки, уплотнительные полосы для окон, дверей. Средние и мелкие фрагменты отходов производства ППУ измельчают в крошку, которую добавляют к основному сырью для ППУ. Затем смесь крошки и основного сырья для ППУ прессуют в формах, вспенивают и отверждают в сушильной камере. В настоящее время вторично используют 99 % отходов блочного ППУ. Ограниченно применяют отходы полужестких и интегральных ППУ, а также эластичных формованных ППУ, пропитанных воском.

Отходы производства ППУ, выведенные из эксплуатации и пришедшие в негодность изделия и покрытия из ППУ, которые не могут быть вторично переработаны, подвергаются утилизации. Чаще всего отходы ППУ подвергают сжиганию и захоронению, а это приводит к необходимости очистки сточных вод и газовых выбросов, утилизации образовавшихся при сжигании вредных веществ и организации свалок и могильников [2].

Основной технологической проблемой, сдерживающей вторичное применение отходов производства ППУ, изделий и покрытий из ППУ с истекшим сроком службы, является трудность совмещения основных компонентов сырья с полуфабрикатами, полученными из отходов ППУ. Чаще всего отходы ППУ перерабатывают в полуфабрикаты, например, измельчают в крошку и перемешивают с основным сырьем (полиэфирная и изоцианатная композиции), после чего полученная реакционная смесь вспенивается и отверждается. Традиционные механические методы формирования таких реакционных смесей трудоемки, энергоемки, требуют сложного в эксплуатации оборудования, необходимо точное соблюдение технологических ре-

жимов. Содержание полученной из отходов ППУ крошки в объеме формируемого изделия или покрытия обычно не превышает 10 %. При этом однородность реакционной смеси остается весьма низкой, а стоимость изготовленного из такой смеси пенополиуретанового изделия или покрытия получается высокой. Низкая однородность реакционной смеси приводит к тому, что прочностные, тепло- и звукоизоляционные свойства изделий и покрытий, изготовленных из вторично переработанного сырья, хуже, чем изделий и покрытий, полученных без применения вторично переработанного сырья.

Альтернативой традиционным методам формирования смесей может стать метод их приготовления в высокоскоростном потоке рабочего газа — сверхзвуковой газодинамический метод. Сверхзвуковой газодинамический метод основан на диспергации, перемешивании и гомогенизации компонентов реакционной смеси в потоке газа и их дальнейшем напылении на покрываемую поверхность или в форму. При этом значительно сокращается трудоемкость процесса формирования реакционной смеси, так как диспергация, перемешивание и гомогенизация компонентов смеси в высокоскоростном газовом потоке выполняются как технологические переходы, объединенные в одну операцию, что позволяет значительно повысить однородность реакционной смеси. Преимуществом сверхзвукового газодинамического метода является возможность эффективной диспергации высоковязких композиций.

Рассмотрим технологию переработки отходов ППУ, основанную на сверхзвуковом газодинамическом методе (рис. 1). Отходы производства ППУ, выведенные из эксплуатации и пришедшие в негодность изделия и покрытия из ППУ, измельчают в пригодную для транспортирования к распылительной головке по трубопроводам и шлангам крошку. Крошку, полиэфирную и изоцианатную композиции с определенным расходом, отдельно друг от друга подают в газодинамический факел распыления. Воздух подают под давлением к сверхзвуковому соплам. Истекающие из сопел струи воздуха охватывают струи композиций и крошки, которые подвергаются аэродинамическому воздействию со стороны струй воздуха, приводящему к распаду струй композиций на капли. Использование сверхзвуковых струй, истекающих из сопел Лавала или конических сопел, расширяющихся в направлении истечения струй воздуха, позволяет значительно повысить однородность и качество изделия или покрытия из ППУ. Сверхзвуковые струи воздуха расположены достаточно близко друг к другу и взаимодействуют между собой. При взаимодействии сверхзвуковых струй образуется газодина-

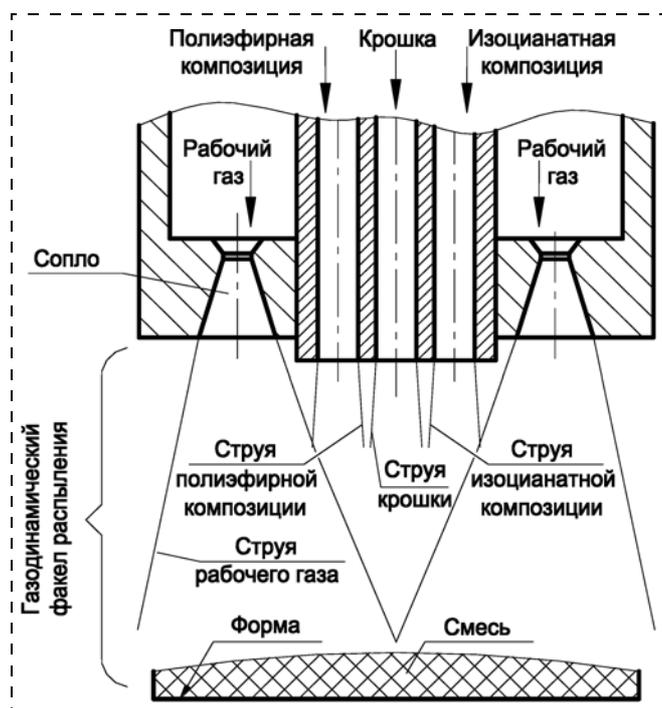


Рис. 1. Формирование изделия или покрытия из ППУ сверхзвуковым газодинамическим методом

мический факел распыления с развитой системой скачков уплотнения. Жидкие капли композиций, проходя через скачки уплотнения, дробятся на более мелкие, эти капли в свою очередь, проходя через следующий скачок уплотнения, также подвергаются дроблению.

Таким образом, компоненты композиций в системе скачков уплотнения газодинамического факела распыления диспергируют на мельчайшие капли. Образованное облако капель движется внутри газодинамического факела распыления, состоящего из отдельных сверхзвуковых струй воздуха. По мере падения скорости струй рабочего газа имеет место их смыкание в единый многофазный поток, сопровождающееся резкой турбулизацией потока. Турбулизация потока приводит к интенсивному перемешиванию капель композиций и крошки. Это приводит к гомогенизации капель композиций и крошки в поперечном сечении газодинамического факела распыления.

Таким образом, на поверхность формы поочередно напыляют слои, при этом каждый слой имеет высокую однородность, так как крошка, полиэфирная и изоцианатная композиции равномерно распределены в объеме этого слоя. Диспергация, перемешивание и турбулизация крошки, полиэфирной и изоцианатной композиций в газодинамическом факеле распыления приводит к тому, что в форме или на покрываемой поверхности об-

разуется однородная реакционная смесь с равномерным распределением компонентов по объему. После окончания напыления полиэфирная и изоцианатная композиции вступают в реакцию, что приводит к вспениванию и отверждению смеси. В результате образуется пенополиуретановое изделие или покрытие с равномерным распределением крошки по объему этого изделия или покрытия [3, 4].

По сравнению с традиционными предложенная технология значительно расширяет возможности вторичного использования отходов ППУ, так как позволяет формировать однородные реакционные смеси из высоковязких композиций, а также позволяет повысить содержание крошки из измельченного ППУ до 50 % от объема изделия или покрытия.

Для изучения влияния объемного содержания крошки и ее размеров на прочностные свойства покрытия из ППУ был проведен эксперимент. В качестве крошки использовались частицы пенополиуретана ППУ-3. Частицы крошки были просеяны и разбиты на три фракции со средним размером 0,5, 1 и 1,5 мм. Сверхзвуковым потоком напылялись покрытия с объемным содержанием крошки от 0...50 %. Для проведения испытаний после напыления из покрытия вырезался образец  $30 \times 30 \times 200$  мм, который затем подвергался растяжению до разрушения. Эксперимент показал, что при увеличении содержания крошки и увеличении размера крошки происходит ухудшение механических свойств покрытия (рис. 2). Однако прочностные характеристики покрытия остаются на достаточно высоком уровне, поэтому применение пенополиуретановых изделий и покрытий, изготовленных с применением переработанных отходов из ППУ, вполне до-

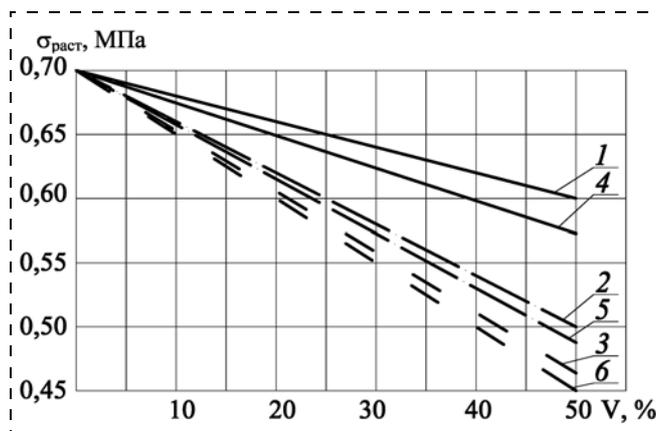


Рис. 2. Зависимость предела прочности при растяжении  $\sigma_{раст}$  (МПа) образца от объемного содержания крошки  $V$  в этом образце, %:

1, 4 — средний размер крошки 0,5 мм; 2, 5 — средний размер крошки 1 мм; 3, 6 — средний размер крошки 1,5 мм; 1, 2, 3 — экспериментальные данные; 4, 5, 6 — результаты расчета по приведенной ниже формуле



пустимо, если на них не действуют значительные нагрузки.

Для определения предела прочности пенополиуретанового покрытия, полученного с применением переработанных отходов ППУ, можно использовать выражение:

$$\sigma_{\text{раст}} = \sigma_0 \left( 1 - \left( 1 - \frac{1}{e^d} \right) V \right),$$

где  $\sigma_{\text{раст}}$  — предел прочности образца с крошкой, МПа;  $\sigma_0$  — предел прочности образца без крошки, МПа;  $d$  — средний диаметр крошки, мм;  $V$  — объемная доля крошки в образце ( $0 \leq V < 1$ ).

Результаты расчета предела прочности образца с крошкой по приведенной формуле близки к экспериментальным данным (см. рис. 2).

Таким образом, предложенный сверхзвуковой газодинамический метод формирования пенопо-

лиуретановых изделий и покрытий позволяет вторично использовать различные отходы ППУ, расширяет технологические возможности производства, повышает его эффективность и уменьшает загрязнение окружающей среды.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р 52108—2003 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Основные положения.
2. СанПиН 3183—84 Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов.
3. Андришкин А. Ю., Галинская О. О., Селиверстов Ю. И. Газодинамический метод изготовления блоков и панелей из ППУ // Вестник ПГТУ "Аэрокосмическая техника". — 2001. — № 9. — С. 102—108.
4. Андришкин А. Ю. Формирование технологических смесей сверхзвуковым газодинамическим методом в производстве изделий из композиционных материалов // Вестник БГТУ. 2008. — № 3. — С. 14—19.

УДК 662.65

**М. П. Баранова**, канд. техн. наук, доц., **Т. А. Кулагина**, д-р техн. наук, проф.,  
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск  
E-mail: v.a.kulagin@mail.ru

## Экологически чистая технология получения водоугольных суспензий из низкометаморфизованных углей

*На базе численного моделирования рассмотрены механизмы измельчения угольных частиц в процессе помола. Выполнен анализ закономерностей получения тонкой фракции при использовании в качестве твердой фазы водоугольных суспензий (ВУС) углей низкой стадии метаморфизма. Показана возможность управления гранулометрическим составом твердой фазы водоугольных суспензий и установлено, что условия перемешивания оказывают определяющее влияние на стабилизационные характеристики суспензий, в частности, на подвижность их осадков.*

**Ключевые слова:** водоугольные суспензии, энергетическая безопасность, реологические свойства, гранулометрический состав, экологически чистая технология.

**Baranova M. P., Kulagina T. A. Environmentally appropriate technology of fuel recycling for low metamorphized coals**

*Much attention in the article is given to the questions of coal particles breakage while milling by numerical simulation means. There have been analyzed*

*some regularities during the process of fine fraction production with application of the low metamorphized coals as a solid phase of water-coal suspensions. There have been shown methods for controlling of the solid phase granulometric composition of water-coal suspensions and determined the fact that mixing conditions cause defining influence on the suspensions stabilization characteristics, particularly on their fallouts flowability.*

**Keywords:** water-coal suspensions, power safety, flow characteristics, granulometric composition, environmentally appropriate technology.

#### Введение

Прогнозные оценки развития мирового топливно-энергетического комплекса показывают основную тенденцию — увеличение доли угля в выработке электрической и тепловой энергии. В перспективе в ближайшие годы прирост генерирующих мощностей в мире будет осуществлен, главным образом, за счет тепловых электростанций на низкокалорийных углях, потребление которых уже к 2020 г. может возрасти на 56 % по сравнению с 2000 г.



Таблица 1

## Физико-химические характеристики углей

№ пробы	Содержание*, %								Плотность $d_p$ , кг/м <sup>3</sup>
	$W^r$	$A^d$	$V^{daf}$	$C^{daf}$	$S^d$	$N^{daf}$	$O^{daf}$	$H^{daf}$	
1	32,0	3,5	46,9	72,3	0,18	0,8	21,7	5,0	1444
2	36,0	4,2	47,6	71,8	0,19	0,8	22,4	4,8	1420

\*  $W^r$  — влаги рабочей;  $A^d$  — зольности;  $S^d$  — серы;  $V^{daf}$  — летучих;  $C^{daf}$  — углерода;  $H^{daf}$  — водорода;  $O^{daf}$  — кислорода;  $N^{daf}$  — азота.

Увеличение доли угля требует разработки и тиражирования энергетически совершенных и экологически безопасных технологий использования этого полезного ископаемого.

Энергетика на угле оказывает негативное экологическое воздействие на среду обитания: выбросы токсичных газов, агрессивные жидкие стоки, шлакоотвалы, зола уноса, тепловые сбросы и др. Сдвиг в теплоэлектроэнергетике в сторону увеличения использования низкосортных твердых топлив, прежде всего, местных, с одной стороны, повышает уровень энергетической безопасности, с другой, требует применения современных экологически чистых угольных технологий [1]. Основные пути в развитии "экологически чистой" теплоэнергетики — создание новых и модернизация существующих технологий. Водоугольные суспензии — новый вид энергетического топлива, позволяющий повысить экологические показатели сжигания натуральных топлив в энергетических установках. Водоугольные суспензии уже применяются ведущими фирмами ФРГ, Италии и других стран [2]. В основе процесса их приготовления лежит механохимическая активация, в ходе которой разрушается структура угля. Уголь распадается на отдельные органические и минеральные составляющие, но уже с активной поверхностью частиц твердой фазы. Распределение размеров частиц в ВУС влияет на ее реологические параметры, определяет свойства потока (характер течения) структурированной системы [3]. Исходная вода также претерпевает ряд превращений, в результате чего образуется химически активная дисперсная среда, насыщенная компонентами ионного и катионного вида.

## Задачи и методы исследования

В настоящее время представляет существенный интерес определение влияния гранулометрического состава твердой фазы ВУС из углей низкой стадии метаморфизма на реологические свойства и стабильность суспензий.

Экспериментальные исследования проводили с рядовыми бурями углями Канско-Ачинского бассейна Березовского разреза. Исследованы две пробы: первая — со склада, куда уголь поступает из карьер

ера и хранится там до транспортирования к потребителю, вторая — с добычного уступа карьера. Физико-химические характеристики углей представлены в табл. 1 (индекс  $d$  означает содержание на сухую массу угля, индекс  $daf$  — содержание на горючую массу угля).

Физико-химические характеристики определялись по соответствующим ГОСТам. В ходе работы было также определено распределение зольной составляющей в зависимости от класса крупности частиц угля (табл. 2).

Водопроводная вода, используемая для получения водоугольной суспензии, обладала общей жесткостью 1,26 мг-экв/л, pH = 6,8. Содержание твердой фазы в ВУС рассчитывалось на сухую массу угля. В качестве размольного устройства применяли шаровую барабанную мельницу периодического типа действия МБЛ-100Л. Шаровая загрузка мельницы составила 90 кг (37 % от общей загрузки мельницы), что близко к максимальной загрузке мелющих тел.

Количества угля и воды, в случае мокрого помола, подаваемых в мельничный аппарат, определяли расчетным путем по массе сухого угля таким образом, чтобы концентрация ВУС соответствовала заданному значению. Полученная ВУС анализировалась на массовую долю твердой фазы, гранулометрический состав, реологические характеристики. Концентрацию твердой фазы в ВУС определяли высушиванием при температуре 105 °С. Гранулометрический состав определяли методом влажного фракционирования на ситах по стандартной методике. Реологические харак-

Таблица 2

## Распределение зольности по классам крупности углей

Класс крупности, мм	Содержание золы $A^d$ , %, в пробах	
	№ 1	№ 2
-2,5 + 1	3,0	3,6
-1 + 0,63	3,0	3,7
-0,63 + 0,4	3,2	3,7
-0,4 + 0,315	3,1	4,0
-0,315 + 0,2	3,3	3,9
-0,2 + 0,1	3,3	4,1
-0,1	3,6	4,2



Таблица 3

Гранулометрическое распределение частиц угля в ВУС (по формуле Альфреда)

Размерный диапазон угольных частиц, мкм	Диаметр наибольшей частицы, мкм							
	$n = 0,2$		$n = 0,3$		$n = 0,4$		$n = 0,5$	
	315	1000	315	1000	315	1000	315	1000
	№ модельной системы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0...100	73,4	54,9	67,3	45,9	61,2	37,8	55,2	30,6
100...200	15,3	11,5	18,4	12,6	21,3	12,3	23,9	13,3
200...315	11,3	8,4	14,3	9,7	17,5	11,6	20,9	11,6
315...400	—	4,7	—	5,7	—	6,6	—	7,2
400...630	—	9,7	—	12,0	—	14,2	—	16,3
630...1000	—	10,8	—	14,1	—	17,5	—	21,0

теристика изучали на ротационном вискозиметре "Реотест-2" при скорости сдвига  $0,3...145,8 \text{ с}^{-1}$  со стандартной измерительной системой цилиндров "Н". Перемешивание суспензий осуществлялось в лабораторной мешалке при скорости  $100...200 \text{ мин}^{-1}$ .

### Результаты и обсуждение

В ходе работы изучены реологические свойства и седиментационная устойчивость водоугольных суспензий, полученных путем смешивания предварительно измельченного угля и воды. Сухой уголь был размолот, затем рассеян на ситах по классам крупности. Из фракций угля были составлены модельные составы, соответствующие распределению частиц по формуле Альфреда:

$$CPFT = \frac{D^n - D_M^n}{D_6^n - D_M^n},$$

где  $CPFT$  (Concentration Particle Fraction Terminated) — весовой процент частиц определенного размера  $D$ ;  $D^n$  — диаметр произвольной частицы, мкм;  $D_6$  — диаметр наибольшей частицы, мкм;  $D_M$  — диаметр наименьшей частицы, мкм;  $n$  — числовой показатель, находящийся в диапазоне  $0,2...0,5$ .

Согласно [4] в данном случае можно получить стабильные ВУС с низкими характеристиками вязкости. Было составлено восемь модельных систем, характеристики которых приведены в табл. 3.  $D_M$  был принят равным  $0,2 \text{ мкм}$ .

В табл. 4 представлены средние значения структурной вязкости  $\mu_{\text{стр}}$  и начального напряжения сдвига  $\tau_0$  суспензии и их осадков в зависимости от содержания твердой фазы в ВУС. С увеличением показателя  $n$  в формуле Альфреда уменьшается доля мелкой фракции частиц до  $100 \text{ мкм}$  и увеличивается содержание крупных частиц более  $100 \text{ мкм}$ . Соответственно с увеличением  $n$  и укрупнением частиц угля снижаются реологические характеристики ВУС. При  $n = 0,4$  получены более хорошие

характеристики. Все ВУС проявляли свойства неньютоновских жидкостей, течение которых подчиняется закону Шведова—Бингама.

Таким образом установлено, что условия перемешивания оказывают большое влияние на стабилизационные характеристики суспензий, в частности на подвижность их осадков. Применение лопастных мешалок допустимо лишь при скорости вращения вала не ниже  $5000 \text{ мин}^{-1}$ . Это обусловлено тем, что образование двухфазной системы из сухого, предварительно размолотого угля и воды в качестве несущей среды, с использованием пластификатора происходит с учетом наличия на поверхности угольных частиц лиофильных и лиофобных участков, дзета-потенциала и многих других факторов, которые затрудняют процесс получения устойчивой и текучей ВУС. Смещение компонентов является одним из технологических процессов, осуществляемых при получении практически всех структурированных систем. Собственно структура дисперсного материала формируется главным образом на стадии смешения, и достигаемая при этом однородность структуры, степень ее упорядоченности зависит от гомогенизации системы на стадии взаимного распределения дис-

Таблица 4

Влияние гранулометрического состава ВУС на ее реологические характеристики

№ модельной системы	Содержание твердой фазы в ВУС, %	Исходная ВУС		Осадок*	
		$\tau_0$ , Па	$\mu_{\text{стр}}$ , Па·с	$\tau_0$ , Па	$\mu_{\text{стр}}$ , Па·с
1	44,0	11,8	0,21	10,0	0,31
2	45,0	9,0	0,19	9,0	0,44
3	44,0	7,8	0,17	7,5	0,31
4	45,0	9,0	0,16	8,2	0,26
5	44,0	8,4	0,13	8,2	0,25
6	46,0	8,0	0,16	8,0	0,28
7	45,0	8,3	0,19	7,9	0,48
8	47,0	9,0	0,24	9,0	0,38

\* При продолжительности хранения суспензии 1 сутки.

Влияние продолжительности помола на степень измельчения и свойства ВУС\*

Продолжительность помола, мин	Остаток на сите, %		Проба № 1			Проба № 2		
	$R_{50}$	$R_{200}$	$\mu_{стр}$ , Па·с	$\tau_0$ , Па	Стабильность, сут	$\mu_{стр}$ , Па·с	$\tau_0$ , Па	Стабильность, сут
10	42...43	4...5	0,57	12	1	0,35	5,0	1
20	26...28	2...3	1,09	32	2	0,50	6,0	2
30	24...27	1...2	1,33	32	5	0,64	9,0	7
40	22...25	~1	1,40	35	20	0,69	9,5	22
50	18...20	~0,5	1,5	41	30	0,70	9,0	29
60	15...16	~0,3	1,5	44	40	0,73	6,0	42

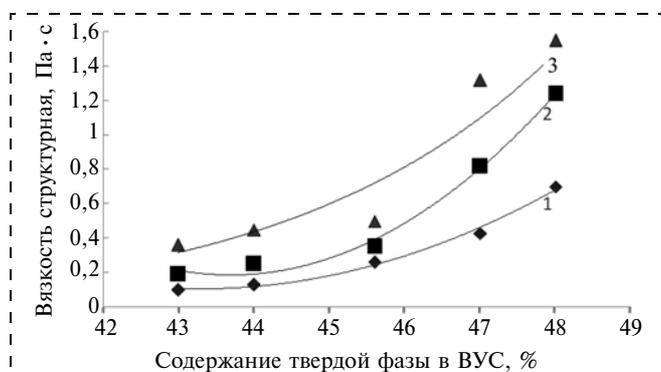
\* Содержание твердой фазы в ВУС 41,8...42,0 %.

персных фаз при смешении. Кроме того, смешение способствует устойчивости к расслаиванию при длительном хранении и транспортировании системы.

Исследование зависимости вязкопластических свойств ВУС от содержания твердой фазы (см. рисунок) показывает, что все модельные системы, полученные путем смешения предварительно размолотого бурого угля с водной фазой, закономерно увеличивают вязкость с возрастанием содержания твердой фазы в ВУС. Кроме того, такие системы не стабильны, несмотря на высокую степень измельчения частиц.

Получение ВУС методом "мокрого помола", когда уголь и вода совместно подаются на первую стадию помола, непосредственно в размольную камеру, позволяет избежать многих вышеизложенных проблем и получить устойчивые системы за счет появления в процессе механохимической деструкции угля другого механизма взаимодействия фаз.

В процессе получения ВУС изучено влияние степени измельчения твердой фазы на реологические характеристики и стабильность суспензии при разном содержании твердой фазы. С этой целью в процессе размола производился отбор проб через равные промежутки времени (10 мин) при общем времени помола 60 мин. Предварительно уголь



Зависимость структурной вязкости ВУС от содержания твердой фазы в ней (максимальная крупность угля 315 мкм):

1 — исходная суспензия; 2 — осадок после первых суток хранения; 3 — осадок после шести суток хранения

дробился до размера 15...20 мм. Анализ полученных результатов (табл. 5) показал, что с увеличением продолжительности помола выход фракции угля менее 50 мкм ( $R_{50}$ ) растет и в связи с этим увеличивается вязкость ВУС и ее стабильность.

Установлено, что суспензии, полученные из свежедобытого угля (проба № 2), по сравнению с суспензиями из угля со склада (проба № 1) при сопоставимых значениях количества твердой фазы в ВУС и степени ее измельчения имеют значительно более низкие значения структурной вязкости (практически в 2 раза) и начального напряжения сдвига (в 3—7 раз). Стабильность таких суспензий при равных значениях  $\mu_{стр}$  и  $\tau_0$  также выше, по всей видимости, из-за образования более устойчивой структурированной системы.

### Выводы

Таким образом, проведенные исследования показали возможность управления гранулометрическим составом твердой фазы водоугольных суспензий на базе низкометаморфизованного угля Березовского месторождения с использованием численного моделирования. В процессе исследования изучено влияние степени измельчения твердой фазы на реологические характеристики и стабильность суспензии при разном содержании твердой фазы в ВУС из угля Березовского месторождения. Полученные результаты могут быть использованы в любых случаях, когда возникнет необходимость измельчения бурого угля, а также при утилизации отходов угледобычи путем сжигания.

### Список литературы

1. Саламатин А. Г. О состоянии и перспективах использования водоугольного топлива в России // Уголь. — 2000. — № 3. — С. 10—15.
2. Зайденварг В. Е., Трубецкой К. Н., Мурко В. И., Нехороший И. Х. Производство и использование водоугольного топлива / М.: Академия горных наук, 2001. — 174 с.
3. Борзов А. И., Баранова М. П. Приготовление водоугольных суспензий из бурых углей с использованием различных мельничных устройств // Химия твердого топлива. — 2006. — № 4. — С. 40—45.
4. Funk, J. E. Coal-water slurry and method for its preparation // USA. Pat. 4.416.666. — 1983. — P. 11.



УДК 502.008.6

Н. В. Ермолаева, асп., Ю. В. Голубков, д-р техн. наук, МГТУ "Станкин"  
E-mail: ermolaeva\_n\_v@mail.ru

## Экологическая безопасность при работе с СОЖ на масляной основе и мониторинг окружающей среды

*Приведен молекулярный состав смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) на масляной основе. Входящие в них полициклические ароматические углеводороды обладают потенциальной канцерогенной активностью и могут накапливаться в организме работников и загрязнять окружающую среду. Определено место мониторинга в комплексе мероприятий по охране и защите окружающей среды. Приведены примеры определения понятия "мониторинг". Предложена более полная и законченная формулировка мониторинга. Приведен пример экологического (импактного) мониторинга.*

**Ключевые слова:** мониторинг окружающей среды; смазочно-охлаждающие жидкости; полициклические ароматические углеводороды; защита окружающей среды.

**Ermolaeva N. V., Golubkov Yu. V. The ecological safety in the oil-based lubricoolants-processes and the environmental monitoring**

*The molecular composition of oil-based lubricating fluids (lubricoolants) was researched with the chromatography-mass spectrometric method. In lubricoolant was discovered 3 polycyclic aromatic hydrocarbons has potential carcinogenic activity and can be accumulated in workman's organism and also polluted environment. The finding is necessary for creating an ecological monitoring on enterprises. There was examined the place of monitoring in the complex of conservation projects. There were some examples of definition "monitoring" and suggested more exact wording of "monitoring". There was described one of the type environmental (impact) monitoring.*

**Keywords:** environmental monitoring; luhricoolants; multiring aromatic hydrocarbons; environmental protection.

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС), подавляющее большинство которых составляют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), являются неотъемлемым элементом технологических процессов современных металлообрабатывающих производств. Многие технологические процессы обработки металлических заготовок резанием вообще невозможны без применения

СОТС [1]. При обработке металлов температура в зоне резания может достигать 960 °С и более.

К масляным СОЖ предъявляется ряд требований [1, 2]. В частности, они не должны вызывать выраженного биологического действия на кожу и органы дыхания работника, при воздействии на слизистые оболочки должны оказывать минимальный раздражающий эффект, обладать низкой способностью к образованию масляного тумана, не содержать 3,4-бензпирен и некоторые другие опасные вещества.

Основным фактором риска для здоровья работающих с масляными СОЖ является поступление в дыхательные пути аэрозоля масла, формальдегида, акролеина и других продуктов термоокислительной деструкции. Установлено, что даже при соблюдении ПДК в рабочей зоне по акролеину, бензолу, формальдегиду, 3,4-бензпирену, ацетальдегиду, индивидуальный пожизненный канцерогенный риск при двадцатилетнем производственном стаже может достигать  $9 \cdot 10^{-3}$ , а при тридцатилетнем стаже —  $1,3 \cdot 10^{-2}$ , что значительно выше приемлемого ( $1 \cdot 10^{-3}$ ) для профессиональных групп [1].

Несмотря на то, что практически для всех компонентов, входящих в состав СОЖ и продуктов их термоокислительной деструкции, имеются ПДК, СОЖ, являясь сложными смесями, способны оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Поскольку на основе теоретического анализа это воздействие достоверно прогнозировать затруднительно, обязательным этапом определения степени опасности СОЖ является их токсикологическая оценка, при которой определяется LD50\*, LC50\*\*, способность раздражать кожу и слизистые, сенсibiliзирующие и мутагенные свойства, класс опасности.

При оценке вредного воздействия СОЖ учитывают канцерогенные свойства веществ, входящих в ее состав. В литературе имеются данные о присутствии канцерогенных веществ, в частности, 3,4-бензпирена в СОЖ на масляной основе марки "Сульфозфрезол" и в воздухе металлообрабатывающих цехов, где они используются [2]. Для некото-

\*LD50 — медианная смертельная (летальная) доза токсического вещества, необходимая для того, чтобы погибла половина членов испытываемой популяции.

\*\* LC50 — аналогично LD50, только при поступлении вещества ингаляционным путем.

рых СОЖ на масляной основе (МР-7, МР-1у, Мобилмет Гамма и др.) определены не только содержание 3,4-бензпирена (от 21 до 146 нг/г), но и суммарное содержание основных типов канцерогенных соединений (полициклических ароматических углеводородов). Однако конкретные вещества не указаны.

В связи с этим может представить интерес определение молекулярного состава СОЖ на масляной основе с целью нахождения отдельных соединений — потенциальных загрязнителей окружающей среды. Среди них могут находиться канцерогенные вещества: 3,4-бензпирен и некоторые другие полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) [3]. Основное внимание в данной статье уделено СОЖ на масляной основе для сверления глубоких отверстий.

### Экспериментальная часть

Содержание исследуемых углеводородов определялось хромато-масс-спектрометрическим методом. Исследуемые образцы разбавляли дихлорметаном в 10 раз и вводили в хроматограф. Хроматографические эксперименты проводили на газовом хроматографе Agilent 5890 (Agilent Technologies, США), снабженном масс-спектрометрическим детектором Agilent 5973N (Agilent Technologies, США). Разделение проводили на колонке длиной 30 м и диаметром 0,25 мм, заполненной неподвижной фазой (ZB-WAX) толщиной 0,25 мкм (Phenomenex, США). Программа градиента температур колонки: начальный изотермический участок 40 °С (5 мин); подъем температуры со скоростью 10 °С/мин от 40 до 230 °С; конечный изотермиче-

ский участок 230 °С (7 мин). Объем вводимой пробы 1 мкл. Температура испарителя и детектора составляла 230 °С. Ионизацию проводили электронным ударом энергией 70 эВ. Детектирование осуществляли в режиме сканирования ионов в диапазоне отношения относительной массы к заряду от 35 до 350. Сбор и обработку данных осуществляли с использованием программно-аппаратного комплекса ChemStation версии D 02.00.275 (Agilent Technologies, США) [4].

Обнаруженные в результате проведения анализа вещества и их физические и физико-химические свойства представлены в таблице. Содержание обнаруженных в СОЖ МР-3 гомологов бензола (этилбензола и 1,3-диметилбензола) составляет от 2,4 до 3,3 нг/г, а карбоновых (олеиновой и гексадекановой) кислот — от 0,4 до 1,4 мкг/г.

Особый интерес представляют результаты анализа СОЖ МР-3К. В ней содержание 3-метилфенантрена, 9- и 2-метилантрацена составляет от 6,0 до 21,2 нг/г, а остальных углеводородов — от 3,0 до 12,5 мкг/г. Первые из трех обнаруженных углеводородов относятся к полициклическим ароматическим углеводородам и обладают потенциальной канцерогенной активностью [3].

### Обсуждение результатов

В справочнике [1] отмечается, что СОЖ на масляной основе с содержанием нефтяных рафинированных масел от 89,5 до 97,2 % в виде поставок с нефтезаводов не содержит в своем составе 3,4-бензпирен, акролеин и другие перечисленные выше химические вещества. Поэтому, по мнению ав-

Физические и физико-химические свойства компонентов СОЖ на масляной основе для глубокого сверления

Название	Молярная масса, г/моль	Плотность, г/см <sup>3</sup> , при $t = 20$ °С (при другой $t$ )	Температура, °С		Растворимость в воде, г/100 г, при $t = 20$ °С (при другой $t$ )
			плавления	кипения при нормальном давлении (при другом давлении)	
<b>МР-3</b>					
Этилбензол	106,17	0,8669	-93,9	136,15	0,014 (15)
<i>m</i> -Ксилол (1,3-диметилбензол)	106,17	0,86417	-47,872	139,1	Трудно раств.
<i>n</i> -Гексадекановая (пальмитиновая) кислота	256,43	0,8487 (70)	64	339...356 разл.	Не раств.
Олеиновая ( <i>цис</i> -9-октадеценвая) кислота	282,47	0,898	15,4	286 (13,3)	Не раств.
<b>МР-3К</b>					
2,6,10-триметилпентадекан	254,50	—	—	—	—
2,6,10,14-тетраметилпентадекан	268,53	—	—	—	—
2,6,10,14-тетраметилгексадекан	282,56	—	—	—	—
9-метилантрацен	192,25	1,066 (99)	79...81,5	—	—
3-метилфенантрэн	192,96	—	62...63 65	352	Не раств.
2-метилантрацен	192,25	—	202...207 202 209	358,6 359	Не раств.
<i>цис</i> -2-тетрадецен	196,38	—	—	—	—



тора работы [2], их появление в воздухе рабочей зоны напрямую связано с термодеструктивными процессами при обработке металлов. Однако, как уже отмечалось, в некоторых СОЖ на масляной основе присутствуют 3,4-бензпирены. Из приведенных в таблице данных следует, что в СОЖ МР-3К, поступившей с нефтемаслозавода, обнаружены 3-метилфенантрен, 9- и 2-метилантрацен. Однако и эти ПАУ поступают в указанные СОЖ из сырья.

Практически все углеводороды представляют опасность для окружающей среды [5]. Наиболее сильными канцерогенами в нефтяных маслах являются ароматические углеводороды (ПДК = 0,01...100 мг/м<sup>3</sup>), олефины (1...10 мг/м<sup>3</sup>), а также соединения серы, азота и кислорода. Особую опасность представляют биологически активные ПАУ — группа соединений с конденсированными бензольными кольцами. Эти соединения различаются по числу и расположению таких колец и алкильных заместителей и могут содержать в своем составе гетероатомы (кислород, азот, серу). Определенной биологической активностью обладают уже би- и трициклические соединения. К наиболее канцерогенным относят высшие агулярные ПАУ с числом колец от 4 до 7.

Известно [2], что 3,4-бензпирен накапливается в организме в результате суммирования малых доз в течение длительного времени, исчисляемого стажем работы, и проявляет более выраженное канцерогенное действие в сочетании с другими химическими веществами. Очевидно, что то же самое можно сказать об обнаруженных ПАУ.

Программа контроля за состоянием природной среды и глобального мониторинга ООН (ЮНЭП) предусматривает определение в различных объектах окружающей среды только одного 3,4-бензпирена, признанного сильным канцерогеном и рассматриваемого в качестве основного загрязнителя. Однако современные представления о токсичности и канцерогенных свойствах ПАУ требуют выявления возможно более полной картины распространения веществ этой группы для определения их суммарного канцерогенного действия [6]. В связи с этим полученные нами данные представляют значительный интерес.

Вредное влияние ПАУ на организм человека весьма многообразно. Наиболее изучена их способность вызывать злокачественные новообразования, в том числе раковые опухоли (канцерогенное действие). Эти вещества могут нарушать генный аппарат человека (мутагенное действие), приводить к появлению врожденных уродств или к гибели плода до рождения (тератогенное и эмбриотоксическое действие), а также вызывать еще целый ряд расстройств здоровья. Все это делает контроль за уровнем содержания ПАУ в объектах окружающей среды одной из важнейших задач,

прямо связанных с самой возможностью существования человечества. Понимание роли ПАУ в возникновении раковых и других заболеваний человека должно сочетаться с организацией профилактических мер, предупреждающих их вредное воздействие на организм человека. Анализ ПАУ на рабочих местах позволит обеспечить оценку их количества, идентификацию их природы и на этой основе оценить их вредное влияние. Такие данные необходимы для создания производственного экологического мониторинга на предприятиях.

Мониторинг — неотъемлемая часть комплекса мероприятий по охране и защите окружающей среды [3, 7–9]. В учебнике [10] на базе разработанных Ю. А. Израэлем [9] теоретических основ предложено выделить в качестве основных задач системы мониторинга антропогенных изменений окружающей среды следующие: 1) наблюдение за фактическим состоянием биосферы и ее изменениями; 2) выделение изменений, обусловленных деятельностью человека, и обобщение результатов наблюдений; 3) оценка изменений биосферы и их тенденций; 4) прогнозы тенденций в изменении состояния биосферы.

На основании полученной информации в зависимости от уровня научно-технических разработок и экономических возможностей (с учетом эколого-экономических оценок) принимаются меры по ограничению или прекращению антропогенных воздействий, по профилактическому "укреплению" или последующему "лечению" элемента биосферы [10].

В статье С. В. Белова, опубликованной в данном журнале [11], сформулированы основные принципы, понятия и термины в области научного знания о безопасности жизнедеятельности человека в современной среде его обитания. Много других терминов приведено и в приложениях к журналу.

В частности, А. Е. Панфилов [12] предлагает следующее определение мониторинга: система наблюдений, оценки и прогноза состояния среды обитания.

В более ранних изданиях предлагались другие определения.

Одним из первых это сделал Р. Манн [13]. Систему повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой он предложил назвать мониторингом.

Б. И. Коган [14] это понятие сформулировал иначе: мониторинг — это система долгосрочных наблюдений, оценок, контроля и прогноза состояния и изменения объектов. При этом принято делить мониторинг на базовый (фоновый), глобальный, региональный и импактный (в особо опасных зонах и местах), а также по методам ведения

и объектам наблюдения (авиационный, космический) окружающей человека среды.

В. Ф. Протасов и А. В. Молчанов [15] определили мониторинг как слежение за каким-либо объектом или явлением; в приложении к среде жизни — слежение за ее состоянием и предупреждение о создающихся критических ситуациях (повышение загазованности воздуха сверх ПДК и т. п.), вредных или опасных для здоровья людей, других живых существ, их сообществ, природных и антропогенных объектов (в том числе сооружений).

По мнению авторов, такие определения недостаточно полны и закончены. Мониторинг не должен быть исключительно ради мониторинга. Одним из принципов работы научно-учебного комплекса "Инженерная экология, безопасность труда и жизнедеятельности" МГТУ "Станкин" является приоритетность минимизации воздействия на окружающую среду и человека перед управлением этим воздействием [16, 17]. Реализация этого принципа заключается в том, что необходимо уменьшить воздействия на окружающую среду и человека непосредственно в источнике, а не принимать затем меры по управлению этим воздействием посредством строительства очистных сооружений разных типов, утилизации отходов, их нейтрализации и т. п. Задача минимизации воздействия непосредственно в источнике решается через: 1) экологически ориентированное проектирование; 2) экологически ориентированные технологии; 3) экологически ориентированную автоматизацию технологических процессов и производств [16, 17].

Практически о том же говорится в книге [18], автор которой, рассуждая о генетической опасности нефтяного загрязнения для живых организмов, подчеркивает, что с позиции биологической целесообразности проще предотвратить поступление нефтепродуктов в среду обитания, чем ликвидировать последствия от подобного рода воздействия.

В связи с этим предлагается дополнить определение А. Е. Панфилова [12] и дать следующую формулировку мониторинга. *Мониторинг — это система наблюдений, оценки и прогноза состояния среды обитания с целью выявления возможных причин негативного воздействия на окружающую среду и человека и его минимизации.*

Данная формулировка находится в контексте с соображениями, высказанными в учебнике [10], и уточняет говорящее о целях мониторинга определение, данное Р. Манном [13]. Заметим также, что немецкие авторы [19] подчеркивают: экологам выпала задача предостерегать от последствий разрушение природной среды и заниматься исследованием причин возникновения экологических проблем с целью их успешного преодоления.

В качестве такого экологического (импактного) мониторинга приведем следующий пример [20]. На Тайшетском шпалопропиточном заводе (ШПЗ) в качестве антисептика для пропитки древесины использовалось масло каменноугольное (МК) — высокотоксичное вещество I класса опасности. Процесс пропитки шпал проводят при температуре 80...100 °С. По завершении процесса пропиточные цилиндры открывают с целью разгрузки, при этом наблюдается большой выброс в воздух вредных веществ, в том числе и упомянутых выше ПАУ. При этом обнаружено, что максимальная концентрация антрацена составила 12,5 мг/м<sup>3</sup>, что в 125 раз превышает ПДК.

После перехода предприятия на менее токсичный антисептик IV класса опасности — жидкость термокаталическую (ЖТК) — концентрация антрацена в воздухе рабочей зоны цеха пропитки сократилась с 0,45 до < 0,00005 мг/м<sup>3</sup> (на четыре порядка) при ПДК 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Резко сократились также концентрации бензола, аценафтена и других вредных соединений. Отметим, что мониторинг проводился в течение 4 лет. Авторы статьи [20] продолжают считать экотехногенную обстановку на Тайшетском ШПЗ неблагоприятной и продолжают разрабатывать мероприятия по улучшению условий труда работников предприятия.

В заключение отметим, что, по мнению академика РАН Н. Н. Моисеева [21], человеческая деятельность должна содержать прогностическую составляющую, способную заранее сигнализировать о возможности наступления кризисной ситуации. Таким образом, человечество должно сформулировать тонкую систему обратных связей, способную обеспечить, по возможности, безболезненное преодоление кризисных явлений. Но это означает, что человечество должно быть так организовано, чтобы быть способным надлежащим образом реагировать на предлагаемую систему мер.

#### Список литературы

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Под общ. ред. Л. В. Худобина. — М.: Машиностроение, 2006. — 544 с.
2. Малиновский Г. Т. Масляные смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием: свойства и применение. — М.: Химия, 1993. — 160 с.
3. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. — М.: Химия, 1996. — 319 с.
4. Jennings W. Analytical Gas Chromatography. — San-Diego: Academic Press, 1997. — 394 p.
5. Вредные вещества в промышленности. Т. 1. / Под ред. Н. В. Лазарева и Э. Н. Левиной. — Л.: Химия, 1976. — 592 с.
6. Булычева З. Ю., Руденко Б. А. Хроматографическое определение полициклических аренов в объектах окружающей среды // Ж. аналитической химии. — 1989. — Т. 44. — С. 197—216.
7. Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Экология и проблемы комплексного глобального мониторинга Мирового океана // Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана:



- Тр. I Междунар. симпозиума, Таллин. Том I. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — С. 19—48.
8. **Агаджанян Н. А., Аптикаева О. И., Гамбургцев А. Г.** и др. Системный экологический мониторинг как компонент стратегической безопасности // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 9 (105): Приложение. — 24 с.
  9. **Израэль Ю. А.** Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 560 с.
  10. **Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности:** Учебн. пос. А. С. Бобков, А. А. Блинов, И. А. Роздин, Е. И. Хабарова. — М.: Химия, 1998. — 400 с.
  11. **Белов С. В.** Принципы, понятия и термины науки о безопасности жизнедеятельности человека в среде обитания // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 1. — С. 51—53.
  12. **Панфилов А. Е.** Мониторинг среды обитания человека // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 2: Приложение. — 16 с.
  13. **Munn R. E.** Global Environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase I. SCOPE Report 3. — Toronto, 1973. — 130 p.
  14. **Коган Б. И.** Инженерная экология: Энциклопедический словарь-справочник. — Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. технич. ун-та, 1995. — 102 с.
  15. **Протасов В. Ф., Молчанов А. В.** Словарь экологических терминов и понятий. — М.: Финансы и статистика, 1997. — 160 с.
  16. **Шварцбург Л. Э.** Инженерная экология, безопасность труда и жизнедеятельности в МГТУ "Станкин" // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6. — С. 2—4.
  17. **Шварцбург Л. Э.** Особенности защиты окружающей среды в производственных условиях // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6. — С. 9—13.
  18. **Петухова Г. А.** Механизмы устойчивости организмов к нефтяному загрязнению среды. — Тюмень: Изд-во Тюменск. гос. ун-та, 2007. — 172 с.
  19. **Окружающая среда:** Энциклопедический словарь-справочник: Пер. с нем. — М.: Прогресс, 1993. — 640 с.
  20. **Маковская Т. И., Карпухина Л. С., Кузьменко А. П.** и др. Оценка содержания ароматических углеводородов в воздухе рабочей зоны Тайшетского шпалопроточного завода // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — № 6. — С. 14—18.
  21. **Моисеев Н. Н.** Экология и образование. — М.: Юнисам, 1996. — 192 с.

УДК 628.163:62-278

**И. Б. Рейдерман, Н. В. Миклашевский**, канд. техн. наук, доц.,  
ЗАО "АКВАМЕТОСИНТЕЗ", г. Санкт-Петербург  
E-mail: innusja84@mail.ru

## Опыт эксплуатации ультрафильтрационной установки по доочистке невской водопроводной воды

*Описан опыт эксплуатации водоподготовительной установки, в основу работы которой заложена технология ультрафильтрации. Установка предназначена для доочистки невской водопроводной воды. Выявлено, что стандартная технология регенерации ультрафильтрационных мембран с помощью гидравлических и химических промывок не позволяет восстановить их рабочие характеристики. Представлены данные о причинах загрязнения ультрафильтрационных мембран, работающих на невской водопроводной воде, и рекомендации по восстановлению их рабочих характеристик.*

**Ключевые слова:** ультрафильтрация, железобактерии, трансмембранное давление, невская водопроводная вода.

**Reyderman I. B., Miklashevskiy N. V.**  
*Experience of ultrafiltration water treatment plant operation used for post treatment of Neva's tap water*

*Experience of operation of water treatment plant based on ultrafiltration technology is described. Water treatment plant is used for Neva's tap water post treatment. It is revealed that standard technology of ultrafiltration membranes regeneration using hydraulic and*

*chemical cleanings doesn't let to restore their working characteristics. Data about the reasons of fouling of ultrafiltration membranes which are running on Neva's tap water and recommendations for restore of their working characteristics are presented.*

**Keywords:** ultrafiltration, iron bacteria, transmembrane pressure, Neva's tap water.

Задача обеспечения населения качественной питьевой водой является актуальной для всей России. Эта проблема важна как для жителей крупных городов, так и мелких населенных пунктов. По данным ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" очищенная на водочистных станциях вода полностью соответствует требованиям к качеству питьевой воды, в частности она содержит железа не более 0,3 мг/л. В то же время при транспортировании воды по водопроводным сетям качество ее ухудшается — увеличивается содержание железа в воде, повышается мутность и цветность, происходит ее вторичное загрязнение. Это связано с коррозийной активностью невской водопроводной воды, которая определяется низким значением водородного показателя  $pH = 6,3...6,8$ . Для обеспечения требований нормативных документов [1] прошедшая по водопроводной системе вода требует доочистки.

Крупным потребителям воды (предприятиям различных отраслей промышленности, учреждениям гостиничного комплекса, медицинским центрам и т. д.) приходится проводить доочистку непосредственно перед ее использованием.

Для этих целей рекомендуется внедрение современных мембранных технологий очистки воды. Наиболее приемлемыми для систем питьевого водоснабжения является технология ультрафильтрации. Установки, основанные на этой технологии, обладают следующими преимуществами:

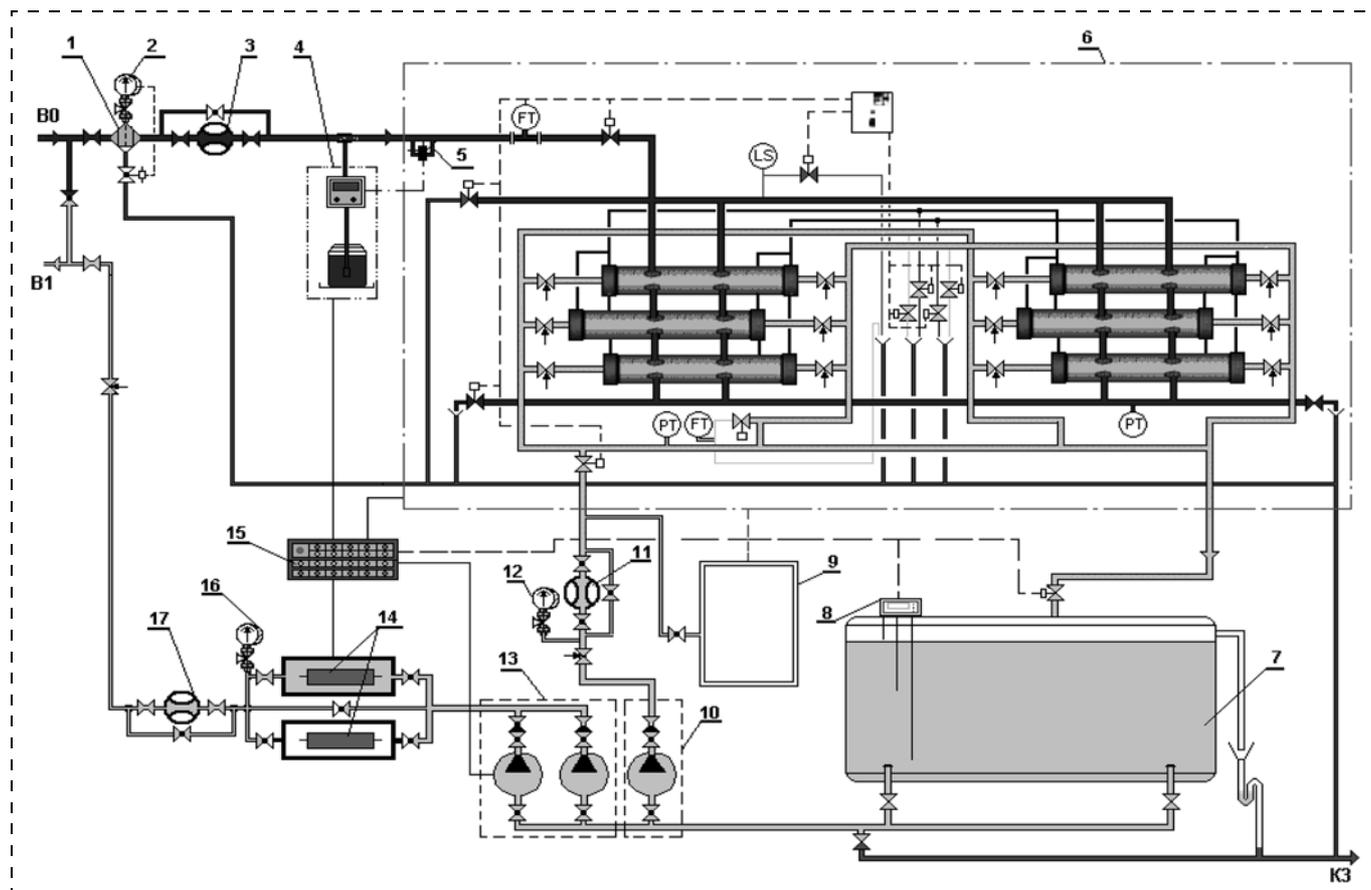
- сохраняют неизменным минералогический состав обрабатываемой воды;
- обеспечивают высокую микробиологическую безопасность очищенной воды, так как задерживают бактерии и вирусы;
- обеспечивают стабильно высокое качество очищенной воды вне зависимости от изменения внешних условий (состава исходной воды, режимов фильтрации);

- являются экологически безопасными в эксплуатации, так как при их работе используется минимальное количество реагентов;
- компактны, наделены и экономичны в работе по сравнению с установками, реализующими классические технологии обработки воды.

ЗАО "АКВАМЕТОСИНТЕЗ" совместно с голландской компанией NORIT была изготовлена и запущена в штатный режим эксплуатации ультрафильтрационная установка, предназначенная для доочистки невской водопроводной воды в гостинице "Европа Отель" (г. Санкт-Петербург). Установка предназначена для осветления, обезжелезивания и корректировки водородного показателя pH.

Принципиальная технологическая схема ультрафильтрационной установки представлена на рис. 1.

Исходная вода по трубопроводу В0 подается на сетчатый фильтр 1, который задерживает грубодисперсные взвеси и предотвращает их попадание в мембранные элементы. Периодически осущест-



**Рис. 1. Принципиальная технологическая схема ультрафильтрационной установки:**

1 — самопромывающийся сетчатый фильтр; 2, 12, 16 — манометры; 3, 11, 17 — расходомеры; 4 — станция дозирования; 5 — прочная ячейка; 6 — ультрафильтрационный модуль; 7 — накопительная емкость; 8 — электронный сигнализатор уровня; 9 — технологическая емкость промывки мембранных элементов; 10 — насос обратной промывки; 13 — сетевая насосная станция; 14 — устройство обеззараживания воды; 15 — блок управления и электрический щит; В0 — исходная вода; В1 — очищенная вода; К3 — промывные воды



вляется промывка фильтра для удаления и сброса накопленных загрязнений в дренаж.

После сетчатого фильтра в поток воды вводится раствор гидроксида натрия для корректировки значения рН (станция дозирования 4).

Далее вода поступает на ультрафильтрационный модуль 6, который состоит из четырех корпусов, в каждом из них расположено по два мембранных элемента производства компании NORIT. Мембранные элементы состоят из 12 000 капилляров, собранных в пучки. Фильтрация происходит в тупиковом режиме "изнутри-наружу". Вода поступает внутрь капилляра, проходит через поры, а частицы, диаметр которых больше размера пор мембран, задерживаются на их поверхности. Размер пор составляет 10...25 нм. Это гарантирует удаление из воды всех коллоидных и взвешенных частиц, а также бактерий и вирусов [2].

После прохождения через ультрафильтрационный модуль 6 очищенная вода поступает в накопительную емкость 7, из которой с помощью сетевой насосной станции 13 подается потребителям. Непосредственно перед подачей воды потребителям она проходит дополнительную ста-

дию обеззараживания с помощью устройства ультрафиолетового обеззараживания 14.

Фильтрационные стоки, образующиеся в процессе эксплуатации установки, по трубопроводу КЗ направляются в канализационную сеть.

Установка рассчитана на производительность 25 м<sup>3</sup>/ч.

Внешний вид установки и ультрафильтрационных мембранных элементов показан на рис. 2.

В ходе работы установки происходит загрязнение поверхности мембран и их пор примесями, содержащимися в исходной воде. Проницаемость мембран снижается, что приводит к уменьшению удельного потока воды через мембрану. Для обеспечения задаваемой производительности установки необходимо увеличивать трансмембранное давление (ТМД — разность между давлением исходной воды и давлением очищенной воды (пермеата)). Степень загрязнения мембран оценивается по росту трансмембранного давления при задаваемой производительности установки.

При достижении критического значения ТМД мембраны претерпевают необратимые механические изменения, поэтому в процессе работы ультрафильтрационных установок для восстановления рабочих характеристик мембран необходимо проводить их регенерацию с помощью гидравлических обратных и химических промывок. Промывка мембранных элементов ультрафильтрационного модуля 6 осуществляется периодически в автоматическом режиме обратным током очищенной воды "снаружи-внутри" из технологической емкости 9 с помощью промывочного насоса 10. Для удаления адсорбированных на поверхности мембран загрязнений один раз в сутки проводится химическая промывка (со щелочным и кислотным растворами). Эта промывка осуществляется стандартными растворами № 1 и № 2, указанными в табл. 1. Расчетное количество гидравлических промывок — 1 раз в 40 мин, химических — 1 раз в 24 ч.

Гипохлорит натрия используется для дезинфекции и предотвращения обрастания микроорганизмами ультрафильтрационных мембран. Для удаления загрязнений, основу которых составляют соединения металлов, применяются кислотные промывки.

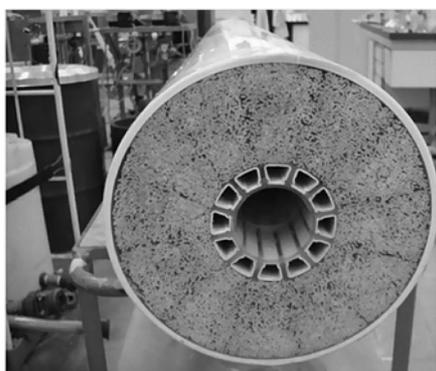
Таблица 1

Стандартные растворы, используемые для химической промывки ультрафильтрационных мембран

Раствор	Химический реагент	рН
Раствор № 1	Гипохлорит натрия	9,5
Раствор № 2	Соляная кислота	2



а)



б)

Рис. 2. Внешний вид установки (а) и мембранного элемента (б)

При работе ультрафильтрационной установки с режимами промывки на основе стандартных растворов выявилось следующее:

1) резкий рост трансмембранного давления до критических значений в течение 4...6 ч после химической промывки стандартными растворами (вместо расчетных 24 ч), что свидетельствует о недостаточной степени промывки мембран и их загрязнении содержащимися в обрабатываемой воде примесями;

2) падение производительности установки, связанное с увеличением времени, затрачиваемой на гидравлические и химические промывки;

3) количество воды, потребляемой на промывку, составляло 40 % от объема очищенной воды;

4) рост трансмембранного давления носит сезонный характер, в теплый период скорость накопления осадка выше, чем в холодный период.

На основе вышеизложенного был сделан вывод о том, что технология отмычки мембран с использованием стандартных растворов № 1 и № 2 (см. табл. 1) не позволяет полностью восстановить удельный поток через ультрафильтрационную мембрану (проницаемость).

Для снижения эксплуатационных затрат при работе ультрафильтрационной установки была поставлена задача определения причин, вызывающих снижение проницаемости мембран, и подбор эффективных рецептур промывочных растворов с целью восстановления рабочих характеристик мембран.

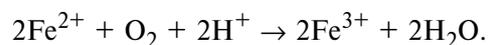
Экспериментально полученные данные по химическому составу промывной воды после химических промывок ультрафильтрационных мембран позволили предположить, что железо, являющееся главной причиной быстрого загрязнения мембран, связано с бактериями. Бактериальное железо (железобактерии) часто сопутствует минеральным (неорганическим) отложениям  $Fe^{3+}$  и состоит из живых и мертвых бактерий, их оболочек и продуктов жизнедеятельности.

Известно, что железобактерии [3] — типичные представители микрофлоры природных вод, которые выносятся из источника водоснабжения в водопроводную сеть, после чего закрепляются на стенках трубопровода. Учитывая, что поверхность трубы не является идеально гладкой, а железобактерии представлены нитчатými формами, на первой стадии происходит механическое удерживание микроорганизмов. Закрепившись на стенке трубопровода, железобактерии размножаются, формируя биопленку.

Окисляя закисное железо  $Fe^{2+}$ , клетки образуют гидроокись  $Fe(OH)_3$  ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ), которая откладывается на их поверхности в формируемом слизистом чехле. Когда чехол становится доста-

точно плотным и начинает препятствовать контакту клеток с внешней средой, они его покидают и начинают формировать новый чехол. Даже при незначительном количестве (менее 0,3 мг/л) общего железа ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) в воде клетки микроорганизмов активно аккумулируют его, так как испытывают в нем физиологическую потребность для ликвидации токсичного продукта метаболизма. Таким образом, на поверхности трубопровода появляются участки, покрытые обильными охристыми отложениями ( $Fe_2O_3$ ,  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ), образованными биогенным путем.

В нейтральной или слабокислой среде окисление  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  происходит в результате непосредственного взаимодействия с кислородом:



Таким образом, накопление окислов железа на поверхности бактериальных клеток — результат двух взаимосвязанных процессов: аккумуляции (поглощения) клетками ионов  $Fe^{2+}$  из раствора и окисления, сопровождающегося обильным отложением нерастворимых оксидов и гидроксидов ( $Fe_2O_3$ ,  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ ) на поверхности бактерий.

При резких изменениях давления и соответственно скоростей течения воды, а также знакопеременных потоков в водопроводной сети нерастворимые оксиды и гидроксиды с внутренней поверхности трубы срываются, ухудшая тем самым качество воды по органолептическим показателям. Если же гидравлический режим водопроводной сети достаточно ровный, то на внутренней поверхности трубопровода образуются плотные бугристые отложения, которые с течением времени уменьшают поперечное сечение трубопровода [3].

В работах [3, 4], посвященных изучению процесса биологического загрязнения мембран, выделены следующие стадии накопления осадка:

- модификация поверхности мембраны веществами, содержащимися в исходной воде;
- адгезия бактерий и образование биопленки;
- увеличение видового разнообразия микрофлоры осадка;
- накопление биомассы.

Ультрафильтрационные мембраны имеют развитую поверхность, которая является прекрасной средой обитания различных микроорганизмов. Подобно образованию слизистых отложений на стенках трубопроводов происходит их отложение на поверхности мембраны и внутри пор. Таким образом, железобактерии, образовавшиеся в водопроводной сети, попадают на ультрафильтрационные мембраны и начинают развиваться на их поверхности и внутри пор, уменьшая при этом их поперечное сечение. Вследствие этого происходит



уменьшение удельного потока воды через мембраны и рост ТМД (при одинаковой производительности). Последняя стадия — самая продолжительная и от количества накопленной биомассы зависит падение производительности мембранных аппаратов.

Биологическое загрязнение мембран отличается тем, что, однажды образовавшись, биопленка в дальнейшем чрезвычайно трудно удаляется обратными промывками, так как бактериальные клетки в процессе жизнедеятельности выделяют особые полимерные вещества (состоящие их полисахаридов, протеинов и т. д.), которые помогают закрепляться им на различных поверхностях и соединяться между собой. Эти внеклеточные вещества, способствующие бактериям развиваться в жестких условиях окружающей среды, защищают их от воздействия биоцидов. Именно поэтому применение только гипохлорита натрия в качестве химической промывки оказалось неэффективным на первом этапе эксплуатации установки (при использовании стандартных растворов № 1 и № 2 при промывке мембран).

Для восстановления исходной проницаемости мембран было выдвинуто предположение о необходимости гидролиза клеточной массы бактериальных загрязнений щелочными растворами гипохлорита натрия. Добавление гидроксида натрия позволяет провести щелочной гидролиз полисахаридов при pH = 11...12. В соответствии с изложенным было предложено выполнить химическую промывку в следующей последовательности:

1) промывка щелочными растворами с pH = 12 (большее значение pH ограничено компанией-производителем мембран);

2) промывка с применением гипохлорита натрия;

3) кислотная промывка с целью растворения соединений железа.

Второй и третий этапы могут быть проведены одновременно путем введения гипохлорита натрия в щелочной раствор.

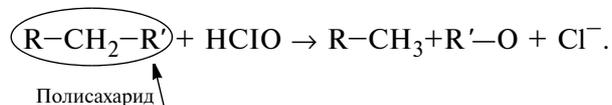
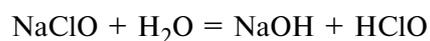
Механизм восстановления проницаемости мембран по мнению авторов может быть представлен в следующем виде.

Гидроксид натрия обеспечивает разрушение слизистой оболочки и полисахаридного чехла железобактерий.

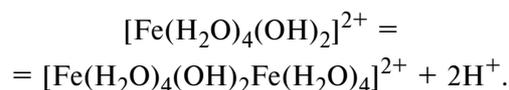
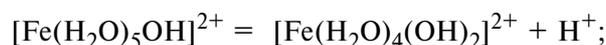
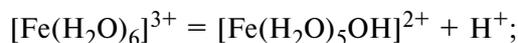
Железобактерии в слизистом чехле + NaOH → → Железобактерии в разрушенном слизистом чехле

Разрушение слизистого чехла обеспечивает доступ гипохлорита натрия непосредственно к железобактериям. Под действием гипохлорита натрия бактерии погибают в результате нарушения метаболизма клеток (под действием сильного окислителя

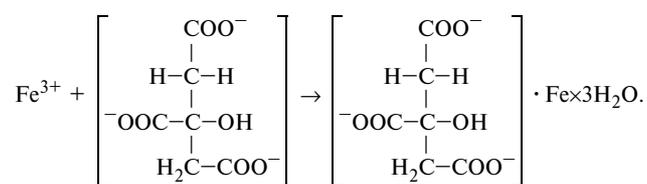
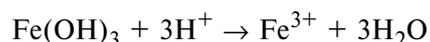
происходит необратимое окисление жизненно важных ферментов) [5]:



Отсутствие эффекта от применения в качестве кислотной промывки соляной кислоты объясняется следующим образом. Трехвалентное железо образует соли с большинством анионов неорганических кислот. Однако, если среда не является достаточно сильноокислой (pH < 1), происходит гидролиз, приводящий к образованию оксикомплексов и других конденсированных образований.



Как только pH в растворе повышается до 2...3, равновесие устанавливается медленно и образуются коллоидные гели. В конечном счете осажается гидратированный  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  [6]. Поэтому, в качестве кислотной промывки была применена смесь лимонной и ортофосфорной кислот. Гидроксид железа III, являющийся продуктом жизнедеятельности железобактерий, в кислой среде переходит в ион железа III, который образует растворимое соединение с лимонной кислотой (цитрат железа III).



Правомерность предлагаемой модели восстановления проницаемости мембран была подтверждена экспериментально следующим образом.

Наличие железобактерий было подтверждено проведением IRB-BART-теста, основанного на изменении окраски раствора при контакте его с железобактериями и появлению коричневого кольца на плавающем в колбе пластмассовом шарике.

Для проведения эксперимента были отобраны шесть проб:

1) исходной воды, поступающей на ультрафильтрационную установку;

- 2) очищенной воды на выходе установки;
- 3) воды, отобранной во время обратной промывки ультрафильтрационных мембран;
- 4) воды, отобранной после выдерживания мембран в растворах гидроксида и гипохлорита натрия в течение 12 мин;
- 5) воды, отобранной после заполнения мембран смесью лимонной и ортофосфорной кислот;
- 6) воды, отобранной после выдерживания мембран в растворе лимонной и ортофосфорной кислот в течение 24 ч.

В специальную колбу с химическим раствором были налиты 15 мл каждой пробы. Состав химического раствора не разглашается компанией-производителем данного теста и является ее KnowHow. Также была сделана контрольная проба с дистиллированной водой. Продолжительность эксперимента составила 30 дней. По истечении этого срока цвет полученных проб был сопоставлен с цветом контрольной пробы. Тест выполнен три раза в разное время для получения достоверных результатов.

В трех проведенных тестах железобактерии были обнаружены в пробах № 1, 3. Количество железобактерий в пробах меньше 25 КОЕ/мл (колониобразующих единиц в 1 мл). На рис. 3, 4 (см. 3-ю стр. обложки) представлены результаты IRB-BART-теста для проб № 1, 3.

Для подтверждения наличия железобактерий был также проведен анализ воды на перманганатную окисляемость.

Слизистый чехол, образующийся в процессе жизнедеятельности железобактерий, главным образом, состоит из полисахаридов, которые могут определяться в растворе по тесту на перманганатную окисляемость воды. Поэтому для определения перманганатной окисляемости были отобраны пробы: а) исходной воды; б) концентрата после обратной промывки очищенной водой; в) концентрата, отобранного во время химической промывки со щелочным раствором гипохлорита натрия. Перманганатная окисляемость проб а) и б) составила 2,4 мгО/л. Перманганатная окисляемость пробы в) составила 27 мг/л. Кроме того, наличие слизистых включений в пробе в) определяется визуально.

На основе проведенных исследований была разработана рецептура для химической промывки мембран ультрафильтрационных аппаратов, предназначенных для доочистки невосковой водопроводной воды. Состав моющего раствора представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Растворы, рекомендуемые для химической промывки ультрафильтрационных мембран**

Раствор	Химический реагент	рН
Раствор № 3	Гипохлорит натрия + гидроксид натрия	11,5
Раствор № 4	Лимонная кислота + ортофосфорная кислота	2,5

После изменения состава моющего раствора химические промывки обеспечили практически полное восстановление проницаемости мембран без периодических гидравлических промывок. В соответствии с этим химические промывки предлагаемым составом (см. табл. 2) проводятся 1 раз в 24 ч последовательно раствором № 3 и раствором № 4 и расход воды на собственные нужды снижен от 40 % до 8...10 %.

### Выводы

1. Железобактерии находятся как на поверхности мембран, так и в их порах, что подтверждается их наличием в промывных водах обратных гидравлических промывок. Обратные гидравлические промывки и химические растворы № 1 и № 2 не обеспечивают полное восстановление проницаемости мембран.

2. Для удаления железобактерий и восстановления проницаемости мембран необходимо последовательное применение специальных химических растворов: смеси растворов гидроксида натрия и гипохлорита натрия (раствор для химической промывки № 3), смеси растворов лимонной и ортофосфорной кислот (раствор для химической промывки № 4).

### Список литературы

1. СанПиН 2.1.4.1074—01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. Winters H. Et. al. Control of biological fouling in seawater desalination // Desalination. — 1983. — V. 47. — P. 233—238.
3. Менча М. Н. Железобактерии в системах питьевого водоснабжения из подземных источников // Водоснабжение и санитарная техника. — 2006. — № 7. — С. 25—32.
4. Первов А. Г., Андрианов А. П., Телимченко Э. А. Влияние биологического загрязнения на работу обратноосмотических и ультрафильтрационных мембранных элементов // Серия. Критические технологии. Мембраны. — 2004. — № 1 (21).
5. Estrela C., Estrela C. R., Barbin E. L., Spano J. C., Marchesan M. A., Pecora J. D. Mechanism of action of sodium hypochlorite. Braz Dent J. 2002; 13: 113—117.
6. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. — М.: Мир, 1979. — С. 471—472.

УДК 614.841.2.001.5

**А. Т. Олишевский**, канд. техн. наук, доц., **А. В. Кирьянов**, **А. С. Холодов**, **С. А. Иванов**, Дальневосточный государственный технический университет, г. Владивосток  
E-mail: ato49@mail.ru

## Причины возникновения пожаров в образовательных учреждениях

*Приведенные данные анализа причин возникновения возгораний в образовательных учреждениях России за 2003—2008 гг., а также данные независимого мониторинга сообщений о пожарах на информационных ресурсах сети Интернет. На основании обработки материалов был составлен список причин возникновения пожаров.*

**Ключевые слова:** причины пожаров, образовательное учреждение, статистика пожаров, пожары в России.

**Olishevskiy A. T., Kiryanov A. V., Holodov A. S., Ivanov S. A.** *The reasons for fire outbreaks in educational institutions*

*The paper contains the analysis of the reasons for fire outbreaks in Russia's educational institutions in 2003—2008. An independent Internet monitoring of cases of fire outbreaks is carried out. The list of the reasons for fire outbreaks is presented as a result of the study.*

**Keywords:** causes of fires, Educational institution, statistics of fires, fires in Russia.

### Введение

Несмотря на то, что в последние годы наметилась тенденция к снижению числа пожаров, числа погибших и травмированных при пожарах людей, пожары остаются самым распространенным видом чрезвычайных ситуаций. По данным МЧС России [1], в нашей стране ежегодно происходит более 200 000 пожаров (табл. 1). За период с 2003 г. по 2008 г. число

Таблица 1

Статистические данные о пожарах в РФ за 2003—2008 гг.

Год	Число пожаров	Число погибших, чел	Число травмированных, чел
2003	239 286	19 275	14 058
2004	231 486	18 377	13 673
2005	226 952	18 194	13 183
2006	218 570	17 065	13 379
2007	211 163	15 924	13 646
2008	200 386	15 165	12 800

пожаров сократилось на 17 %, число погибших — на 22 %, травмированных — на 9 %.

Основными причинами возникновения пожаров являются:

- поджоги;
- технологические причины;
- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования;
- нарушение правил устройства и эксплуатации печного отопления;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных и огневых работ;
- неосторожное обращение с огнем;
- шалость детей с огнем.

Приведенный список содержит причины возникновения пожаров общие для всех объектов экономики. Наибольшее число пожаров в 2008 г. произошло от неосторожного обращения с огнем (44,8 % от общего числа пожаров) и из-за нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования (19,4 %) [1]. К сожалению, рассмотрение соотношения числа пожаров, возникающих по различным причинам, в различные годы невозможно из-за отсутствия открытых статистических данных.

Наиболее значительные пожары, приведшие к человеческим жертвам, происходили в образовательных учреждениях различного уровня. В настоящей работе сделана попытка определения причин возникновения пожаров, характерных для учреждений образования Российской Федерации, на основании материалов, опубликованных в средствах массовой информации за период 2003—2008 гг.

### Исходные данные

В настоящее время в открытом доступе нет официальной статистики подобного рода, поэтому был проведен мониторинг публикаций, размещенных на информационных порталах сети Интернет, с помощью поисковых систем Google и Yandex. Как показал проведенный поиск, большинство сообщений, связанных с пожарами в образовательных учреждениях, размещается на региональных Интернет-порталах. Основным источником мате-

риалов, используемых в работе, послужили сообщения Информационного агентства REGNUM — федерального информационного агентства, обладающего развитой региональной сетью [2].

Всего было отмечено 485 случаев пожаров, произошедших в образовательных учреждениях России за период 2003—2008 гг. В это число вошли пожары, произошедшие в образовательных учреждениях всех уровней, начиная от детского сада и заканчивая вузами. Для каждого пожара регистрировалась дата его возникновения, учреждение в котором он произошел, место нахождения, регион, источник сообщения, причина возгорания и ущерб. Во многих случаях причины пожаров не были указаны или указаны на основании предварительных данных, поскольку сообщения о происшествиях обычно публикуются в новостных изданиях, которые получают информацию непосредственно с мест пожаров в режиме реального времени. Тем не менее, собранный объем данных достаточно представительен и позволяет оценить основные причины и тенденции изменения пожарной обстановки в образовательных учреждениях за рассматриваемый период.

#### Тенденции изменения пожарной обстановки

Изменение числа пожаров, отмеченных за период 2003—2008 гг., представлено диаграммой, приведенной на рис. 1. Как видно, максимальное число зарегистрированных пожаров приходится на 2004 и 2005 гг., а начиная с 2006 г. происходит заметное снижение их числа. Для объяснения столь резкого снижения числа пожаров необходимо вспомнить, что происходило с пожарной безопасностью в те годы.

Наиболее серьезные пожары с гибелью людей происходили в зданиях учебных заведений с постоянным пребыванием учащихся. В 2003 г. в общежитиях произошло несколько серьезных пожаров, вы-

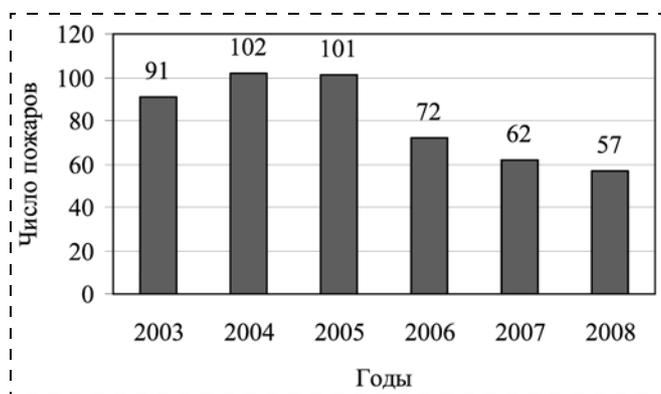


Рис. 1. Изменение числа пожаров в образовательных учреждениях за период 2003—2008 гг.

завших широкий резонанс в обществе. Так, в апреле 2003 г. произошли сразу два страшных пожара: в школе-интернате для глухонемых детей в Махачкале (погибли 30 детей, 107 были госпитализированы с ожогами различной степени тяжести) и в школе поселка Сыдыбыл Якутии (погибли 22 подростка). В том же году в Москве произошел сильный пожар в здании общежития Российского университета дружбы народов, в результате которого 32 студента погибли, а 139 человек получили ожоги и травмы различной степени тяжести.

В 2004 г. была утверждена программа Министерства образования России на 2004—2007 г. "Безопасность образовательного учреждения" [3]. Программа предполагала решение двух блоков вопросов: инвестиционно-производственного и научно-инновационного. Первый блок предусматривал повышение уровня материально-технического обеспечения оснащения, монтаж и сервисное обслуживание оборудования и инженерных систем обеспечения безопасности. Научно-инновационный блок Программы включал три направления: нормативное правовое и научно-методическое обеспечение безопасности образовательного учреждения, научно-методическое обеспечение организации обучения, повышения квалификации, подготовки и профессиональной переподготовки кадров по безопасности образовательного учреждения и совершенствование элементов современного оборудования и средств обеспечения безопасности образовательного учреждения. Программа предполагала значительное увеличение государственного финансирования противопожарных мероприятий в образовательных учреждениях.

На протяжении 2004 и 2005 гг., когда реализация Программы была только начата и системные эффекты еще не проявились, упоминается примерно сто сообщений за год, в 2006 г. — 72 случая, а в 2007 г. всего 62 случая. Кроме того, уменьшается число пожаров с большим ущербом. Это связано с повсеместной установкой охранно-пожарной сигнализации, что позволило повысить оперативность реагирования противопожарной службы, усилением контроля за пожарной безопасностью на местах. Однако стоит отметить, что положительная тенденция наблюдается в основном в городах. Удаленность, отсутствие связи, ветхость зданий, а также то, что многие школы в сельской местности деревянные, приводит часто к полному уничтожению зданий.

По официальным данным, число пожаров в школах в те годы также значительно сократилось. Так, в августе 2007 г. ИТАР-ТАСС обнародовал интервью главы МЧС России Сергея Шойгу, который сообщил о снижении количества пожаров



в течение предшествующих пяти лет в 2,7 раза [4]. В материале [2] сообщается, что в 2006 г. в образовательных учреждениях произошло 302 пожара, что почти на 20 % меньше, чем за аналогичный период 2005 г.

Таким образом, на основании числа отмеченных сообщений о пожарах в образовательных учреждениях можно сделать вывод об эффективности принятых государством мер.

### Причины возникновения пожаров

Из рассмотренных 485 пожаров только для 317 в публикациях указаны причины их возникновения. Кроме того, в материалах [2] акцентируется, что выводы по причинам возгораний носят предварительный характер.

В табл. 2 сведены данные о причинах пожаров в образовательных учреждениях за период 2003—2008 гг. Помимо числа пожаров, возникающих по той или иной причине, для удобства последующего анализа и наглядности также приведено их процентное соотношение к общему числу пожаров, возникших в указанном году, для которых указана причина возгорания. Графики распределения пожаров по основным причинам возникновения за рассматриваемый период представлены на рис. 2.

Подробнее остановимся на каждой из причин возникновения пожара.

1. Неисправность электропроводки. Как следует из результатов анализа табл. 2, эта причина занимает первое место по количеству вызванных ею пожаров. Всего за рассматриваемый период отмечено 101 возгорание по данной причине, что составляет 31,86 % от общего числа пожаров. Доля пожаров, вызванных неисправностями электро-

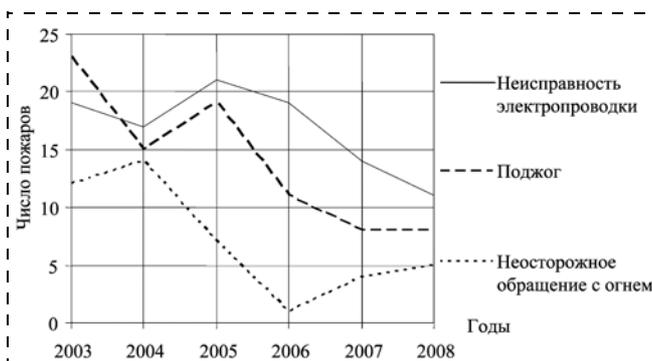


Рис. 2. Основные причины возникновения пожаров по данным 2003—2008 гг.

проводки, колеблется от 24,3 % (2004 г.) до 45,2 % (2007 г.).

Основные причины сложившейся ситуации:

- физический износ систем электропитания (большинство образовательных учреждений располагаются в зданиях, построенных несколько десятков лет назад, при этом капитальный ремонт проводился очень давно или не проводился вообще);

- превышение допустимых нагрузок (особенно в зимний период, когда возникают перебои с подачей теплоты);

- некачественное проведение монтажных работ (отсутствие должной квалификации у строителей).

2. Поджог. За рассмотренный период было зафиксировано 84 случая поджога образовательных учреждений, что составляет 26,5 % от общего числа пожаров. Доля пожаров, по причине поджогов, колеблется от 21,4 % (2004 г.) до 33,8 % (2005 г.). С 2006 г. отмечается значительное сокращение пожаров по причине поджогов.

Таблица 2

Причины возникновения пожаров по данным 2003—2008 гг.

Причина пожара	Распределение пожаров по годам						Всего	% от общего числа
	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Неисправность электропроводки	19	17	21	19	14	11	101	31,86
Поджог	23	15	19	11	8	8	84	26,50
Неосторожное обращение с огнем	12	14	7	1	4	5	43	13,56
Курение	3	7	7	5	2	2	26	8,20
Неосторожное обращение с электроприборами	4	7	3	5	—	3	22	6,94
Сварочные работы	1	5	5	3	—	4	18	5,68
Строительные работы	—	1	1	—	2	3	7	2,21
Печное отопление	4	1	2	1	1	—	9	2,84
Гроза	1	—	1,5	—	—	—	2	0,63
Авария системы водоснабжения	—	1	—	—	—	1	2	0,63
Лесной пожар	1	—	—	—	—	—	1	0,32
Пиротехника	—	2	—	—	—	—	2	0,63
ИТОГО:	68	70	66	45	31	37	317	—

Факты поджога можно условно разделить на две группы: хулиганские проявления и поджоги с целью сокрытия иных преступлений, которые носят единичный характер. Виновниками основной массы поджогов являются учащиеся, имеющие конфликтные отношения с преподавателями или попросту не желающие посещать занятия. Большинство поджогов происходит в ночное время. Самая распространенная схема поджогов заключается в следующем: злоумышленники сначала разбивают окна зданий, а затем забрасывают источник огня. Поджоги возможны из-за плохой организации охраны зданий учебных заведений. Наличие простых защитных рольставней на окнах могло бы существенно снизить количество подобных случаев.

3. Неосторожное обращение с огнем. За период 2003—2008 гг. отмечено 43 пожара по данной причине, т. е. 13,56 % от общего числа. Неосторожное обращение с огнем может подразумевать разные причины возгорания, начиная от курения и заканчивая огневыми работами при строительстве. Единственный вывод, который можно сделать по пожарам от неосторожного обращения с огнем, что они вызваны халатным отношением людей к обеспечению пожарной безопасности, т. е. причина пожаров — человеческий фактор. Отметим, что если в 2003 и 2004 гг. регистрировалось 12 и 14 случаев пожаров, произошедших по данной причине, то в 2008 г. всего 5 случаев.

Объяснением подобного резкого снижения случаев возгорания из-за неосторожного обращения с огнем может служить повышенный контроль за пожарной безопасностью образовательных учреждений со стороны надзорных органов. Руководители учреждений почувствовали ответственность и, как следствие, стали больше уделять внимания мерам пожарной безопасности на местах.

4. Курение. Исходя из данных табл. 2, количество пожаров, вызванных курением, за весь исследуемый период равно 26 (8,2 % от общего число сообщений). Однако следует отметить, что за формулировкой "неосторожное обращение с огнем" в образовательных учреждениях зачастую стоит именно курение. Наблюдаемое в 2007 и 2008 гг. снижение количества регистрируемых пожаров по данной причине, по мнению авторов, объясняется теми же факторами, что и снижение количества пожаров, возникающих из-за неосторожного обращения с огнем. Также отметим положительный опыт по отведению учащимся специальных мест для курения.

5. Неосторожное обращение с электроприборами. Имело место 22 пожара по этой причине, т. е. 6,94 % от общего числа пожаров за рассматриваемый период). Большинство случаев, отне-

сенных к данной группе, связано с использованием неисправных электроприборов. Пожары возникают из-за нарушения правил использования бытовых приборов. Используются неисправные приборы, которые согласно инструкциям по эксплуатации использовать запрещено. При этом, как правило, виновники подобных пожаров не учащиеся, а сотрудники образовательных учреждений.

6—7. Сварочные и строительные работы. Эти две причины возгораний необходимо рассматривать совместно, поскольку строительные работы включают в себя сварочные. Так как в сообщениях информационных агентств ограничиваются лаконичными формулировками, то определить какие именно строительные работы вызвали пожар невозможно. За период 2003—2008 гг. было зафиксировано 25 случаев возгорания по данным причинам (7,89 % от общего числа пожаров), при этом в отличие от других причин пожаров, заметного снижения числа пожаров при проведении строительных работ не отмечается. Отметим, что пожары по данным причинам происходят исключительно из-за нарушений правил пожарной безопасности рабочими.

Кроме рассмотренных причин возникновения пожаров отмечались отдельные случаи возгораний из-за печного отопления (9 случаев), грозы (2), аварий систем водоснабжения (2), лесного пожара (1), пиротехники (2).

Как показывает список причин возникновения пожаров в образовательных учреждениях, большинство пожаров происходит по вине человека (поджоги, неосторожное обращение с огнем, курение, неосторожное обращение с электроприборами, строительные работы, пиротехника). В оставшихся случаях также можно усмотреть нарушение противопожарных норм. Например, неисправности электропроводки могут быть следствием неправильного монтажа или обслуживания, допущенных перегрузок сети, пожар из-за грозы — отсутствием предусмотренного строительными нормами громоотвода и т. д. Таким образом, для снижения пожарной опасности в образовательных учреждениях помимо значительного выделения финансирования, необходимо повышать уровень ответственности и подготовки в данной области руководителей и сотрудников учреждений образования, учащихся.

#### Список литературы

1. <http://www.mchs.gov.ru/stats/> Официальный сайт МЧС России.
2. <http://www.regnum.ru/news/> Новости на сайте Информационного агентства REGNUM.
3. Приказ Министерства образования РФ от 12.01.2004 г. "Об утверждении и реализации программы Минобразования России на 2004—2007 годы "Безопасность образовательного учреждения".
4. <http://www.ami-tass.ru/article/26186.html>.

**Г. И. Хантургаева**, канд. хим. наук, **В. Г. Ширеторова**, канд. техн. наук,  
Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ  
E-mail: techmin@binm.bscnet.ru

## Приоритеты устойчивого развития Байкальского региона (по материалам IV Международной научно-практической конференции)

С 5 по 9 июля 2010 г. в г. Улан-Удэ прошла IV Международная научно-практическая конференция "Приоритеты Байкальского региона в азиатской геополитике России", посвященная 350-летию добровольного вхождения Бурятии в состав Российского государства и организованная по инициативе Байкальского института природопользования СО РАН.

Более 400 ее участников — представители федеральных органов государственной власти, руководители субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, научных и деловых кругов РФ, Монголии, Китая, общественных организаций и объединений России — обсудили стратегические, социально-экономические, экологические, демографические проблемы Байкальского и Дальневосточного регионов, которые определяют концепцию развития государства на востоке России. Главная цель этой концепции — формирование развитой экономики, безопасной и комфортной среды обитания с сохранением уникальной экосистемы озера Байкал, природных ресурсов восточных регионов России и взаимовыгодного сотрудничества со странами Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР).

О необходимости экономического взаимодействия и высокотехнологического сотрудничества России со странами АТР подчеркивал Президент РФ Д. А. Медведев на совещании по социально-экономическому развитию Дальнего Востока в Хабаровске. Он отметил, что "интеграция со странами АТР — очень серьезный ресурс подъема экономики Дальнего Востока и всей России".

Действительно для российских приграничных регионов такое сотрудничество могло бы стать важным рычагом решения социально-экономических проблем.

На пленарном заседании с докладами, посвященными перспективам устойчивого развития Байкальского региона на основе опережающего экономического развития инфраструктуры приграничных территорий, расширения научных, производственных связей, торговых отношений со странами АТР, освоения природно-ресурсного потенциала и экологической безопасности выступили министр экономики Республики Бурятия Т. Г. Думнова, министр природных ресурсов Республики Бурятия Б. Д. Ангаев, генеральный директор ИФК "Метрополь" д-р экон. наук. М. В. Слипенчук, чл.-корр. РАН, директор Байкальского института природопользования СО РАН А. К. Тулохонов, академик, вице-президент АН Монголии Тувд Дорж, директор Департамента экономики и финансов Министерства природных ресурсов РФ Г. В. Выгон, чл.-корр. РАН, председатель Якутского научного центра СО РАН А. Ф. Сафронов, чл.-корр. РАН, зам. директора Института экономики и организации промышленного производства СО РАН

В. И. Сулов, д-р геогр. наук, директор института географии им. В. Б. Сочавы Иркутского научного центра СО РАН В. М. Плюснин, заместитель генерального директора ИФК "Метрополь" Н. Е. Анненская.

Президент Республики Бурятия В. В. Наговицын, обращаясь к участникам конференции, отметил, что, несмотря на глобальный экономический и финансовый кризис, Азиатско-Тихоокеанский регион, несомненно, остается зоной наиболее быстрого экономического развития. Важным элементом сотрудничества со странами АТР может стать создание международного железнодорожного транспортного коридора через территорию Монголии между китайским городом Тяньцзинь и станцией Наушки ВСЖД. Выход через Тяньцзинь в ареал Желтого моря позволит оптимизировать транспортное сообщение в экспортно-импортной политике регионов не только Сибири, но и центральных регионов России с Китаем, Японией, Республикой Корея и другими странами АТР. Большое значение для Бурятии имеет развитие туризма с Монголией. Реализация туристического проекта "Чайный путь" позволит значительно увеличить количество туристов из стран Юго-Восточной Азии и Европы, считает Президент Республики Бурятия. Глава республики также выразил уверенность, что обсуждение жизненно важных вопросов развития Байкальского региона на конференции получит дальнейшее развитие и ляжет в основу программ социально-экономического развития регионов.

Директор Байкальского института природопользования СО РАН, А. К. Тулохонов заострил вопросы, связанные с приграничным расположением Прибайкалья. Он сравнил темпы развития этого региона и Северо-Восточного Китая и отметил, что китайские пограничные города (Хэйхэ, Маньчжурия, Суйфыньхэ, Муданьцзян и др.) за счет товарооборота с Россией в 5–10 раз увеличили основные социально-экономические показатели.

В качестве мер для достижения регионами самодостаточности, самостоятельности, стабильности, безопасности жизнедеятельности и закрепления населения А. К. Тулохонов предложил следующие условия: развитие транспортной инфраструктуры, ориентация региональной экономики на экспорт товаров и импорт технологий. Кроме того, по мнению директора БИП СО РАН, государственные границы должны превратиться в средство экономического развития приграничных территорий, а эколого-экономические проблемы этих областей следует решать на основании учета взаимных интересов соседних государств.

А. К. Тулохонов подчеркнул, что Сибирь не просто источник сырья для экономики России, а ее фундамент, от прочности которого зависит будущее страны.

Приоритеты развития Сибири были обозначены и в докладе заместителя директора по науке Института экономики и организации промышленного производства СО РАН В. В. Сулова. Он подчеркнул, что для Сибири и Дальнего Востока особенно важен прирост населения, опережающее развитие инфраструктуры, ускоренное инновационное развитие, а также реализация огромного туристско-рекреационного потенциала. Он отметил, что для этого необходимо создать и законодательно закрепить механизм возврата природной ренты из центра обратно на территорию Сибири. Для достижения обозначенных целей, по мнению В. В. Сулова, необходимо развить мощный промышленный сектор глубокой переработки сырья, создать эффективную инновационную систему и не забывать об экологическом аспекте.

В докладе генерального директора ИФК "Метрополь", Председателя попечительского совета Фонда Содействия Сохранению озера Байкал М. В. Слипечука освещались основные приоритеты экономического развития Байкальского региона — это создание транспортных артерий, газопровода, нефтепровода, добычи и переработки полезных ископаемых и развития туристической зоны на восточном берегу Байкала. Увеличение объемов привлекаемых инвестиций частных компаний в экономику Байкальского региона и Дальнего Востока — это основной экономический индикатор стратегии развития. Стимулирование вложения инвестиций в регион позволит решить геополитическую задачу закрепления и привлечения экономически активного населения.

Важную проблему, касающуюся природопользования в регионе, связанную с охраной бассейна реки Селенга, поднял вице-президент АН Монголии Тувд Дорж. Он отметил основные экологические проблемы деградации различных экосистем на приграничных территориях: загрязнение поверхностных вод и почв, опустынивание территорий, хронические болезни населения, связанные с загрязнением среды обитания, и подчеркнул, что "все это требует межрегионального и межгосударственного сотрудничества во всех отношениях, в том числе и научном". С этой мыслью согласился министр природных ресурсов Республики Бурятия Б. Д. Ангаев, сказав: "Мы пьем воду из одной реки и должны принимать общие меры по ее чистоте".

На "круглых столах" и секциях конференции были обсуждены вопросы геополитических аспектов социально-экономического развития восточных регионов России, эффективного решения эколого-экономических проблем и перспектив экономической специализации Байкальского региона на основе природно-ресурсного, индустриального, кадрового и научного потенциалов в рамках федеральных отраслевых стратегий развития, стратегий социально-экономического развития субъектов РФ и муниципальных образований.

Особое внимание на конференции уделялось необходимости создания эффективной инновационной системы экологически безопасного освоения природно-ресурсного потенциала региона и внедрения высокотехно-

логических, ресурсо- и энергосберегающих производств глубокой переработки сырья. Широкое обсуждение получила Федеральная целевая программа "Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории". Среди других актуальных тем были обсуждены перспективы совершенствования транспортной и энергетической систем в азиатской части России, освоения и глубокой переработки полезных ископаемых и развития туризма. Было отмечено, что технология переработки минерального сырья должна быть сквозной от добычи сырья до получения готовой продукции и безопасной для природных систем и человека, следовательно, в Байкальском регионе необходимо развить металлургию лучше в Забайкальском крае, подальше от Байкала.

На конференции был предложен ряд инновационных решений вовлечения в переработку минерального, растительного сырья, отходов промышленных предприятий, природных вод с получением строительных и керамических материалов, удобрений, сорбционных и полимерных материалов, экологически чистых пищевых продуктов, продуктов функционального питания, биологически активных добавок и др. Использование природных вод для теплоснабжения зданий и сооружений при экономически эффективном отборе теплоты — одно из инновационных решений энергетических проблем. Технически оно осуществимо с применением тепловых насосов.

Итогом работы конференции стали конкретные рекомендации для принятия органами законодательной и исполнительной власти решений по созданию благоприятных условий для опережающего развития инфраструктуры приграничных территорий азиатской части России, ускоренного инновационного развития экономики, улучшения качества жизни населения и сотрудничества России со странами АТР.

Конференция сопровождалась многочисленными мероприятиями:

— состоялось подписание соглашений о создании зон экономического благоприятствования туристско-рекреационного типа между Правительством Республики Бурятия и муниципальными образованиями;

— участники конференции были ознакомлены с ходом строительства инфраструктуры Особой экологической зоны туристско-рекреационного типа (ОЭЗ ТРТ) "Байкальская гавань", участок "Пески" на озере Байкал. Освоение участка "Пески" начато по следующим направлениям: в устье реки Турка сооружается морской порт с причалами, на подъезде к поселку — водозаборное сооружение и водовод, а также мусороперегрузочная станция;

— в музее природы Бурятии была открыта выставка "Миры — Байкалу", где были представлены основные итоги и научные результаты международной научно-исследовательской экспедиции "Миры на Байкале".

Участники конференции посетили Иволгинский дацан — центр буддизма в России и музей "Светлая поляна" на берегу Байкала.



## Указатель статей, опубликованных в журнале "Безопасность жизнедеятельности" в 2010 году

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

**Петренко В. А.** Прогнозы среднедекадных значений температуры воздуха и скорости ветра в зимний период 2014 года на территории проведения Олимпийских игр. № 8

### ОХРАНА ТРУДА

**Витюгова М. Н., Колоколкина Н. В., Редина Л. В., Щербина Г. И., Гальбрайт Л. С.** Материалы для спецодежды с комплексом защитных и гигиенических свойств. № 12

**Гальянов И. В., Студенникова Н. С.** О необходимости и некоторых проблемах выполнения анализа травматизма в сельском хозяйстве. № 6

**Гоман В. В., Васендин В. Н.** Электромагнитные поля частотно-регулируемого электропривода и их влияние на производственный персонал. № 9

**Груничев Н. С., Аксенов С. А., Хоренко Т. А.** Пути снижения шума в кабинах локомотивов на железнодорожном транспорте. № 2

**Гусев С. А.** Математическое выражение зависимости уровня противорадиационной защиты оператора от габаритно-массовых параметров шасси гусеничного трактора. № 9

**Зинкин В. Н., Кукушкин Ю. А., Богомолов А. В., Солдатов С. К., Алексеенко М. С.** Исследование эффективности средств индивидуальной и коллективной защиты от шума на основе оценки потенциальной надежности профессиональной деятельности авиационных специалистов. № 11

**Илларионова И. А., Гумеров Т. Ю., Решетник О. А.** Применение и безопасное использование дезинфицирующих средств на объектах предприятий общественного питания. № 7

**Ильященко 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. № 7

**Ким К. К., Спичкин Г. Л., Воробьев К. В.** Новые подходы к повышению качества воздуха помещений. № 9

**Макаров П. В., Борисов А. Ф.** Использование результатов анкетирования работников в качестве количественного показателя при оценке профессионального риска. № 6

**Румянцева Н. В.** Методические подходы к оценке рисков для определения эффективности мероприятий охраны труда. № 6

**Склеменов Г. Ж.** Особенности применения труда подростков и оценка качества аттестации рабочих мест по условиям труда. № 12

**Склеменов Г. Ж.** Проблемы и их решения в вопросах аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией организации работ по охране труда. № 11

**Субботин И. А.** Анализ систем управления охраной труда и их применение в пивоваренной отрасли. № 6

**Тюрин А. П., Севастьянов Б. В.** Влияние параметров сотовых конструкций на снижение уровней стабильных и импульсных шумов. № 7

**Фалина Е. В.** Способ снижения уровня травматизма на опасных производственных объектах. № 2

**Юдина Э. И.** Анализ и оценка вероятности возникновения производственного травматизма на ОАО "ММК". № 11

### ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

**Алехин А. Н., Вертячих Н. Н.** Нарушения адаптации в социально-стрессовых условиях. № 6

**Давлетшина Г. И., Фридланд С. В.** Влияние минерального состава питьевой воды на здоровье населения города Магнитогорска. № 11

**Давлетшина Г. И., Фридланд С. В.** Оценка обеспечения населения города Магнитогорска микроэлементами с питьевой водой. № 12

**Красильников А. А., Самойлов А. Д., Семёнов А. Г., Элизов А. Д.** Способ самостоятельного перемещения человека на самоходной коляске по лестнице с поручнями. № 12

### ПРОМЫШЛЕННАЯ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ) БЕЗОПАСНОСТЬ

**Белов П. Г., Комаревцева Т. А.** Универсальный способ прогнозирования риска техногенных происшествий. № 8

**Вербух Н. Ф., Герасимов А. И., Попов С. Н.** Усиление несущей способности ледовых переправ и болотистых грунтов. № 6

**Власов Е. Н., Мамаев В. К.** Экспериментальные исследования модельных ступеней центробежных нагнетателей. № 7

**Гоголев И. Г., Николаева Т. А., Дроконов А. М.** Влияние расхода охлаждающего воздуха на структуру потока и шумоизлучение турбинной ступени. № 12

**Гоголев И. Г., Николаева Т. А., Дроконов А. М.** Генерация и методы снижения шума газоперекачивающих агрегатов с авиационными и судовыми газотурбинными двигателями. № 4

**Козин В. М., Земляк В. Л.** Безопасность всплытия подводного судна в сплошных льдах в условиях мелководья. № 10

**Котельников В. С., Кононов П. В., Куприянов В. В.** К вопросу о саморегулировании в области промышленности безопасности. № 6

**Кретов И. Т., Шахов С. В., Потапов А. И., Попов Е. С., Попов Д. С.** Оценка целостности технологической системы комплексной переработки отходов пивоваренного производства. № 4

**Лазарев А. Г., Беспалов В. И., Лазарев А. А., Евтушенко А. И.** Особенности процессов образования и распространения шума в условно замкнутых производственных помещениях. № 6

- Лазарев А. Г., Беспалов В. И., Лазарев А. А., Евтушенко А. И.** Анализ звукоотражающих и звукопоглощающих свойств различных физических сред как основа решения проблем оздоровления акустической обстановки в производственных помещениях. № 4
- Малков А. А., Захаров А. А., Байтиминова Е. А., Нигметов Г. М.** Модернизация и расширение функциональных возможностей мобильного диагностического комплекса для оценки инженерной безопасности зданий (сооружений). № 7
- Мамаев В. К., Власов Е. Н.** Методы оценки шума центробежных лопаточных машин. № 2
- Месхи Б. Ч., Булыгин Ю. И., Михайлов А. Н., Потемкина А. В., Панченко О. С.** Влияние конструктивных особенностей циклонных аппаратов на их аэродинамические свойства. № 12
- Минаев Д. А., Терехов А. Л., Водопьянова О. С.** Разработка критериальной оценки шумности центробежных нагнетателей. № 2
- Павпертов В. Г., Тюрин А. П.** Разработка средства исследования акустического состояния помещений в низкочастотном диапазоне. № 10
- Старжинский В. Н., Гагарин Д. Р.** К расчету излучения шума обрабатываемой заготовкой при пилении древесины круглыми пилами. № 11
- Шаров Е. А., Кузеев И. Р.** Комплексное исследование вала магистрального насоса. № 4

#### РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Варлаков А. П., Германов А. В.** Исследование методов цементирования жидких органических радиоактивных отходов. № 10

#### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Алыков Н. М., Павлова А. В., Нгуэн Кхань Зуй, Абуова Г. Б., Утюбаева Н. В.** Сорбционное удаление из воды ионов тяжелых металлов. № 4
- Алыков Н. М., Шачнева Е. Ю.** Изучение сорбции флокулянтов на сорбенте СВ-1-А. № 8
- Александров А. А., Емельянов В. Ю., Кирпичников В. Н.** Результаты испытаний установки рекуперации паров нефтепродуктов "ЭРЕСТ" на АЗС в Москве. № 11
- Андрюшкин А. Ю.** Использование переработанных отходов пенополиуретанов при напылении покрытий. № 12
- Антипов Ю. А., Барский И. А., Шаталов И. К.** Снижение выделения оксидов азота газотурбинными установками. № 10
- Бажин В. Ю., Власов В. В., Патрин Р. К.** Утилизация техногенных отходов электролизного производства алюминия. № 9
- Байгалиев Б. Е., Шайхутдинова А. А.** Имитационная модель управления экологической безопасностью. № 4
- Баранова М. П., Кулагина Т. А.** Экологически чистая технология получения водоугольных суспензий из низкометаморфизированных углей. № 12
- Бариева Э. Р., Королев Э. А., Егорова Е. С.** Рециклинг шламовых отходов химводоподготовки тепловых электростанций города Казани в производстве керамического кирпича. № 10
- Буренин В. В.** Очистка производственных сточных вод от загрязняющих примесей. № 2

- Ворожнин В. С., Маркелов Ю. И., Александрьчев И. П., Давыдов В. Б.** Оценка загрязнения снегового покрова тяжелыми металлами вблизи автомагистрали. № 7
- Гигина О. С., Быковский Н. А., Кантор Е. А.** Извлечение меди из отработанных кислотных растворов травления производства печатных плат. № 4
- Григорьев Л. Н.** Критериальная оценка и выбор наилучшей доступной экологической технологии. № 2
- Громова В. С., Борисова И. В., Шушпанов А. Г.** Некоторые аспекты отдаленных последствий загрязнения окружающей среды хлорорганическими пестицидами. № 11
- Гумеров Т. Ю., Добрынина А. Ф.** Особенности процессов флокуляции при очистке сточных вод, содержащих белково-липидные примеси. № 2
- Добряков А. В., Голованчиков А. Б.** Очистка сточных вод от радиоактивных изотопов. № 9
- Ермолаева Н. В., Голубков Ю. В.** Экологическая безопасность при работе с СОЖ на масляной основе и мониторинг окружающей среды. № 12
- Зонхаева Э. Л.** Комплексное использование цеолитсодержащего сырья. № 6
- Касперович Е. В.** Оценка массы сброса загрязняющих веществ со стоками судов в промысловые подзоны Охотского моря. № 10
- Катин В. Д., Косыгин В. Ю.** Применение математического планирования эксперимента при экологических исследованиях газовых горелок трубчатых нефтетехнологических печей. № 7
- Катин В. Д., Косыгин В. Ю.** Пути повышения экологической эффективности сжигания топлива в котельных предприятиях железнодорожного транспорта в условиях Дальнего Востока. № 8
- Кириллов А. В., Притужалова О. А.** Производственный экологический мониторинг и контроль на примере строительства магистральных газопроводов. № 7
- Климов Е. С., Давыдова О. А., Бузаева М. В., Семенов В. В., Подольская З. В., Ваганова Е. С., Шарифзянов Р. Б., Ваганов А. С.** Экологическая безопасность ферритизированных гальванических шламов. № 9
- Кобылянский И. Г.** Экологические аспекты эксплуатации судовых холодильных установок. № 8
- Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Кияшко И. Ю., Фашевская Т. Б.** Оценка влияния свалочного фильтра на водные объекты. Количественный аспект. № 10
- 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. № 7
- Красногорская Н. Н., Якупова Л. М., Нафикова Э. В., Феррапонтов Ю. И., Елизарьев А. Н., Фашевская Т. Б.** Интеграция генетических алгоритмов и искусственных нейронных сетей для прогнозирования качества речной воды. № 8
- Ксенофонтов Б. С., Капитонова С. Н., Козодаев А. С., Таранов Р. А., Морозов С. Д.** Возможности доочистки сточных вод с использованием комбинированных флотомашин с фильтрующими элементами. № 9
- Кулагина Т. А., Козин О. А.** Разработка экоэффективных способов утилизации отходов радиохимических производств. № 11



- Макарова И. С.** Развитие подходов к обеспечению радиационной безопасности. № 2
- Малочкина Е. И., Афанасьева А. А., Назаренко Д. И., Швецова-Шиловская Т. Н.** Моделирование распространения экотоксикантов в окружающей природной среде. № 9
- Попов В. Г., Боровков Ю. Н.** Эмиссия парниковых газов на железнодорожном транспорте России. № 11
- Рейдерман И. Б., Миклашевский Н. В.** Опыт эксплуатации ультрафильтрационной установки по доочистке невиской водопроводной воды. № 12
- Сапченко И. Г., Жилин С. Г., Комаров О. Н., Предин В. В., Зиновьев Н. Г.** Экологические аспекты применения термитных смесей в машиностроении. № 8
- Свергузова С. В., Свергузова Ж. А., Тарасова Г. И.** Эффективная очистка сточных вод как фактор экологической безопасности жизнедеятельности. № 8
- Степанова С. В., Низамов Р. Х., Шайхiev И. Г., Фриланд С. В.** Использование отходов растительного происхождения в качестве сорбентов нефти. № 4
- Степанчикова И. Г., Деревянко А. В., Зайцев В. А.** Актуальные вопросы обращения с отходами стекла в России. № 10
- Томаков В. И., Томаков М. В., Домекин А. В., Петина И. А., Добродородов А. А., Шумаков С. Н.** Мониторинг и защита подземных вод от загрязнения нефтепродуктами на территории Курской нефтебазы. № 4
- Филина Н. А., Алибеков С. Я.** Технология утилизации древесных и нефтесодержащих отходов с целью получения тепловой энергии. № 10
- Худошина М. Ю., Бутримова О. В.** Разработка принципов создания информационной системы для минимизации воздействия смазочно-охлаждающих технологических средств на окружающую среду. № 4
- Цветкова Ю. В.** Обзор основных математических моделей атмосферной диффузии загрязняющих веществ. № 6
- Цветкова Ю. В.** Существующие модели атмосферной дисперсии загрязняющих веществ и их анализ. № 10
- Шахрай С. Г., Коростовенко В. В., Ребрик И. И.** Совершенствование системы сбора газов, образующихся на электролизерах с самообжигающимся анодом и верхним токоподводом. № 2
- Янченко Н. И., Баранов А. Н., Королева Г. П., Макухин В. Л.** Атмосферные выпадения в районе влияния алюминиевых заводов Прибайкалья. № 6

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Водяник В. И.** Взрывы бытового газа не должны приводить к разрушению зданий. № 8
- Еналеев Р. Ш., Теляков Э. Ш., Тучкова О. А., Качалкин В. А., Осипова Л. Э.** Пределы огнестойкости элементов строительных конструкций при пожарах в нефтегазовом комплексе. № 11
- Кукушкин Ю. А., Солдатов С. К., Богомолов А. В., Шмакова Л. В.** Определение вероятности возникновения первичных травм при воздействии ударной волны. № 9
- Олишевский А. Т., Кирьянов А. В., Холодов А. С., Иванов С. А.** Причины возникновения пожаров в образовательных учреждениях. № 12

- Старовойтова Е. В., Галеев А. Д., Поникаров С. И.** Исследование интенсивности парообразования сжиженного газа. № 7
- Тимме Е. А., Шмакова Л. В.** Оценка функциональной надежности спасателей при проведении работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций в условиях высокогорья. № 8

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Агаев Т. Д.** Воздействие глобального изменения климата на жизнедеятельность городского населения Апшеронского полуострова. № 6
- Алешков Д. С., Бедрина Е. А.** Оценка шумового загрязнения окружающей среды на примере города Омска. № 4
- Андропова А. В., Трефилова А. В., Артамонова М. С., Иорданский М. А., Гинзбург А. С., Гранберг И. Г., Минашкин В. М., Обвинцев Ю. И.** Дисперсный состав и содержание химических элементов в аэрозолях приземного слоя атмосферы Москвы. № 9
- Борисова Т. А.** Теоретико-методические подходы к исследованию природно-антропогенного риска на Байкальской природной территории. № 2
- Зенина Т. Л.** Состояние пожарной безопасности в сельской местности Ивановской области. № 9
- Каплан А. Л., Секачев Ю. Н.** Некоторые проблемы государственного и общественного экологического контроля за отходами производства и потребления на территории Самарской области. № 4
- Шаврак Е. И., Гурьева Т. О.** Исследование тенденций изменения качества воды в Цимлянском водохранилище. № 11

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** История кафедры "Экологическая и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана с 2009 года. Павлихин Геннадий Петрович. № 7
- Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1976—2007 годы. Белов Сергей Викторович. № 2
- Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 2007—2008 годы. Смирнов Сергей Георгиевич. № 4
- Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** Кафедре Э-9 "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана — 80 лет. № 8
- Томаков В. И., Томаков М. В.** Экологическая компетентность — ключевое профессиональное качество выпускника инженерного вуза. № 10

### ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ БЖД

- Новые** документы по вопросам безопасности, принятые в 2009 г. и опубликованные в Российской газете (РГ). № 4



## СТАНДАРТИЗАЦИЯ

- О межгосударственном стандарте "Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования". № 7
- О межгосударственном стандарте ГОСТ 31191.2—2004 (ИСО 2631-2:2003) "Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Вибрации внутри зданий". № 2
- О национальном стандарте "Экологический менеджмент. Воздействующие факторы. Классификация". № 9
- О национальном стандарте РФ "Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического мониторинга". № 7

## ИНФОРМАЦИЯ

- Высокий интерес к защите окружающей среды — по материалам Всероссийской студенческой олимпиады. № 4
- Международный экологический конгресс ELPIT-2009: теория и практика. № 6
- О XIII Международной специализированной выставке "Безопасность и охрана труда — 2009". № 4
- Хантургаева Г. И., Ширеторова В. Г. Приоритеты устойчивого развития Байкальского региона (по материалам IV Международной научно-практической конференции). № 12

## ПРЕДСТАВЛЯЕМ ОРГАНИЗАЦИЮ

Научно-исследовательский институт охраны труда  
в г. Екатеринбурге. № 1

- Родин В. Е. Оберегая жизнь и здоровье трудящихся — о Научно-исследовательском институте охраны труда в г. Екатеринбурге

### Охрана труда

- Родин В. Е. О путях снижения профессиональных заболеваний и производственного травматизма
- Родин В. Е., Исаков В. А., Суворов С. Б. Математическая модель формирования и реализации опасности травмирования на рабочих местах
- Родин В. Е. Совершенствование нормативной базы на средства индивидуальной защиты головы и средства защиты от падений с высоты
- Родин В. Е., Казаков А. Ю. Разработка защитных касок с применением инновационных методов проектирования
- Родин В. Е., Замигулов Е. А. Сертификация организации работ по охране труда

### Производственная безопасность

- Бондарев И. П., Тиньков А. Н., Перепелкин С. В., Подлужный С. М., Зубова Л. В. Возрастно-стажевая динамика психофизиологических профессионально значимых качеств у операторов технологических процессов
- Бондарев И. П., Вылегжанин О. И., Зубова Л. В. Многофункциональная компьютерная система для пси-

хофизиологического подбора на массовые профессии типа "человек—техника"

- Бондарев И. П., Вылегжанин О. И., Зубова Л. В. Компьютерная система для психофизиологического тестирования профессионально значимых качеств водителей автотранспорта

### Снижение шума

- Воронцов Е. В., Смирнов В. Г., Воронцова Т. Е. Снижение шума при работе вентиляторов В-06-300-8
- Воронцов Е. В., Смирнов В. Г., Воронцова Т. Е. Снижение шума на промышленных предприятиях методом звукоизоляции

### Экологическая безопасность

- Рабинович В. Б. Исследование и разработка мокрых пылеуловителей СИОТ с шаровыми насадками
- Ляпкин А. А., Чуракова Н. С. Газохроматографическое определение микропримесей органических веществ в воздухе
- Ляпкин А. А., Чуракова Н. С., Домрачев К. Ю. Применение адсорбционно-каталитических методов для количественного определения оксида углерода и суммы органических веществ в воздухе

### ФГОУ ВПО "Калининградский государственный технический университет". № 3

- Иванов В. Е. Калининградский государственный технический университет — крупнейшее высшее техническое учебное заведение самого западного региона России
- Минько В. М. О кафедре "Безопасность жизнедеятельности" Калининградского государственного технического университета

### Охрана труда

- Титаренко И. Ж. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Калининградской области
- Постылова И. А. К определению оптимальной стратегии улучшения освещенности в помещениях

### Промышленная безопасность

- Белей В. Ф. Некоторые проблемы биоэлектромагнитной совместимости электротехнических комплексов и систем
- Благинин В. А., Кажекин И. Е. Варианты защиты судовых электросистем от однофазных замыканий
- Бондарь Е. А. О методах оценки профессионального риска и путях их совершенствования
- Минько В. М. Математическая модель задачи проектирования вентиляционной системы

### Чрезвычайные ситуации

- Благинин В. А., Кажекин И. Е. Профилактика аварийности отечественного рыбопромыслового флота
- Бирюков Ю. М., Пименов А. А., Ходжаев Р. Р. О механизме внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы подготовительных выработок



### Образование

**Погожева Н. В.** Тема "Электромагнитная безопасность" в дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (методические размышления)

Тульский государственный университет. № 5

**Соколов Э. М., Самарцева Е. И.** Тульский государственный университет. 80 лет служения Отечеству

### Охрана труда

**Качурин Н. М., Коновалов О. В., Качурин А. Н.** Аэрологическое обоснование и математические модели вентиляции тоннелей при их строительстве

**Карначев И. П.** Оценка социально-экономического ущерба для жизни и здоровья трудоспособного населения вследствие несчастных случаев на производстве

### Промышленная безопасность

**Качурин Н. М., Борщевич А. М., Бухтияров А. А.** Прогноз выделения метана с поверхности обнажения разрабатываемого угольного пласта и нагрузка на лаву при интенсивной выемке угля

**Качурин Н. М., Борщевич А. М., Качурина О. Н., Бухтияров А. А.** Безопасность геотехнологий добычи угля по газовому фактору

### Экологическая безопасность

**Соколов Э. М., Качурин Н. М., Белая Л. А., Агеева И. В.** Концептуальные положения повышения эффективности геоэкологического мониторинга промышленных регионов

**Брынько Ю. В., Бурдова М. Г., Симанкин А. Ф.** О возможности применения реагентного метода для повышения скорости уплотнения сброженных осадков канализационной очистной станции

**Захаров Е. И., Комиссаров М. С.** Оценка геохимической устойчивости городских почв

### Региональные проблемы безопасности

**Соколов Э. М., Качурин Н. М., Кузнецов А. А., Свиридова Т. С.** Оценка дозы облучения населения на территории Подмосковского угольного бассейна атмосферными выбросами аварии на Чернобыльской АЭС

**Рощупкин Э. В.** Система распределенного автоматизированного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленных регионов

**Стась Г. В., Агеев И. И., Демина О. В.** Алгоритмы и комплекс программных средств для прогноза газообмена в атмосфере шахт Подмосковского угольного бассейна

## Указатель приложений к журналу "Безопасность жизнедеятельности", опубликованных в 2010 году

**История** и современность кафедры "Безопасность жизнедеятельности Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. № 4

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 1. № 5

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 2. № 6

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 3. № 8

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 4. № 9

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 5. № 10

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 6. № 11

**Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология. Учебное пособие. Выпуск 7. № 12

**Ксенофонтов Б. С.** Биотехнологические методы очистки воды, почвы и воздуха. № 2

**Минько В. М.** Об оценке и оптимальном управлении снижением профессиональных рисков. № 3

**Тихонов М. Н.** Радиационная география в системе научных знаний. № 1

**Федеральные** государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность бакалавров и магистров. № 7

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

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

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

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

Телефон главного редактора (812) 550-0766, e-mail: [rusak-maneb@mail.ru](mailto:rusak-maneb@mail.ru)

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

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

Сдано в набор 12.10.10. Подписано в печать 17.11.10. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч-изд. л. 8,38. Заказ 944.

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.