



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

3(99)
2009

Редакционный совет:

АКИМОВ В. А.
БАЛЫХИН Г. А.
БЕЛОВ С. В.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.
(председатель)
ПАВЛИХИН Г. П.
ПОПОВ П. А.
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.

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Смирнов М. И., Терехов А. Л., Минаев Д. А. Акустический комфорт, пожарная безопасность и новые типы остекления 2

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Соколов В. М. Методология обоснования безопасного и надежного функционирования холодильных предприятий как объектов жизнеобеспечения 9
Старостин Н. П., Кондаков А. С., Корбанков С. В., Герасимов А. И., Ветошкин Н. И., Захаров А. Г. Исследование температурного режима в тоннельном переходе газопровода через реки в регионах холодного климата 12

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Баженов В. И. Градиент скорости — характеристика для оценки устройств перемешивания активного ила аэротенков 18
Ивашук О. А. Модельная оценка и оптимизация негативного воздействия поверхностного стока автодорог на природные водные объекты (на примере Орловского региона) 23
Филонова Е. Н. О гигиеническом нормировании тяжелых металлов в почвах 30
Худякова Л. И., Войлошников О. В. Решение проблемы утилизации отходов горнодобывающих предприятий 36

ОБРАЗОВАНИЕ

Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1946—1953 годы. Скороходов Николай Иосифович (1911—1953) 38
Белов П. Г. Как реформировать образование в сфере безопасности 44
Современный подход к проблемам безопасности: Рецензия на учебник Н. Г. Занько, К. Р. Малаяна, О. Н. Русака "Безопасность жизнедеятельности" / Под ред. О. Н. Русака. СПб.: Лань, 2008 49

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

О новом межгосударственном стандарте "Вибрационная безопасность. Общие требования" . 52

ИНФОРМАЦИЯ

О программе действий по улучшению условий и охраны труда на 2008—2010 годы, утвержденной приказом Минздравсоцразвития России от 23 октября 2008 г. № 586. 55

Приложение. Шавкин С. В., Черноплеков А. Н., Гостева А. В., Монахов Р. Е., Ляпин А. А. Расчет частоты аварийной разгерметизации для количественного анализа риска современных магистральных газопроводов

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".

М. И. Смирнов, канд. хим. наук,
ООО "Эй Джи Си Флэт Гласс Восток",
А. Л. Терехов, д-р техн. наук, **Д. А. Минаев**,
ООО "ВНИИГАЗ"

Акустический комфорт, пожарная безопасность и новые типы остекления

Рассмотрены актуальные вопросы снижения шумового воздействия на работников газотранспортных предприятий. Приведены основные критерия выбора соответствующего вида остекления для административно-бытовых помещений на территории производственных объектов. Проведен анализ влияния конструкции остекления на его шумозащитные характеристики. В качестве примера приведен расчет уровня шума в звукоизоляционной кабине, установленной в зале газоперекачивающих агрегатов (ГПА) компрессорной станции. Сформулированы основные принципы проектирования остекления промышленных объектов с учетом требований к шумозащите и пожаробезопасности.

Ключевые слова: промышленная безопасность, шумозащита, пожаробезопасность, остекление.

Smirnov M. I., Terekhov A. L., Minaev D. A.
Acoustical comfort, fire safety and new types of glazing.

The article examines a topic of reduction of noise nuisance upon personnel of gastransport enterprises. It gave main criteria of choosing appropriate glazing. It also carried out analysis for influence of design of glazing on its noise insulation performance. It gave an example of calculation of noise level inside sound booth set up in hall of gascompressor units. It settled basic principles of designing of glazing of industrial buildings subject to requirements for noise reduction and fire safety.

Keywords: industrial safety, noise reduction, fire safety, glazing.

Остекление производственных помещений, как известно, предназначено для решения комплексной задачи — естественного освещения помещений с одновременной защитой от холода и непогоды. Технический прогресс усложнил и расширил задачи остекления. Оно приобретает все более и более широкий спектр свойств: защищать помещение от излишней инсоляции, шума, несанкционированного проникновения и т. д. При проектировании остекления промышленных объектов необходимо учитывать различные производственные риски и

выбрать конструкцию остекления, комплексно обеспечивающую выполнение требований промышленной безопасности.

Объекты нефтегазовой промышленности, такие как компрессорные станции магистральных трубопроводов, являются пожаро- и взрывоопасными. Актуальной проблемой на компрессорных станциях является снижение шума. Результаты санитарно-технической паспортизации и аттестации рабочих мест по условиям труда, проведенных в ООО "ВНИИГАЗ" [1], показывают, что наиболее опасным и вредным производственным фактором, воздействующим на персонал газотранспортных организаций, является шум (63 % от общего количества опасных и вредных производственных факторов).

В условиях повышенного шума работает 81 % работников предприятий. Кроме того, газотранспортные предприятия, расположенные в густонаселенных районах (в основном в европейской части России), являются источником шумового загрязнения территории [2].

Таким образом, остекление объектов нефтегазовой промышленности должно быть огнезащитным, механически прочным (взрывостойким) для защиты персонала в случае дефлаграционного или физического взрыва, а также обладать высокими шумозащитными свойствами.

Основные сведения о физической природе шума

Шумом принято называть любой не желательный для человека звук — механические колебания в диапазоне слышимости человека, распространяющиеся в среде в виде волн.

Звуковые волны, распространяясь в пространстве, образуют звуковое поле, т. е. сгущения и разрежения, которые создают добавочные изменения давления по отношению к среднему значению давления в среде. *Мгновенное звуковое давление* представляет собой разность полного давления в некоторой точке среды в определенный момент времени и *статического давления* в этой же точке. В расчетах и измерениях в основном используется эффективное звуковое давление ($P_{эф}$), представляющее собой *среднеквадратичное значение мгновенного звукового давления*.

Интенсивностью, или **силой звука** (I), называется количество энергии, переносимой звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной к направлению распространения звуковой волны. Сила звука ($\text{Вт}/\text{м}^2$) пропорциональна квадрату эффективного звукового давления:

$$I = \frac{p_{\text{эф}}^2}{\rho c}, \quad (1)$$

где $p_{\text{эф}}$ — эффективное звуковое давление, Па; ρ — плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; c — скорость звука, м/с.

Человек слышит звуки в диапазоне частот $f = 20 \dots 20\,000$ Гц. Наибольшее, воспринимаемое человеком безболезненно, звуковое давление — 1×10^{-2} Па, наименьшее воспринимаемое звуковое давление (*порог слышимости*) — 2×10^{-5} Па. Сила звука, соответствующая порогу слышимости: $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Экспериментально установлено, что увеличение силы звука в геометрической прогрессии воспринимается слухом человека в арифметической прогрессии (закон Вебера-Фехнера), поэтому для оценки воздействия звука используется логарифмическая шкала [3]. В логарифмической шкале измеряемая величина соотносится с выбранным базовым значением. Для количественной оценки силы звука используется величина *уровня звука*, или *уровня звукового давления*

$$L = k \lg \frac{I}{I_0} = \lg \frac{p_{\text{эф}}^2}{p_{0\text{эф}}^2}, \quad (2)$$

где k — коэффициент пропорциональности, значение которого зависит от выбранной единицы измерения; I_0 и $p_{0\text{эф}}$ — сила звука и эффективное звуковое давление, соответствующие базовому значению, в качестве которого выбран *порог слышимости*.

Если выбран $k = 1$, то уровень звука L измеряется в белах. На практике в качестве единицы измерения логарифмических величин используется одна десятая бела — *децибел* (дБ), поскольку минимальный прирост громкости, воспринимаемый человеческим слухом, равен примерно 1 дБ [3]. В этом случае $k = 10$ и формула (2) приобретает вид:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \text{ или } L = 10 \lg \frac{p_{\text{эф}}^2}{p_{0\text{эф}}^2} = 20 \lg \frac{p_{\text{эф}}}{p_{0\text{эф}}}.$$

Из преобразованной формулы (2) видно, что увеличение силы звука в 10 раз соответствует увеличению *уровня звука* на 10 дБ.

Количественная оценка субъективного восприятия шума (физиологические особенности восприятия звуков)

Акустические вибрации воздуха преобразуются слуховым органом человека в субъективные звуковые ощущения. Существует связь между субъективными характеристиками (восприятием) звука и соответствующими им физическими параметрами.

Громкость звука — это субъективное слуховое ощущение, которое позволяет определить для звука место на шкале от "тихих" до "громких". Человеку кажется громче звук с большим звуковым давлением. Кроме того, человеческий слух имеет различную чувствительность к звуку различных частот. Зависимость субъективно воспринимаемой громкости звука от его частоты (впервые исследованная Флетчером и Мансоном) представлена на рис. 1 в виде графика *кривых равной громкости*.

Громкость звука оценивают, сравнивая ее на слух с громкостью *эталонного звука* (чистого тона частотой 1000 Гц). Уровень эталонного звука (дБ), столь же громкого на слух, как и измеряемый звук, называется *уровнем громкости* измеряемого звука.

Единица измерения уровня громкости называется *фоном*. Один фон — это уровень громкости звука, для которого уровень равногромкого с ним эталонного звука равен 1 дБ. Таким образом, для чистого тона частотой 1000 Гц шкала *уровня громкости* в фонах совпадает со шкалой *уровня звука* в дБ. На практике уровень громкости звуков измеряют шумомерами для всех полос частот, входящих в диапазон слышимости, и вычисляют средневзвешенный уровень громкости с учетом поправочных коэффициентов чувствительности слуха для каждой частотной полосы. Полученное значение уровня громкости выражается в единицах, получивших название дБА, поскольку таблица поправочных ко-

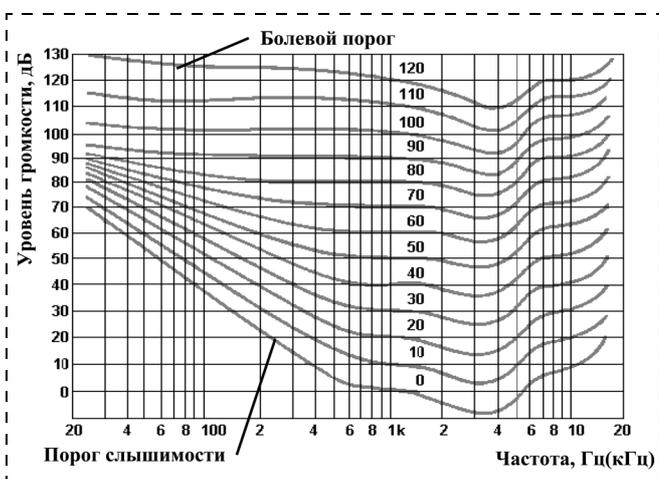


Рис. 1. Кривые равной громкости

Таблица 1

Уровни громкости для различных шумов

Пример шума	Уровень громкости, фон	Эффект при продолжительном действии
Болевой порог	140	—
Двигатель самолета	130	—
Клаксон	120	—
Газонокосилка	110	—
Поезд метро, производственный цех	100	Серьезная угроза для слуха (при 8 ч воздействия)
Большой оркестр	90	Угроза для слуха (при 8 ч воздействия), плохая слышимость
Загруженное скоростное шоссе	80	Возможная угроза для слуха
Оживленная улица	70	Раздражающее действие
Громкий разговор	60	—
Спокойный пригород (в дневное время), громкий разговор	50	—
Нормальный разговор, тихий музыкальный фон	40	—
Тишина в горах, спокойная сельская местность в ночное время	30	—
Шепот, шелест листьев	20	—
Безмолвие в пустыне, дыхание	10	—
Порог слышимости (абсолютная тишина)	0	—

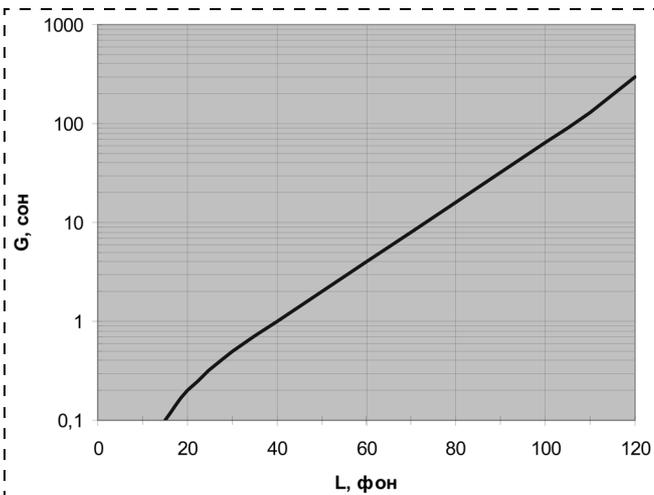


Рис. 2. Шкала субъективного восприятия громкости

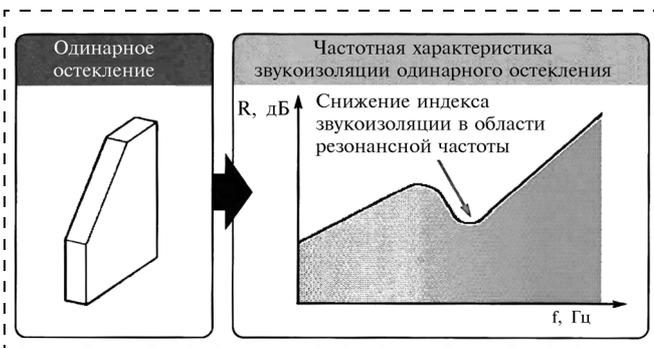


Рис. 3. Зависимость звукоизоляции одинарного остекления от частоты звука

эффицентивов для разных частотных полос носит название шкалы "А". Это значение численно совпадает со значением, выраженным в фонах.

Различные примеры шумов и соответствующие им уровни громкости приведены в табл. 1.

Экспериментально было установлено, что увеличение уровня громкости звука на 10 фон (что соответствует увеличению уровня звука на 10 дБ) субъективно воспринимается как увеличение громкости примерно в 2 раза. Для измерения уровня субъективно воспринимаемой громкости G была разработана специальная условная линейная шкала. В этой шкале единицей измерения служит сон. Один сон соответствует уровню громкости 40 фон. При увеличении уровня громкости на 10 фон число сон удваивается [4]. Звук громкостью 2 сона субъективно воспринимается вдвое громче звука в 1 сон, звук в 3 сона — в полтора раза громче звука в 2 сона, звук в 6 сона — вдвое громче звука в 3 сона и т. д.

Графически зависимость субъективной громкости (в сонах) от уровня громкости (в фонах) представлена на рис. 2.

В интервале $40 < L$ (фон) < 120 значение уровня громкости в фонах связано с величиной субъективной громкости в сонах соотношением:

$$G(\text{сон}) = 2^{\left(\frac{L(\text{фон}) - 40}{10}\right)} \quad (3)$$

Источники шумов и показатели звукоизоляции

На компрессорных станциях основным источником шума являются газоперекачивающие агрегаты. Воздушный шум хорошо поглощается массивными преградами. В практике современного промышленного строительства конструкции наружных стен достаточно массивны и обладают, как правило, высокой звукоизоляцией, поэтому проблема шумозащиты в домах сводится к необходимости повышения звукоизоляции остекления.

Шумозащитные свойства ограждающих конструкций оцениваются по индексу звукоизоляции, который равен разности уровней звука до и после прохождения им конструкции: $R = L_1 - L_2$. Следует отметить, что индекс звукоизоляции любой конструкции зависит от частоты звука. На рис. 3 в качестве примера представлена зависимость индекса звукоизоляции R одинарного остекления от частоты звука f . Как видно из графика, высокочастотные звуки лучше поглощаются ограждающими конструкциями. При этом в области частот, близких резонансной частоте колебаний конструкции, наблюдается резкий спад индекса звукоизоляции.

Резонансная частота зависит в основном от толщины стекла. Например, для стекла толщиной 10 мм такая частота равна примерно 1600 Гц.

Шум от различных источников имеет различный спектральный состав, поэтому общий индекс звукоизоляции у одной и той же конструкции будет различаться для различных видов шума. Наиболее часто используются следующие индексы звукоизоляции:

- > R_w — индекс звукоизоляции воздушного шума, измеряемый по отношению к эталонному спектру белого шума;
- > $R_w + C_{tr}$ — индекс звукоизоляции транспортного шума, измеряемый по отношению к типичному спектру шума автотранспорта. В российской технической литературе используется аналогичный индекс, обозначаемый $R_{Атран}$.

Транспортный шум имеет более низкочастотный состав по сравнению с белым шумом. Шум газоперекачивающих агрегатов также является низкочастотным и сходен по спектру с транспортным. Поскольку низкочастотные составляющие шума хуже поглощаются конструкциями, значение индекса $R_w + C_{tr}$ ниже, чем R_w . Методы определения индексов звукоизоляции установлены в международных и российских нормативных документах, в частности: ISO 717-1 [7], СП 23-103—2003 [5] и СНиП 23-03—2003 [6].

Влияние конструкции остекления на его шумозащитные характеристики

Прежде всего следует отметить, что индекс звукоизоляции открытого окна практически равен нулю. Если окно открыто, уровень шума в помещении резко возрастает. Если даже окно чуть приоткрыто или в оконной конструкции имеются неплотности, звукоизоляционные показатели резко падают. Индекс звукоизоляции окна, открытого всего на 10 %, не превышает 10 дБА [5]. Для обеспечения естественной вентиляции помещений в условиях повышенного шума используются специальные конструкции оконных рам, снабженные вентиляционными клапанами с глушителями шума.

Светопрозрачная часть занимает 70...90 % площади окна. Соответственно, при закрытом окне, плотном притворе и герметичности стыков рамы окна с проемом звукоизоляция окна зависит в основном от конструкции остекления: количества, толщин и типов стекол, зазоров между стеклами, газонаполнения. В табл. 2—6 приведены данные по влиянию на индекс звукоизоляции транспортного шума следующих факторов: толщины стекол, размера воздушного зазора стеклопакета, несимметричности стеклопакета, использования многослойного стекла (триплекса), а также использования многослойного стекла со специальной шумозащитной пленкой ПВБ. Такая пленка имеет повышенное звукопоглощение в области низких частот, поэтому

хорошо подходит для защиты именно от транспортного шума. В настоящее время на российском рынке представлена всего одна марка такого стекла — Stratophone производства Asahi Glass Company с пленкой компании Sekisui.

Анализ данных табл. 2—6 свидетельствует о следующем:

- увеличение толщины стекла приводит к повышению уровня звукоизоляции (см. табл. 2);
- многослойное стекло обеспечивает большую звукоизоляцию, еще большая звукоизоляция обес-

Таблица 2

Влияние стекла на звукоизоляцию

Толщина стекла, мм	$R_w + C_{tr}$, дБ
4	26
6	28

Таблица 3

Сравнение показателей звукоизоляции обычного стекла, многослойного стекла и многослойного шумозащитного стекла

Стекло	Толщина стекла, мм	$R_w + C_{tr}$, дБ
Листовое	6	28
Stratobel* 33.2	6,76	29
Stratophone 33.2	6,76	33

* Торговая марка многослойных стекол (триплекс) производства Asahi Glass Company.

Таблица 4

Сравнение показателей звукоизоляции одинарного остекления, обычного симметричного стеклопакета и несимметричного стеклопакета

Остекление	Формула стеклопакета	$R_w + C_{tr}$, дБ
Одинарное стекло	4 мм	26
Симметричный стеклопакет	4 мм/12/4 мм	26
Несимметричный стеклопакет	4 мм/12/6 мм	30

Таблица 5

Сравнение показателей звукоизоляции стеклопакетов с различным воздушным зазором

Формула стеклопакета	$R_w + C_{tr}$, дБ
6 мм/12/6 мм	28
6 мм/20/6 мм	30

Таблица 6

Сравнение показателей звукоизоляции стеклопакетов из обычного многослойного стекла и многослойного шумозащитного стекла

Формула стеклопакета	$R_w + C_{tr}$, дБ
Stratobel 88.2 (16,76 мм)/15/ Stratobel 66.2 (12,76)	41
Stratophone 88.2 (16,76 мм)/15/ Stratophone 66.2 (12,76 мм)	47



печивается специальным шумозащитным многослойным стеклом (см. табл. 3);

- симметричный стеклопакет обеспечивает всего лишь такой же индекс звукоизоляции, как и одно из стекол, входящих в него, в то время как несимметричный стеклопакет существенно ее улучшает (см. табл. 4);
- увеличение воздушного зазора (ширины дистанционной рамки стеклопакета) улучшает звукозащиту (см. табл. 5);
- стеклопакеты с шумозащитными стеклами обеспечивают звукоизоляцию намного лучшую, чем даже стеклопакеты из многослойных стекол (см. табл. 6).

Хотя реклама и убедила среднего потребителя в том, что любой стеклопакет является волшебным средством защиты от внешнего шума, "стандартный" однокамерный стеклопакет со стеклами одинаковой толщины в плане шумоизоляции ничем не лучше даже одинарного остекления. Объясняется это тем, что повышение массы и количества слоев звуковой преграды в стеклопакете по сравнению с обычным стеклом компенсируется появлением дополнительной резонансной частоты, соответствующей собственным колебаниям стеклопакета, и совпадением резонансных частот колебаний обоих стекол (рис. 4).

Следует отметить, что на практике замена старого окна на новое с современным профилем и стеклопакетом, как правило, все-таки приводит к улучшению шумозащитных характеристик, поскольку при правильном монтаже устраняются различные неплотности, хорошо пропускающие шум.

Применение несимметричного стеклопакета (со стеклами различной толщины) обеспечивает значительное улучшение шумоизоляции. Увеличение воздушного зазора в стеклопакете также дает определенный эффект увеличения шумоизоляции.

Наилучшими же показателями шумоизоляции обладают несимметричные стеклопакеты с двумя многослойными стеклами.

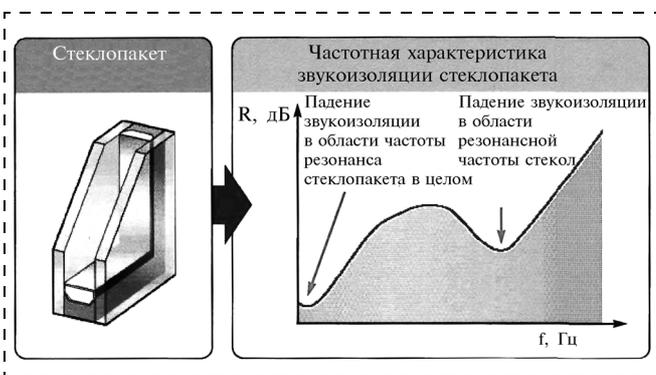


Рис. 4. Зависимость звукоизоляции симметричного стеклопакета от частоты звука

Зависимость уровня шума от индекса шумоизоляции остекления

Уровень шума, создаваемого в помещении внешними источниками, зависит от следующих факторов: уровня шума у фасада здания, индекса звукоизоляции остекления и его площади, а также от площади помещения, его формы и поглощения звуковых волн материалами пола, стен и потолка помещения.

Уровень шума, проникающего в помещение извне (внешнего шума), можно определить по следующей формуле [8]:

$$L = L_0 - \left(R_w + C_{tr} - 10 \lg \frac{S_0}{A} \right), \quad (4)$$

где L_0 — уровень шума у фасада здания; S_0 — площадь окна; A — эквивалентная площадь звукопоглощения помещения.

Для административных помещений можно приближенно принять [8]: $\frac{S_0}{A} = 0,3$.

В качестве примера рассчитаем уровень шума в звукоизоляционной кабине, установленной в зале ГПА компрессорной станции. Первый вариант: примем, что в остеклении кабины установлен "стандартный" стеклопакет 4 мм/12/4 мм с индексом звукоизоляции $R_w + C_{tr} = 26$ дБ. Второй вариант: расчет будет выполнен для остекления одинарным многослойным огнестойким стеклом Pyrobel 53 ($R_w + C_{tr} = 41$ дБ).

Уровень шума в зале ГПА примем: $L_0 = 70$ фон.

При этом уровень шума внутри кабины составит: для обычного симметричного стеклопакета ($R_w + C_{tr} = 26$ дБ) $L = 70 - (26 - 10 \lg 0,3) = 40$ фон

$$\text{или } G = 2^{\left(\frac{40-40}{10}\right)} = 1 \text{ сон;}$$

для остекления огнестойким стеклом Pyrobel 53 ($R_w + C_{tr} = 41$ дБ) $L = 70 - (41 - 10 \lg 0,3) = 24$ фон

$$\text{или } G = 2^{\left(\frac{24-40}{10}\right)} = 0,3 \text{ сон.}$$

Как видно, во втором случае субъективный уровень шума в кабине в три раза ниже.

Классификация огнезащитного остекления

Нормативными документами установлена следующая классификация огнезащитного остекления: литерами **Е**, **EW**, **ЕI** обозначают класс огнестойкости остекления, далее цифрами обозначается предел его огнестойкости в минутах.

Огнезащитное остекление класса **Е** способно в условиях пожара сохранять свою целостность, т. е.



действовать в качестве физического барьера, препятствующего проникновению пламени и продуктов горения на защищаемую сторону. Однако огнезащитное остекление этого класса пропускает тепловое излучение (жар), поэтому пожар может распространяться за счет передачи тепловой энергии.

Огнезащитное остекление класса **EW**, кроме сохранения целостности, способно ограничивать пропускаемое тепловое излучение (не более 10 кВт/м^2) и препятствовать возгоранию воспламеняемых материалов на защищаемой стороне.

Огнезащитное остекление класса **EI** (изолирующее огнезащитное остекление) ограничивает пропускаемое тепловое излучение до безопасного для человека уровня (не более $2,5 \text{ кВт/м}^2$). Только этот тип остекления пригоден для противопожарных преград, обеспечивающих защиту путей эвакуации или противопожарных убежищ.

Основные виды огнезащитного остекления

Обычное листовое стекло под действием пламени быстро разрушается либо под действием возникающих деформаций, либо по достижении температуры размягчения (около $600 \text{ }^\circ\text{C}$). В современном строительстве используются следующие основные виды огнезащитного остекления:

- армированное стекло;
- боросиликатное стекло;
- закаленное стекло;
- стеклопакеты с гелевым наполнителем, превращающимся при высокой температуре в твердый пористый огнестойкий материал;
- специальные многослойные огнестойкие стекла с твердым силикатным промежуточным слоем, также образующим под действием пламени пористую огнестойкую преграду.

Рассмотрим основные достоинства и недостатки всех перечисленных видов остекления.

Армированные стекла обладают самой низкой стоимостью, однако для использования в огнезащитном остеклении пригодны только стекла с армированием из закаленной стальной сетки (на российский рынок поставляются компаниями Pilkington и AGC). При этом такое стекло обеспечивает класс защиты не выше E30, т. е. полностью пропускает тепловое излучение и сохраняет свою целостность в условиях стандартных испытаний на огнестойкость около 30 мин.

Жаростойкое *боросиликатное стекло* также пропускает тепловое излучение. Его время огнестойкости выше, чем у армированного стекла, однако оно также пригодно только для остекления класса E. При этом его стоимость весьма высока. На российском рынке оно практически не представлено.

Закаленное стекло обладает повышенной прочностью и огнестойкостью по сравнению с необработанным листовым стеклом. Однако такое остекление также полностью пропускает тепловое излучение, обеспечивая класс защиты не выше E30. Кроме того, в условиях реального пожара распространение пламени зачастую происходит намного быстрее, чем при стандартных испытаниях на огнестойкость. Обычное же закаленное стекло под действием термоудара может мгновенно самопроизвольно разрушиться. По этой причине в огнезащитном остеклении настоятельно рекомендуется использовать только закаленные стекла, подвергнутые специальной обработке термовыдержкой. На российском рынке такое закаленное стекло представлено в очень ограниченных количествах.

Стеклопакеты с гелевым наполнителем могут обеспечивать классы защиты **EW** и **EI**, однако такой вид остекления имеет ряд существенных недостатков:

- при возможных малозаметных повреждениях в процессе эксплуатации (разгерметизация стеклопакета) полужидкий гель может вытечь;
- при использовании гелевого наполнителя в наружном остеклении возможно промерзание геля и разрушение стеклопакетов;
- в условиях реального пожара стекла пакета под действием термоудара (при быстром распространении пламени) или "холодного шока" от спринклеров могут разрушиться, а гель вытечь, не успев затвердеть и образовать огнестойкий слой;
- стеклопакет может потерять свои огнезащитные свойства в случае синерезиса геля (самопроизвольного уменьшения объема коллоидной системы, сопровождающегося отделением жидкости).

Синерезис геля может происходить в процессе эксплуатации огнестойких стеклопакетов. Охлаждение коллоидных растворов высокомолекулярных соединений при климатических колебаниях температуры окружающей среды приводит к образованию метастабильных структур. Если эти структуры удерживаются в неравновесном состоянии благодаря хорошей адгезии к стеклу, синерезис не происходит. Однако при нарушении адгезии (из-за шума, динамических эксплуатационных нагрузок, ударов, вибрации и т. д.) начинается разрушение коллоидной системы: уменьшение объема геля с отделением жидкости. В результате внутри геля появляются мелкие капельки жидкости (вакуоли), которые могут разрастаться вплоть до слияния в сквозные каналы. Огнестойкость стеклопакета при этом резко падает.

Стекла с твердым силикатным промежуточным слоем являются наиболее совершенным и надежным материалом для огнестойкого остекления. Такое



Таблица 7

Характеристики огнестойких стекол компании AGC

Название	Толщина, мм	Огнестойкость*	Ударостой- кость**	Удельная мас- са, кг/м ²	Индекс изоляции воздушного шума, дБ	
					R _w	R _w + C _{tr}
Pyrobelite 7	7,9	EW30	3B3	17	34	31
Pyrobelite 7 EG	11,3	EW30	1B1	25	35	33
Pyrobelite 12	12,3	EI20/EW60	2B2	27	36	33
Pyrobelite 12 EG	16,1	EI20/EW60	1B1	35	38	35
Pyrobel 8	9,3	EI15/EW30	—	20	34	31
Pyrobel 8 EG	13,1	EI15/EW30	1B1	28	36	33
Pyrobel 16	17,3	EI30/EW60	2B2	40	39	36
Pyrobel 16 EG	21,1	EI30/EW60	1B1	48	39	36
Pyrobel 17	17,4	EI45	2B2	40	37	34
Pyrobel 17 EG	21,2	EI45	1B1	48	38	35
Pyrobel 25	26,6	EI60	1B1	60	40	37
Pyrobel 25 EG	30,4	EI60	1B1	68	43	39
Pyrobel 35	34,7	EI90	1B1	81	41	37
Pyrobel 35 EG	38,5	EI90	1B1	89	42	38
Pyrobel 53	52,5	EI120	1B1	122	45	41
Pyrobel 53 EG	56,2	EI120	1B1	130	46	41

* Класс огнестойкости определен по испытаниям в соответствии с EN 13501-2 [9]
** В качестве данных по ударостойкости приведены классы стойкости к удару мягким телом по испытаниям в соответствии с EN 12600 [10]

стекло обладает классом огнестойкости до **EI120**, т. е. обеспечивает полную защиту в течение 2 ч. На российском рынке оно представлено двумя основными производителями: компанией AGC (марки Pyrobel и Pyrobelite), а также компанией Pilkington (марка Pyrostop). Огнестойкие стекла обладают значительной толщиной, поэтому, помимо своего основного назначения (защиты от огня по классам **EW** и **EI**), обладают большой прочностью и высокими звукоизоляционными характеристиками. В табл. 7 приведены основные характеристики огнестойких стекол, предлагаемых на российском рынке компанией AGC.

Основные принципы проектирования шумозащитного остекления

Кратко подведем основные принципы проектирования остекления промышленных объектов с учетом требований к шумозащите и пожаробезопасности.

1. Любая неплотность или щель существенно снижает шумозащитные характеристики остекления. Качество монтажа окна является весьма существенным фактором.

2. В наиболее шумных местах для обеспечения воздухообмена в помещениях желательно применять окна с шумозащитными клапанами.

3. Несимметричные стеклопакеты поглощают шум значительно лучше, чем симметричные.

4. Чем выше зазор камеры стеклопакета, тем лучше его шумоизоляция.

5. Толстые стекла поглощают шум лучше, чем тонкие; многослойное стекло лучше, чем простое.

В частности, огнестойкие стекла с твердыми силикатными промежуточными слоями обладают большей толщиной (от 8 до 56 мм) и удельной массой (от 17 до 130 кг/м²) и поэтому они обеспечивают очень высокий уровень изоляции шума.

6. На производственных объектах с высокими требованиями к пожаробезопасности, прочности (взрывостойкости) и шумозащите рационально использовать остекление с использованием специальных многослойных огнестойких стекол, которые позволяют комплексно обеспечить выполнение этих требований.

Список литературы

1. **Снижение** шума газоперекачивающих агрегатов и повышение безопасности труда на объектах ОАО "Газпром" // Сборник научных трудов. — М.: ВНИИГАЗ, 2004.
2. **Терехов А. Л.** Шум газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях магистральных газопроводов и способы его снижения. — М.: ООО "ВНИИГАЗ", 2003.
3. **Радзишевский А. Ю.** Основы аналогового и цифрового звука. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.
4. **Иофе В. К., Янпольский А. А.** Расчетные графики и таблицы по электроакустике. — Л., 1954.
5. **СП 23-103—2003.** Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.
6. **СНиП 23-03—2003.** Защита от шума.
7. **ISO 717-1.** Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.
8. **Осипов Л. Г., Бобылев В. Н., Борисов Л. А.** и др. Звукоизоляция и звукопоглощение. — М.: Издательство АСТ; Издательство Астрель, 2004.
9. **EN 13501-2.** Fire classification of construction products and building elements — Part 2 — Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services.
10. **EN 12600.** Glass in building — Pendulum test — Impact test method and classification for flat Glass.

УДК 658.382.3

В. М. Соколов, канд. техн. наук,
Астраханский государственный технический университет

Методология обоснования безопасного и надежного функционирования холодильных предприятий как объектов жизнеобеспечения

Применение разработанной методологии на основе системного использования научных методов и информационного ресурса позволяет обеспечить безопасное и надежное функционирование холодильных предприятий как объектов жизнеобеспечения.

Ключевые слова: методология, обоснование, безопасность, надежность, холодильное предприятие, объект, жизнеобеспечение, анализ технологий, анализ надежности, анализ экологический и экономический, анализ безопасности, концепция безопасности.

Sokolov V. M. Methodology of the substantiation of safe and reliable functioning of the refrigerating enterprises, as objects of life-support.

Application of workable methodological on basis of set — transitive scientific officer and informational accuracy reveal play for safety and reliable unit operation refrigerated enterprise, as object life sustenance.

Keywords: methodology, substantiation, safe, reliable, refrigerating enterprises, objects, lifesupport, analysis of processing, analysis of reliable, ecological and economical analysis, analysis of safe, concept of safe.

Методология предполагает системное применение методов и информационного ресурса для решения крупных научных и хозяйственных проблем. Одной из таких проблем является безопасное и надежное функционирование холодильных предприятий как объектов жизнеобеспечения.

Такие предприятия в настоящее время представлены в России мясокомбинатами и мясоперерабатывающими заводами, рыбокомбинатами и рыбозаводами, молокозаводами и фабриками мороженого, овоще- и фруктохранилищами, а также холодильниками различного назначения (распределительными, производственными, портовыми, торговыми, заготовительными, для хранения государственного резерва и страховых запасов). Здесь агропромышленная продукция (АПП) в виде сырья, полуфабрикатов и готовых изделий подвергается обработке холодом. В результате АПП сохраняет свои перво-

начальные санитарно-гигиенические показатели, обеспечивается ее длительное хранение и равномерное распределение независимо от сезона и географии производства. Это не только гарантирует защиту человека от голода, но и способствует повышению качества и продолжительности его жизни. Такой основополагающий вывод поддерживают Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Пищевая и сельскохозяйственная комиссия ООН (ФАО) [1].

В процессе обработки холодом в АПП приостанавливаются обмен веществ и жизнедеятельность болезнетворных микроорганизмов, что обеспечивает ее длительное хранение. Одновременно с поверхности продукта испаряется влага, при этом скорость миграции влаги из внутренних слоев очень мала из-за превращения жидкой фазы в твердую. Поэтому имеют место потери продукта через усушку, а также наблюдается ухудшение качества поверхностного слоя.

Таким образом, первым этапом следует считать реализацию метода технологического анализа на применимость холодильной технологии с учетом возникающих потерь и опасностей. На этом этапе отрабатывается технологическая последовательность холодильных процессов, принимаются планировочные решения, определяются температурные и влажностные режимы и устанавливаются мероприятия ветеринарно-санитарного контроля и ресурсного сбережения. При этом ресурсное сбережение рассматривается с применением передового опыта холодильных предприятий в двух направлениях:

1) современная технология текущего хранения продукции [2];

2) технология длительного хранения (резервы и запасы) [3].

Положительный эффект от применения холодильной технологии имеет место только при непрерывности холодильного процесса. Перерывы продолжительностью более технологически обоснованного времени приведут к порче АПП. Повторная обработка холодом не восстанавливает утраченные санитарно-гигиенические показатели, а только мас-



кирует порчу и тем самым усугубляет последствия применения испорченной продукции человеком.

Перерывы в холодильных процессах вызываются функциональными и аварийными отказами основного и вспомогательного холодильного оборудования, а также внешними экстремальными воздействиями природных и техногенных факторов.

Вторым этапом является реализация метода повышенной устойчивости функционирования (ПУФ) холодильного предприятия. При этом под ПУФ понимается функционирование холодильного предприятия в условиях, отличных от нормальных (расчетных), а при наступлении ЧС перевод его в режим самосохранения [3].

ПУФ холодильного предприятия обеспечивается:

- надежностью основного и вспомогательного оборудования, реализацией принципов дублирования, резервирования и структурной гибкости в холодильной установке [3];

- применением системы функциональной диагностики для прогноза отказов [5];

- созданием необходимой ремонтной базы и обоснованного запаса хладагента [3];

- стойкостью против внешних экстремальных воздействий природных и техногенных факторов; для этого осуществляются специальные мероприятия по переводу холодильного предприятия в режим самосохранения [3];

- наличием обученного и аттестованного персонала; для этого необходимо подготовить персонал к действию в условиях аварии и ЧС [3].

Для выполнения функций объекта жизнеобеспечения холодильное предприятие оснащается холодильной установкой, в составе которой холодильные машины, сосуды и аппараты, работающие под давлением хладагента, электроустановкой с электрооборудованием, системой механизации грузовых работ. Такое оснащение обязывает отнести холодильное предприятие к опасным производственным объектам [3]. Поэтому возникает необходимость в снижении уровня опасности холодильного предприятия исходя, в первую очередь, из общечеловеческих принципов, глобальных экологически опасных факторов. Для холодильных предприятий такими факторами являются: озоноразрушение (ОДР); радиационная активность (GWP); глобальное потепление ($TEWI_s$).

Отказ от хладагентов, обладающих озоноразрушением и радиационной активностью, выдвигает на первое место натуральные хладагенты. Для исследования их экологических и теплофизических показателей был разработан метод эколого-термо-

экономического анализа [4]. Применение этого метода является третьим этапом.

Для анализа была отобрана группа хладагентов, под которые в настоящее время выпускается холодильное оборудование. В результате анализа определялись полный коэффициент глобального потепления $TEWI_s$ и коэффициент эколого-термо-экономического совершенства φ . Эти коэффициенты рассчитываются по выражениям:

$$TEWI_s = GWP \cdot L + E_{R22} \frac{E_{exxa}}{E_{exR22}} N\beta + \frac{S_{\Pi}}{T} \beta + \sum_1^n M_i \vartheta_i \beta; \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{TEWI_{\Pi}}{TEWI_s}, \quad (2)$$

где GWP — коэффициент радиационной активности хладагента, кВт/кг; L — общая эмиссия хладагента за время работы холодильного оборудования, кг; E_{R22} — мощность, потребляемая холодильной машиной на хладагенте фреон-22 R22, кВт; E_{exR22} — эксэргия, подведенная к компрессору на хладагенте фреон-22 R22, кВт; E_{exxa} — эксэргия, подведенная к компрессору на данном хладагенте, кВт; N — время работы холодильной машины, ч; β — эмиссия углекислого газа в атмосферу при выработке 1 кВт · ч электроэнергии, кг CO_2 /кВт · ч; S_{Π} — себестоимость производства холодильного оборудования; T — тариф за электроэнергию; M_i — масса отдельных элементов холодильной машины, кг; ϑ_i — энергетические эквиваленты конструкционных материалов, кВт · ч/кг; $TEWI_{\Pi}$ — коэффициент глобального потепления от работы холодильной машины на охлаждение продуктов.

Данные анализа сведены в приведенную ниже таблицу [4]. Из таблицы следует, что наивысший коэффициент φ принадлежит аммиаку R717. Аммиак — перспективный экологически безопасный хладагент — имеет нулевые показатели GWP и ОДР. Аммиак привлекает низкой стоимостью, высокой эффективностью холодильного цикла, большим коэф-

Хладагент	$TEWI_s$	φ
R404 A	256 074	0,41
R407 C	172 311	0,43
R410 C	247 094	0,48
R134 e	135 382	0,38
R22	194 325	0,45
R717	138 692	0,62



фициентом теплообмена, сравнительно высокой критической температурой, безразличием к воде, благоприятным поведением с маслами, немедленным обнаружением по резкому и проникающему запаху [3]. В настоящее время на аммиаке функционируют 90 % холодильных установок в Росмясомолторге, 80 % в производстве вина и напитков, 70 % в овоще- и фруктохранилищах, 60 % в мясоперерабатывающей промышленности, 50 % в кондитерской промышленности [3].

Основной опасностью в аммиачных холодильных установках являются прорывы и утечки аммиака, которые воздействуют на персонал как сильнодействующее ядовитое вещество (СДЯВ), образуют с воздухом взрыво- и пожароопасные смеси, создают облако СДЯВ, которое может быть вынесено ветром на жилой микрорайон, останавливают функционирование холодильной установки.

По данным Всероссийского научно-исследовательского холодильного института, утечки и прорывы аммиака имеют место в связи с человеческим фактором (нарушения правил и инструкций) — 85,6 %, с наличием дефектов в холодильных установках — 7,2 %, заводского брака в холодильном оборудовании — 4 %, некачественного выполнения монтажных работ — 3,2 %. Причинами утечек и прорывов аммиака являются гидравлические удары — 50,5 %, нарушения герметичности холодильного оборудования из-за высокого давления — 13,9 %, нарушения герметичности холодильных компрессоров из-за высокой температуры нагнетания — 20 % [3].

Таким образом, возникает необходимость в применении метода анализа условий газовой опасности в аммиачных холодильных установках как четвертого этапа. Этот этап должен быть реализован, в первую очередь, через человеческий фактор, потому что с ним связано наибольшее влияние на создание условий для утечек и прорывов аммиака. Кроме того, большинство холодильных предприятий в настоящее время могут решить эту задачу.

Во вторую очередь этот этап должен быть реализован с помощью технических решений, в том числе созданием автоматической защиты от гидравлических ударов [5, 6]; применением новых и эффективных способов разделения паровой фазы аммиака от жидкостной [7, 8]; усовершенствованием поршневых холодильных компрессоров [9].

Применение предлагаемой методологии на основе разработанной концепции [10] на стадии проектирования, модернизации и реконструкции, а также в процессе эксплуатации позволяет с высокой степенью вероятности гарантировать безопасное и надежное функционирование холодильных предприятий как объектов жизнеобеспечения.

Список литературы

1. Роль холода в питании населения Земного Шара // Холодильная техника. — 1997. — № 2. — С. 10—12.
2. Выгодин В. А. Реконструкция хладокомбинатов ОАО АПТК Росмясомолторг и современные технологии хранения продукции // Холодильная техника. — 2002. — № 3. — С. 7—9.
3. Соколов В. М. Хранение мороженого мяса на Северодвинском холодильнике / Холодильная техника. — 1965. — № 3. — С. 35—38.
4. Железный В. П., Железный П. В., Лысенко О. В., Овчаренко В. С. Эколого-термо-экономический анализ перспектив применения аммиака в холодильном оборудовании // Холодильная техника. — 2000. — № 3. — С. 12—16.
5. Патент на изобретение № 2285211. Россия. МПК F25B 49/02. Устройство для автоматической защиты холодильного компрессора от влажного хода / Соколов В. М. (Россия). Оpub. 30.05.06. Бюл. № 28.
6. Патент на полезную модель № 60588. Россия. МПК F25B 49/02. Реле для автоматической защиты холодильного компрессора от влажного хода / Соколов В. М. (Россия). Оpub. 27.01.07. Бюл. № 3.
7. Патент на изобретение № 2302591. Россия. МПК F25B 43/00. Сосуд для отделения жидкого хладагента / Соколов В. М. (Россия). Оpub. 10.06.07. Бюл. № 19.
8. Патент на полезную модель № 55106. Россия. МПК F25B 1/02. Дополнительный отделитель жидкости / Соколов В. М. (Россия). Оpub. 27.07.06. Бюл. № 21.
9. Патент на полезную модель № 50640. Россия. МПК F25B 1/10. Крышка безопасности поршневого холодильного компрессора / Соколов В. М. (Россия). Оpub. 20.01.06. Бюл. № 02.
10. Соколов В. М. Концепция безопасности аммиачных холодильных установок // Холодильная техника. — 1999. — № 5. — С. 14.

АНОНС!

В следующем номере журнала в разделе "Промышленная безопасность" будет опубликована статья авторов
И. Р. Кузеева, А. Г. Чирковой, Р. Р. Тляшевой, Е. Н. Буркиной
**"СОЗДАНИЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОПАСНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ"**



УДК 556.535.5

Н. П. Старостин, д-р техн. наук, **А. С. Кондаков**, канд. физ.-мат. наук,
С. В. Корбанков, **А. И. Герасимов**, канд. техн. наук,
Институт проблем нефти и газа СО РАН,
Н. И. Ветошкин, **А. Г. Захаров**,
ООО НПО "Мостовик"

Исследование температурного режима в тоннельном переходе газопровода через реки в регионах холодного климата

Приведены результаты численного решения задачи Стефана промерзания воды для многолетнего прогнозирования температурного режима в подводном тоннельном переходе газопровода в условиях холодного климата Республики Саха (Якутия). Показана возможность предотвращения замерзания воды в тоннеле в зонах взаимодействия с талыми грунтами путем выбора подходящей теплоизоляции трубопровода.

Ключевые слова: тоннель, газопровод, температура, теплопроводность, задача Стефана, расчет, эксперимент, теплоизоляция, давление, тампонаж, прогноз, безопасность.

**Starostin N. P., Kondakov A. S., Korban-
kov S. V., Gerasimov A. I., Vetoshkin N. I.,
Zakharov A. G. Study of the temperature re-
gime in the gas pipeline tunnel crossing over
rivers in the cold climate regions.**

Numerical solution results of Stefan problem of water freezing for long-term prediction of a temperature regime in underwater tunnel transition of a gas pipeline under the cold climate conditions of Republic of Sakha (Yakutia) are presented. By a choice of a suitable heat-insulation of the pipeline, possibility of prevention of water freezing in a tunnel of interaction zones with thawed soils is shown.

Keywords: tunnel, gas pipeline, temperature, heat conductivity, Stefan problem, calculation, experiment, heat-insulation, pressure, tamping, prognosis, safety.

Постановка задачи. Преимущества подводных переходов магистральных трубопроводов (ППМТ), предложенных методом тоннелирования, известны [1]. В работе [2] на основе анализа отказов ППМТ, факторов разрушения трубопроводов в переходах и используемых методов прокладки трубопроводов показана перспективность применения метода тоннелирования при строительстве трубопроводов в Республике Саха (Якутия). В то же время в регио-

нах с холодным климатом при эксплуатации таких переходов могут возникнуть проблемы, связанные с температурным режимом в тоннеле. В предлагаемых вариантах строительства ППМТ тоннель для обеспечения безопасности после укладки трубопровода заполняется водой. В зимнее время температура газа в трубопроводе, например, в районе г. Якутска опускается до минус 12 °С, что может привести к замерзанию воды в тоннеле.

В данной работе прогнозируется температурный режим в тоннеле подводного перехода магистрального газопровода через реки в регионах холодного климата с целью доказательства возможности предотвращения замерзания воды в тоннеле в зоне его

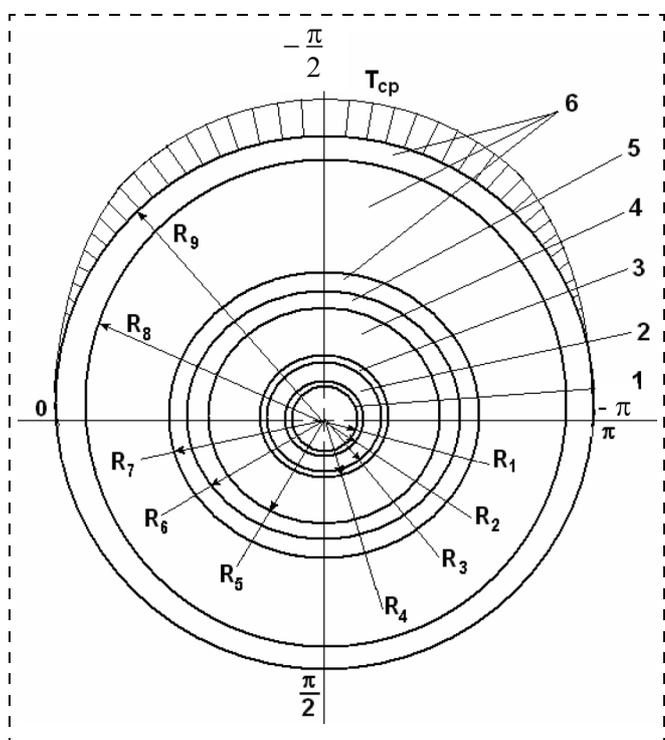


Рис. 1. Расчетная схема тоннеля:

1 — труба стальная; 2 — теплоизоляция; 3 — полиэтиленовая оболочка; 4 — вода; 5 — обделка тоннеля; 6 — грунт (глина—песок—глина)

взаимодействия с тальми грунтами путем теплоизоляции трубопровода.

В качестве примера рассмотрим проект подводного перехода магистрального газопровода через реку Лена для газификации Заречных улусов. Расчетная схема тоннеля с теплоизолированным газопроводом приведена на рис. 1. Рассматривается подрусловая часть и район приемного котлована ППМТ, где тоннель проходит в талом грунте. Имеются данные измерения температуры в грунте в конце марта 2007 г. на глубинах от 16 до 20 м по всей протяженности тоннеля. Согласно этим данным минимальная температура грунта в нижней части тоннеля $T_{изм} = 1,2$ °С. Используя минимальное значение температуры грунта и известную зависимость температуры газа $T_{газ}$ в трубопроводе от времени, поставим задачу определения температурного режима в тоннеле.

Предполагается концентрическое расположение тоннеля и газопровода. Нестационарное температурное поле в тоннеле и грунте описывается уравнением теплопроводности:

$$C_m \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda_m}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\lambda_m}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}, \quad (1)$$

$$R_1 < r < R_9, \quad -\pi < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m$$

с начальным условием:

$$T(r, \varphi, 0) = T_0(r, \varphi), \quad R_1 < r < R_9, \quad -\pi < \varphi < \pi; \quad (2)$$

граничным условием на внутренней поверхности газопровода:

$$\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_1} = \alpha [T(R_1, \varphi, t) - T_{газ}(t)], \quad (3)$$

$$-\pi < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m,$$

или

$$T(R_1, \varphi, t) = T_{газ}(t), \quad -\pi < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m. \quad (4)$$

Здесь T — температура; C_m, λ_m — коэффициент объемной теплоемкости и коэффициент теплопроводности; m — номер слоя; r, φ — полярные координаты; t — текущее время; α — коэффициент теплообмена внутренней поверхности газопровода с газом; $R_1 \dots R_9$ — см. рис. 1.

На достаточном удалении от дна реки в нижней половине расчетной области зададим значение измеренной температуры грунта:

$$T_{r=R_9} = T_{изм}, \quad 0 < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m. \quad (5)$$

На поверхности грунта в верхней половине расчетной области зададим температуру, зависящую от температуры воды в реке:

$$T(R_9, \varphi, t) = T_{граница}(\varphi, t), \quad -\pi < \varphi < 0, \quad 0 < t \leq t_m. \quad (6)$$

Условие периодичности запишем в виде эквивалентного условия сопряжения:

$$T(r, -\pi + 0, t) = T(r, \pi - 0, t),$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} \Big|_{\varphi = -\pi + 0} = \frac{\partial T}{\partial \varphi} \Big|_{\varphi = \pi - 0}, \quad R_1 < r < R_9, \quad 0 < t \leq t_m. \quad (7)$$

На границах слоев задается условие идеального теплового контакта:

$$T(R_m - 0, \varphi, t) = T(R_m + 0, \varphi, t),$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_m-0} = \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_m+0}, \quad (8)$$

$$m = 2, \dots, 8; \quad -\pi < \varphi < \pi, \quad 0 < t \leq t_m.$$

На границе фазового перехода воды, положение которого определяется уравнением $\Phi(r, \varphi, t) = 0$, запишем условие Стефана:

$$((\lambda \text{ grad } T)_в - (\lambda \text{ grad } T)_л, \text{ grad } \Phi) - L\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} = 0; \quad (9)$$

$$T(r, \varphi, t)_{\Phi=0} = T(r, \varphi, t)|_{\Phi=0} = 0, \quad (10)$$

где L — удельная теплота кристаллизации воды; ρ — плотность; индекс "в" относится к воде; "л" — ко льду.

Задача решается методом конечных разностей с использованием однородных разностных схем [3—5].

Апробация расчетной методики. Для проверки эффективности численных алгоритмов решения многомерных задач Стефана, которые в дальнейшем будут использованы при прогнозировании температурного режима в тоннеле, проведены эксперименты на установке, имитирующей замерзание воды в тоннельном переходе газопровода. Кроме того, в этих экспериментах выбирался материал для компенсации объемного расширения льда, определялись его геометрические параметры и схема расположения в тоннеле.

Экспериментальная установка схематично представлена на рис. 2. Установка содержит корпус 1 из

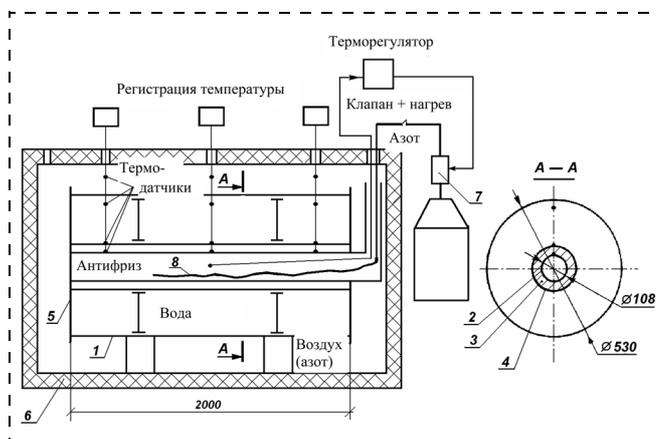


Рис. 2. Схема экспериментальной установки



стальной трубы $\varnothing 530$ мм, внутри которой размещена газопроводная труба $2 \varnothing 108$ мм, теплоизолированная пенополиуретаном 3, защищенная полиэтиленовой оболочкой 4. Торцы корпуса закрыты фланцевыми крышками 5. Установка размещается в теплоизолированном боксе 6. Газопроводная труба заполняется антифризом. Охлаждение антифриза осуществляется парами жидкого азота, его температура регулируется терморегуляторами посредством электропневмоклапана 7. Пары азота в газопроводную трубу подаются с помощью перфорированного шланга 8. Внутренняя полость между корпусом и газопроводной трубой заполняется водой.

Система контроля температурного поля обеспечивает измерение температур антифриза в газопроводной трубе, температуры поверхности газопроводной трубы (три точки), температуры поверхности полиэтиленовой оболочки (три точки), температуры в защищенной полиэтиленовой оболочке (три точки), температуры в боксе (три точки).

Для измерения температур используются термопары. Монтаж термопар осуществляется через гермовводы.

Эксперимент проводился следующим образом.

1. Установка размещалась в теплоизолированном боксе и термостатировалась в течение суток, по истечении которых фиксировались начальные значения температур.

2. Пары азота подавались в газопроводную трубу, и температура антифриза поддерживалась на фиксированном минимально возможном уровне в диапазоне $-50 \dots -60$ °С.

3. Измерения температур производились ежедневно и фиксировались в журнале.

4. Эксперимент проводился до замерзания воды в корпусе.

5. Продолжительность эксперимента — не более пяти суток, по истечении которых, если не происходило разрушение корпуса и замерзание воды, эксперимент прекращался. После выемки установки из бокса осуществлялась его разборка и выявление координат расположения незамерзшей воды, которые фиксировались в журнале.

Регистрация температурных данных и текущего времени осуществлялась автоматически с помощью многоканальных программных регуляторов температуры с графическим дисплеем "ТЕРМОДАТ-17ЕЗ", подсоединенных к компьютеру. Для повышения эффективности системы охлаждения антифриз охлаждался в климатической камере до минус 60 °С и наливался в трубу, имитирующую газопровод. Низкие температуры поддерживались подачей жидкого азота в антифриз через перфорированную трубку.

Поскольку в экспериментальной установке температурное поле осесимметрично и распределение

температуры однородно по длине труб, в расчетах использовалась упрощенная модель, в которой температура изменялась по радиусу и времени. На внешней поверхности трубы меньшего диаметра задавались изменяющиеся во времени температуры, регистрируемые в эксперименте. На внешней поверхности трубы большего диаметра задавалось условие конвективного теплообмена с окружающей средой, температура которой также фиксировалась во времени.

При расчетах температурного режима в трубах с теплоизолятором и без него используются разностные схемы сквозного или непрерывного счета, пригодные для решения уравнения теплопроводности по одним и тем же формулам (программам) без явного выделения точек или линий разрыва коэффициентов. Это значит, что схема в окрестности разрывов не меняется и вычисления во всех узлах ведутся по одним и тем же формулам, независимо от того, разрывен или непрерывен коэффициент теплопроводности. Поэтому эксперименты по проверке достоверности расчетов можно проводить в установке как с теплоизолятором, так и без него. Для сокращения времени эксперименты проводились для установки без теплоизолятора на поверхности внутренней трубы.

Распределение температуры в установке в начале эксперимента было однородным. Термостатирование происходило при температуре +14 °С. Термодатчик, показания температур которого сравнивались с расчетными данными, располагался на расстоянии 15 мм от внутренней поверхности трубы большего диаметра, т. е. при $r = 0,24$ м. Эксперимент проводился непрерывно в течение 75,5 ч. Интенсивное охлаждение азотом и антифризом с низкой температурой проводилось в рабочее время. В ночное время температура охлаждающей жидкости поднималась. Все данные непрерывно записывались с помощью компьютера и в дальнейшем использовались при расчетах и для сравнения. На рис. 3

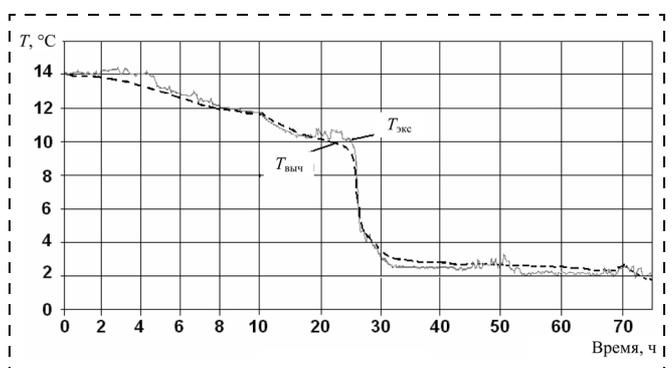


Рис. 3. Сравнения расчетных и экспериментальных температур в точке на расстоянии 15 мм от внутренней поверхности внешней трубы

приведены результаты сравнения расчетных и экспериментальных зависимостей температуры от внутренней поверхности внешней трубы. Относительное отклонение расчетных и экспериментальных температур составило примерно 10...12 %.

Толщина льда в конце эксперимента составила 78 мм. На рис. 4 приведена динамика расчетной толщины льда в установке. В момент завершения испытаний расчетная толщина льда составляла 76 мм. Полученный результат расчета свидетельствует о эффективности алгоритма прогнозирования замерзания воды в тоннеле численным решением задачи Стефана.

Эксперимент показал, что лед образуется на поверхности внутренней трубы и имеет форму кольца с незначительным утолщением в нижней части (рис. 5). В процессе образования льда давление воды существенно возрастает, среднее увеличение объема льда составляет 10 %. График изменения давления в ходе эксперимента представлен на рис. 6. При максимальном обмерзании трубы давление достигает примерно 1,8 МПа.

Для компенсации повышения давления при ледообразовании использовался листовая пенополиэтилен. При внутреннем объеме модельной установки 400 л объем пенополиэтилена составлял 52 л и размещался по периметру внутренней поверхности внешней трубы. Давление воды при обмерзании внутренней трубы в ходе эксперимента не превысило 0,016 МПа.

Максимальная сжимаемость пенопластов составляет примерно 80 %. Имеется также опасность разрушения пор пенопласта при циклических колебаниях температур (замерзание и оттаивание воды). С учетом этого рекомендуемый объем пенопласта для компенсации расширения льда составит 20 % объема воды.

Возможно, экономически более целесообразным и технически просто осуществимым будет тампонаж тоннеля по всей длине пластиковыми мешками, заполненными блоками и предварительно вспененными гранулами пенопласта. В этом случае возможно использование стальных труб без теплоизоляции. При этом заполненный мешками с пенопластом тоннель обеспечит более эффективную теплоизоляцию газопроводной трубы и до минимума сократит в нем объем воды, что существенно увеличит надежность и безопасность эксплуатации тоннельного перехода.

Прогнозирование температурного режима в тоннеле. Проверенный экспериментально численный алгоритм решения уравнения теплопроводности и программа его реализации обладают свойством универсальности. Программа обобщена на случай расчета температурного режима в тоннеле. В табл. 1

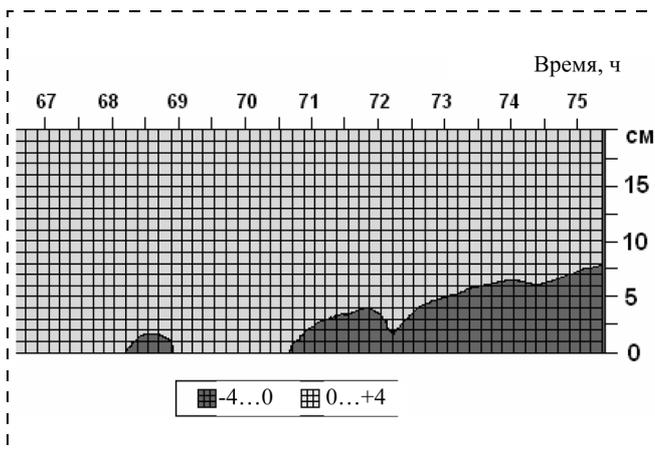


Рис. 4. Динамика расчетной толщины льда в экспериментальной установке



Рис. 5. Общий вид образовавшегося льда в экспериментальной установке

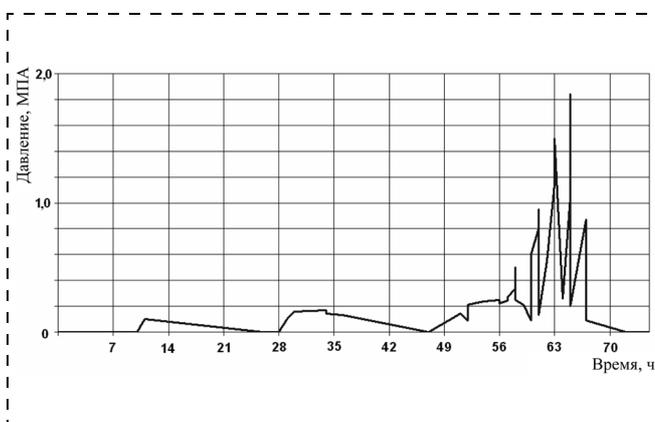


Рис. 6. График изменения давления воды во времени в модельной установке



Таблица 1

Физические свойства материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость, Дж/(кг · К)	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)
Сталь	7830	465	35,500
Пенополиуретан (ППУ)	25	1470	0,022
Полиэтилен	800	2000	0,410
Вода	1000	4190	0,590
Лед	917	2090	2,210
Глина	1600	750	1,5
Песок влажный	2400	875	1,800
Раствор (бетон)	1900	840	1,130

представлены физические свойства материалов, использованные в расчетах [6]. Удельная теплота кристаллизации воды $L = 340$ кДж/(кг · К).

В табл. 2 приведены размеры элементов исследуемого тоннеля и параметры использованной расчетной сетки.

Интервал фазового перехода $(-1,0; 1,0)$, т. е. $\Delta = 1$ °С. Шаг по времени $\tau = 1$ ч. По угловой переменной шаг брался равномерным и равнялся 5°. В качестве зависимости изменения температуры газа в газопроводе по времени использовалась функция:

$$T_{\text{газ}}(t) = 8,5 \sin\left(\frac{\pi(90-t)}{185}\right) - 3,5, \quad (11)$$

аппроксимирующая экспериментальные данные (время t изменяется в сутках).

На границе верхней половины расчетной области задавалась температура $T_{\text{гр}}(t, \varphi)$, зависящая от тем-

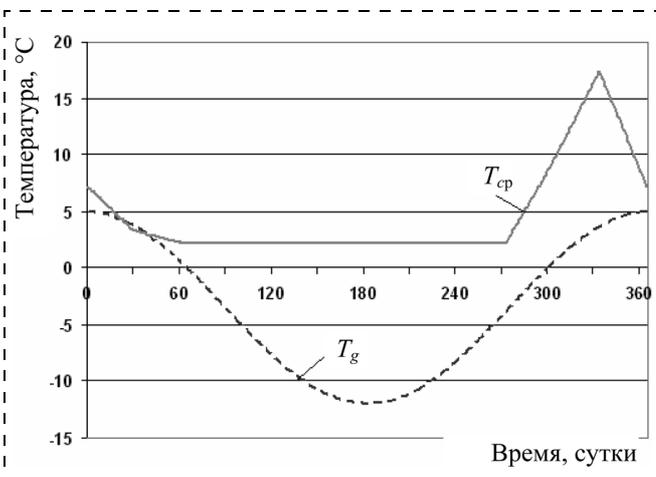


Рис. 7. Изменение по времени температуры газа ($T_{\text{газ}} = T_g$) и температуры воды в реке Лена ($T_{\text{сн}}$)

Таблица 2

Размеры элементов конструкции и параметры расчетной сетки

Радиусы, м	Шаги по радиусу, м	Количество узлов
$R_1 = 0,251$	$h_1 = 0,001$	14
$R_2 = 0,265$	$h_2 = (R_3 - R_2)/16$	16
R_3 варьируется	$h_3 = (R_4 - R_3)/5$	5
R_4 изменяется соответственно R_3	$(R_4 - R_3) = 0,015$	62
$R_5 = 1,07$	$h_4 = (R_5 - R_4)/62$	6
$R_6 = 1,3$	$h_5 = 0,038$	6
$R_7 = 2,8$	$h_6 = 0,25$	24
$R_8 = 8,8$	$h_7 = 0,25$	5
$R_9 = 9,3$	$h_8 = 0,1$	Итого 138

пературы воды в реке, изменяющаяся по угловой переменной и принимающая значение измеренной температуры в окрестности расположения тоннеля при $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi$. В нижней части расчетной области задавалось значение измеренной температуры $T_{\text{изм}} = +1,2$ °С. Функция $T_{\text{гр}}(t, \varphi)$ задавалась в виде синусоиды по углу с амплитудой, равной температуре воды в реке $T_{\text{ср}}(t)$, изменяющейся по времени:

$$T_{\text{гр}}(t, \varphi) = \frac{(T_{\text{ср}}(t) - T_{\text{изм}})}{2} \left(\sin\left(2\varphi - \frac{\pi}{2}\right) + 1 \right) + T_{\text{изм}}. \quad (12)$$

Функция $T_{\text{гр}}(t, \varphi)$ при $\varphi = 0$ и $\varphi = \pi$ равна $T_{\text{изм}}$.

Зависимости температур воды в реке [7] и газа от времени приведены на рис. 7.

Поскольку по проекту строительства в тоннель вода заливается в сентябре, то в начальный момент времени температура воды считалась равной наименьшему многолетнему значению температуры реки Лена в сентябре и равнялась 7,3 °С [7]. Температура газа в сентябре считалась равной 5 °С. В теплоизоляторе распределение температуры в начальный момент времени полагали изменяющимся линейно. За начальное распределение температуры в грунте бралось распределение температуры, полученное расчетным путем после годового цикла.

Под влиянием положительных температур воды в реке в верхней части тоннеля температуры всегда выше, чем в нижней части. Поэтому выбор толщины теплоизоляции, препятствующей замерзанию воды в тоннеле, проведем, исследуя изменение во времени распределения температуры по радиусу при $\varphi = \frac{\pi}{2}$ (см. рис. 1).

Расчеты показали, что при толщине теплоизоляции газопровода 70 мм точка с нулевой температурой достигает полиэтиленовой оболочки в середине февраля и выходит за его пределы в начале марта. Таким

образом, в начале марта на поверхности газопровода начнет образовываться лед.

При толщине теплоизоляции 80 мм в первый год эксплуатации (рис. 8, а) лед на поверхности газопровода не образуется. Тем не менее во втором году эксплуатации (рис. 8, б) лед на поверхности газопровода образуется.

При толщине теплоизоляции 90 мм лед на поверхности газопровода не образуется ни в первый, ни во второй и последующие годы (рис. 9). После второго года эксплуатации температурный режим устанавливается, т. е. ежегодно циклически повторяется.

Следует отметить, что толщина теплоизоляции 90 мм для стальных труб диаметром 530 мм является стандартизованной и производство таких предизолированных труб освоено многими российскими предприятиями.

Заключение

1. Расчеты показывают возможность предотвращения замерзания воды в тоннеле путем выбора подходящей теплоизоляции трубопровода в зонах взаимодействия с тальми грунтами при подводных переходах магистральных газопроводов через реки в регионах холодного климата.

2. Возможно, экономически более целесообразным будет тампонаж тоннеля по всей длине пластиковыми мешками с пенопластом и использование стальных труб без теплоизоляционного слоя. При этом объем воды в тоннеле будет уменьшен до минимума, а газопровод будет теплоизолирован намного эффективнее, что существенно повысит надежность и безопасность тоннельного перехода. Предлагаемый подход требует детального исследования.

Список литературы

1. Меркин В. Е., Маковский Л. В. Прогрессивный опыт и тенденции развития современного тоннелестроения. — М.: ТИМР, 1997. — 192 с.
2. Аммосов А. П., Корнилова З. Г. О строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов: Аналитический обзор. — Якутск: Изд-во ЯГУ, 2008. — 58 с.
3. Самарский А. А. Теория разностных схем. — М.: Наука, 1977. — 656 с.

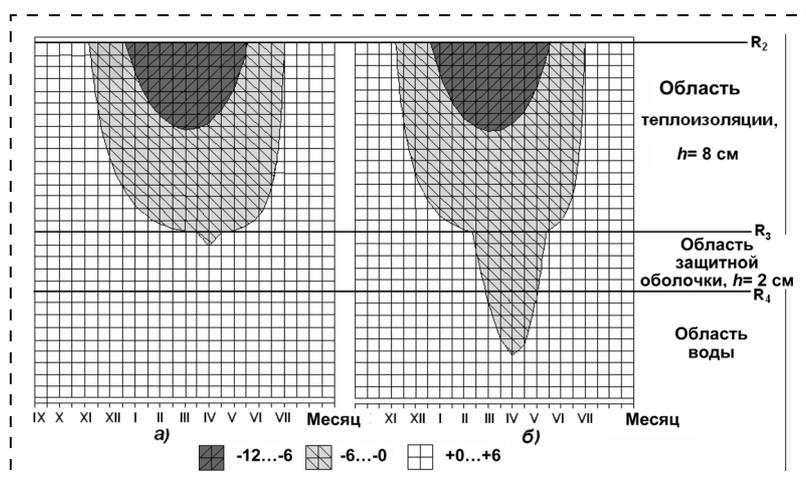


Рис. 8. Изменение радиуса ($\varphi = \frac{\pi}{2}$) по времени точки с температурой 0°C при толщине теплоизоляции газопровода 80 мм: а) в первый год эксплуатации; б) во второй год эксплуатации

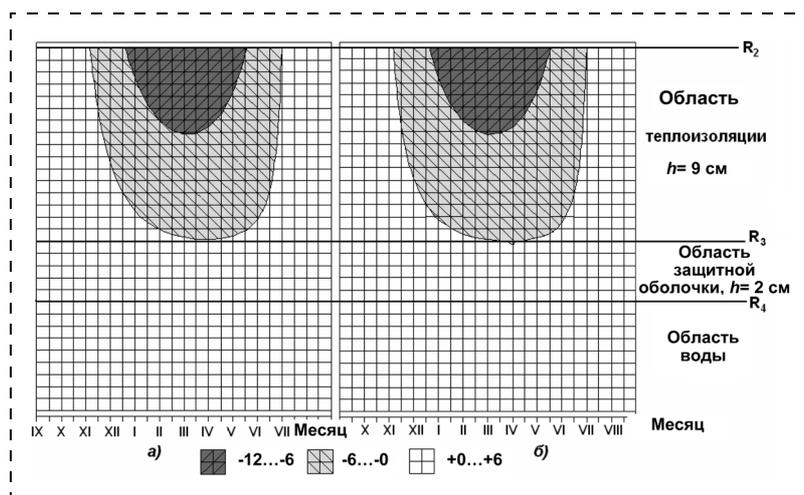


Рис. 9. Изменение радиуса ($\varphi = \frac{\pi}{2}$) по времени точки с температурой 0°C при толщине теплоизоляции газопровода 90 мм: а — в первый год эксплуатации; б — в третий год эксплуатации

4. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача. — М.: Наука, 2003. — 784 с.
5. Самарский А. А., Моисеенко Б. Д. Экономичная схема сквозного счета для многомерной задачи Стефана // Журнал вычислительной математики и математической физики. — 1965. — Т. 5. — № 5. — С. 816—827.
6. Физические величины: Справочник / А. П. Бабищев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
7. Чистяков Г. Е. Водные ресурсы рек Якутии. — М.: Наука, 1964. — 256 с.

УДК 628.336:621.929:530.19:621.337.4

В. И. Баженов, канд. техн. наук, доц.,
Московский институт коммунального хозяйства и строительства

Градиент скорости — характеристика для оценки устройств перемешивания активного ила аэротенков

Представлен классификатор погружных мешалок, используемых в системах биологической очистки сточных вод. Рассмотрены процессы флокуляции активного ила внеклеточными биополимерами. Разработана методика оценки флокулирующей способности перемешивающих устройств применительно к резервуарам биологической очистки сточных вод со свободновзвешенным активным илом на основе градиента скорости G (c^{-1}). Это позволяет оптимизировать подбор мешалок, а также выполнять техническую оценку вариантов перемешивающего оборудования от различных поставщиков и производителей.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, внеклеточные биополимеры, биофлокуляция, погружная мешалка, градиент скорости G .

Bazhenov V. I. Assessment performance of activated sludge mixing equipment for aeration basins.

The classification of submersible mixers is introduced, which are usually used in biological wastewater treatment. Flocculation of activated sludge processes is considered by means of extracellular biopolymers. Estimation method of flocculation ability for biological treatment reservoirs with activated sludge is developed on the basis of velocity gradient G (s^{-1}). This makes possible to estimate variants of mixing equipment, and to provide technical estimation of mixing equipment from different suppliers and manufacturers.

Keywords: wastewater, biological treatment, extracellular biopolymers, bioflocculation, submersible mixer, velocity gradient G .

В комплексных процессах биологической очистки сточных вод современной тенденцией является использование погружных мешалок для использования в зонах анаэробных и/или аноксичных, иногда в зонах периодического действия (аэрация/перемешивание). Установка погружных мешалок более предпочтительна по сравнению с установкой мешалок с вертикальным валом, поскольку первый тип ориентируется в крупных резервуарах в горизонтальном направлении, что соответствует традиционным формам емкостных сооружений, имеющих ограниченную глубину и развитые в плане размеры.

Горизонтальная ориентация мешалок в резервуарах биологической очистки позволяет перемешивать крупные объемы, в противоположность этому сила вертикально ориентированных потоков ограничивается малой глубиной сооружений (как правило, 3...6 м). Погружные мешалки по конструктивным признакам подразделяются на редукторные (низкоскоростные с развитым пропеллером) и безредукторные (высокоскоростные с пропеллером простых геометрических форм).

Опыт эксплуатации свидетельствует о том, что высокоскоростные мешалки не разрушают флокулы активного ила и не вызывают повышения илового индекса (способность активного ила к осаждению). Тем не менее проектировщики предпочитают низкоскоростные мешалки для размещения в зонах биологической очистки, предполагая, что низкие обороты пропеллера мешалки более благоприятны для сохранения размеров флокул. В то же время хозяйственники и администраторы предпочитают высокоскоростные мешалки, поскольку отсутствие редуктора и наличие пропеллера малых геометрических форм определяют более низкие закупочные цены. Вместе с тем объективная оценка устройств перемешивания активного ила аэротенков отсутствует в инженерной практике.

Представим классификатор мешалок, производимых за рубежом, используемых в аноксичных/анаэробных зонах аэротенков, по категории скорости вращения (табл. 1). Классификатор действительно ориентировочный, поскольку ниша между низоборотными и высокоскоростными также заполнена выпускаемым оборудованием в основном редукторного типа.

Таблица 1

Ориентировочный классификатор мешалок для аэротенков по категории скорости вращения

Характеристики	Низкоскоростные	Высокоскоростные
Техническая особенность	Наличие редуктора	Отсутствие редуктора
Скорость вращения, $мин^{-1}$	17...47	1400...360
Диаметр пропеллера, м	1,4...2,5	0,21...0,766
Периферийная радиальная скорость пропеллера, м/с	1,25...6,25	15,4...14,5
Сила тяги, Н	220...4700	105...6440

Обратите внимание, у высокоскоростных мешалок периферийная радиальная скорость на краю пропеллера значительно выше и в отсутствие редуктора стабильнее (15,4...14,5 м/с в отличие от 1,25...6,25 м/с). Если бы так называемый хлопёк активного ила действительно разрушался, то причиной этому послужили бы, скорее всего, повышенные радиальные скорости вращения пропеллера мешалки.

Флокуляция активного ила биополимерами

Образование хлопьев активного ила в аэротенках происходит в результате флокуляции клеток внеклеточными биополимерами [1] продуктами метаболизма активного ила. Выделены группы таких полимеров: высокомолекулярные углеводы — полисахариды, белки (в основном протеины), нуклеиновые кислоты, РНК и ДНК (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки).

Внеклеточные биополимеры выделяются микроорганизмами (сосредотачиваются на поверхности клеток) на фазе эндогенной респирации активного ила, соответствующей образованию максимальной его массы. Существует зависимость между количеством внеклеточных биополимеров в активном иле и флокуляцией. Косвенные параметры: уменьшение прозрачности и увеличение количества рассеянного света указывают на интенсивную флокуляцию и образование крупных хлопьев.

Удаление с поверхности клеток биополимеров приводит к разрушению хлопьев. Разрушенные хлопья восстанавливаются, если к активному илу опять добавлять извлеченные из него полимеры.

Флокуляция с участием внеклеточных биополимеров протекает с образованием полимерных мостиков между микроорганизмами и бактериальными клетками активного ила. При этом увеличивается количество коллоидно-связанной воды и замедляется скорость фильтрования через пористую мембрану, что снижает дзета-потенциал активного ила (транспорт питательных веществ внутрь клетки) [2], и, наоборот, дефлокуляция сопровождается его увеличением. Важность параметра дзета-потенциал в том, что он дает представление о величинах электростатических сил отталкивания, а следовательно, об устойчивости коллоидных систем.

Хлопья активного ила заряжены отрицательно. Оба компонента хлопьев (биополимеры и микроорганизмы) имеют в нейтральной области близкие небольшие отрицательные заряды. Внеклеточные биополимеры адсорбируются на микроорганизмах за счет нейтральных групп, не изменяя заряда.

Резервными (запасными) биополимерами являются полисахариды бактериальной клетки, например гликоген, иногда крахмал, а также РНВ (poly- β -hydroxybutyrate) и полифосфаты. Они накапливаются

внутри клетки либо формируют защитные капсулы поверхностного типа — слизистые оболочки. Клетка выделяет эти биополимерные слизи — гели на свою поверхность для защиты от высыхания и изменения кислотности среды. Окружающая среда наполняется такой "клеевой" подосновой, которая формирует активный ил во флокулы, а также инициирует процессы биосорбции.

Перемешивание хлопьев активного ила

Активный ил присутствует в сооружениях биочистки в виде хлопьев-агрегатов и самостоятельно производит даже не коагулянты, а флокулянты — биополимеры для собственной флокуляции. Далее попробуем методически разобраться с основным критерием перемешивания — градиентом скорости G , который определяет условия хлопьеобразования, опустив при этом период хлопьеобразования $t = 20...30$ мин, поскольку этот параметр существенно менее периода пребывания в аэротенках ($t = 5...16$ ч), и это логично.

Известно об использовании реагентов при симультанном (или одновременном) осаждении. Между отрицательно заряженными коллоидными частицами возникает уменьшение силы отталкивания, если между ними накапливаются катионы (например, Ca^{+2} , Fe^{+3} , Al^{+3}).

Гидромеханики называют градиент скорости скоростью сдвига. Физический смысл этой величины проиллюстрирован на рис. 2.

Градиент скорости определяется:

мощностью (p), приводящей поток в движение (номинальной потребляемой мощностью на валу, формирующей поток реально с учетом КПД двигателя ($\cos \varphi$), теплотеря и КПД редуктора, если он имеется), Вт ($\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3}$ или $\text{Н} \cdot \text{м}/\text{с}$);

объемом (V), характеризующим реактор и продолжительность обработки (смешения или флокуляции), м^3 ;

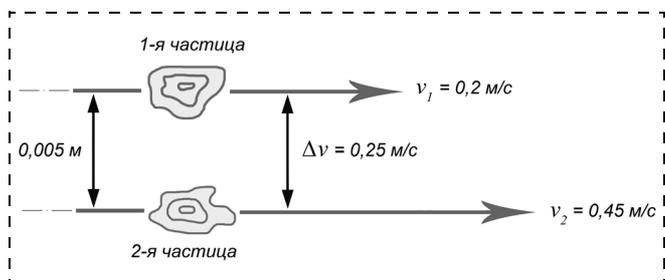


Рис. 2. Определение градиента скорости (скорости сдвига) двух движущихся в потоке частиц на расстоянии 0,005 м друг от друга:

$$G = \frac{0,45 - 0,2 \text{ м/с}}{0,005 \text{ м}} = 50 \text{ с}^{-1} \left(G = \frac{dv}{dy} \right)$$



абсолютной вязкостью среды (μ_a); в нашем случае: воды, неуплотненного/уплотненного активного ила, $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ или $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu_a V}} \quad (1)$$

Абсолютная вязкость принимается ориентировочно для расчетов иловой смеси аэротенков $0,001 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$, как воды при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, хотя этот параметр требует дополнительной проверки натурным экспериментом. При более детальном рассмотрении свойства иловой смеси аэротенков при различной ее концентрации могут соответствовать не Ньютоновским жидкостям.

Параметр G используется как гидромеханиками для разработки перемешивающего оборудования, так и специалистами, разрабатывающими собственно реакторы (для химико-биологических технологических процессов и очистки вод). Поэтому градиент скорости G не одинок как средство выражения критериев перемешивания. Пожалуй, самая распространенная характеристика-аналог — критерий Кемпа, выражаемый Gt , где t — время перемешивания в смесителях и камерах хлопьеобразования. В первом приближении представляется трудным классифицировать процессы перемешивания активного ила аэротенков с использованием этого критерия. Причина проста: в аэротенках перемешивание осуществляется не только мешалками, а еще и воздухом.

В современных системах удаления биогенных элементов (чередование анаэробных, аноксичных, аэробных зон) качество флокуляции, в конечном счете определяемое величиной илового индекса ($\text{см}^3/\text{г}$), не является единственной целью технологических процессов очистки сточных вод. Флокуляция в аэротенках — это отражение сложных химико-биологических процессов, связанных с синтезом натуральных биологических полимеров на клеточном уровне, и, конечно же, перемешивания как фактора, влияющего на продуктивность такого синтеза.

Высокие окружные скорости мешалок могут вызывать дробление хлопка в зонах биологической очистки. Но это явление носит положительный характер, поскольку позволяет переформировать хлопк активного ила с отводом мутагенных накоплений, а также снизить диффузионные ограничения (массовый обмен между содержимым хлопка активного ила и окружающей водной средой). Формирование новых активных хлопков (т. е. флокуляция) происходит достаточно быстро (от 3 до 10 мин) вследствие благоприятных общих градиентов G и постоянного синтеза бактериальными клетками биополимеров (полисахаридов, протеинов, нуклеино-

вых кислот). Таким образом, бактериальный синтез природного "флокулянта" происходит в аэротенках непрерывно, что является отличительной особенностью процесса по сравнению с процессами флокуляции природных вод, которые предполагают разовое дозирование реагента.

Аэротенки никогда не проектировались с точки зрения оптимизации процессов биофлокуляции. Попробуем оценить их с этой точки зрения. И так, для начала определим оценочные критерии величины G , пользуясь представлениями о процессах смешения и хлопьеобразования [3—5] и редкими сведениями о перемешивании посредством пневматических аэраторов [6] (табл. 2).

На основе приведенного классификатора существующих мешалок для аэротенков (см. табл. 1) стараемся разработать методику оценки флокулирующей способности перемешивающих устройств в технологических зонах, предназначенных для их установки (анаэробные, аноксичные, периодического действия: аэробно-аноксичные).

Методикой предлагается обозначить средние скорости объемного потока перемешивания исходя из критерия поддержания активного ила во взвешенном состоянии ($v_{\text{взв}}$), т. е. недопустимости его расслоения. Для вариантов без/с первичным отстаиванием: $v_{\text{взв}} = 0,28/0,25 \text{ м}/\text{с}$. Сила тяги (Н) [7] характеризует работу мешалок, выполняемую в резервуарах различной геометрии. Эти два параметра ($v_{\text{взв}}$ и си-

Таблица 2
Сравнительные оценочные критерии градиента скорости G

Процесс, технологический аппарат	Величина G , с^{-1}
Макроперемешивание для распределения реагента в крупных объемах или гомогенизации и т. д. [5]	Определяется технологической задачей
Микроперемешивание для флокуляции [5]: высокоинтенсивное	$G_{\text{сред}} > 50$ Предпочтительно $G = 100 \dots 500$
низкоинтенсивное	$G_{\text{сред}} < 50$ Предпочтительно $G = 5 \dots 20$
По СНиП [4] п. 6.267: — для смесителей с коагулянтами (т. е. микроперемешивание высокоинтенсивное) — то же с флокулянтами — для камер хлопьеобразования, т. е. микроперемешивание низкоинтенсивное: — при отстаивании (с коагулянтами и флокулянтами) — при флотации (с коагулянтами и флокулянтами)	$G_{\text{сред}} = 200$ $G_{\text{сред}} = 300 \dots 500$ $G_{\text{сред}} = 25 \dots 50$ $G_{\text{сред}} = 50 \dots 75$
Перемешивание пневматической аэрацией средней крупностью пузырьков 5 мм при 10 %-ном наполнении воздухом иловой смеси [6]	$G_{\text{сред}} < 200$ $G_{\text{max}} = 8200$



Таблица 3

Определение градиента скорости G (с^{-1}) для зон биологической очистки и мешалок в соответствии с классификатором (см. табл. 2)

Характеристика		Прямоугольный резервуар			Круглый резервуар			Резервуар		
		$L \times B \times H$, м (V , м^3)	P , кВт	G , с^{-1}	$D \times H$, м (V , м^3)	P , кВт	G , с^{-1}	$L \times B \times H$, м (V , м^3)	P , кВт	G , с^{-1}
Низко- скорост- ные	17 мин ⁻¹ , 1,4 м 220 Н	$9 \times 4 \times 3$ (108)* $7,15 \times 4 \times 3$ (86)	0,37 0,37	58,5 65,6	$9,5 \times 3$ (213) $8,2 \times 3$ (158)	0,37 0,37	41,7 48,3	Не представляется возможным разместить, требуется слишком малый резервуар, например $6 \times 4 \times 2,8$ (48)		
	30 мин ⁻¹ , 2,5 м 2270 Н	$34 \times 15 \times 6$ (3060) $30 \times 15 \times 6$ (2700)	2,06 2,06	25,9 27,6	35×6 (5770) 30×6 (4239)	2,06 2,06	18,09 22,00	$33 \times 12 \times 6$ (2376) $28,5 \times 9,5 \times 6$ (1624)	2,06 2,06	29,4 35,6
	47 мин ⁻¹ , 2,5 м 4700 Н	$60 \times 34,5 \times 6$ (12 420) $50,5 \times 30 \times 6$ (9090)	5,3 5,3	20,66 24,15	62×6 (18 105) $53,4 \times 6$ (13 431)	5,3 5,3	17,11 19,86	$135 \times 24 \times 6$ (19 400) $112,5 \times 20 \times 6$ (13 500)	5,3 5,3	16,9 20,2
Высоко- скорост- ные	1400 мин ⁻¹ , 0,21 м 70 Н	$4 \times 1,9 \times 3$ (22,8) $2,7 \times 1,9 \times 3$ (15,39)	0,5 0,5	148,09 180,25	$3,5 \times 3$ (28,8) $2,95 \times 3$ (20,5)	0,5 0,5	131,67 156,17	$8,5 \times 2 \times 1$ (17) $7,3 \times 1,8 \times 0,9$ (11,8)	0,5 0,5	176 210
	475 мин ⁻¹ , 0,580 м 2870 Н	$37 \times 20 \times 7$ (5180) $34 \times 18 \times 6$ (3672)	10,8 10,8	45,66 54,23	$37 \times 7,4$ (7952) $34,5 \times 6$ (5606)	10,8 10,8	36,95 43,89	$63 \times 13 \times 6$ (4914) $56,5 \times 10 \times 6$ (3390)	10,8 10,8	146,9 56,4
	360 мин ⁻¹ , 0,77 м 6440 Н	$71,5 \times 35 \times 6$ (15 015) $57 \times 35 \times 6$ (11 970)	25,95 25,95	41,5 46,5	72×6 (24 400) 61×6 (17 520)	25,95 25,95	32,6 38,48	$150 \times 24 \times 6$ (21 600) $111 \times 21 \times 6$ (13 900)	25,95 25,95	35,2 44

* В числителе указан вариант с первичным отстаиванием, в знаменателе — без него при соответствующих расчетных скоростях 0,28 и 0,25 м/с, динамическая вязкость при $t = 20^\circ\text{C}$ принята 0,001 кг/(м·с)

ла тяги) использовались в качестве исходных данных для описания геометрии резервуаров (варианты: прямоугольный, круглый, "карусельного" типа с оптимальной формой потоконаправляющих перегородок). Рабочая глубина во всех случаях назначалась не более 7 м, градиент G определялся по формуле (1). Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Целью описываемых исследований являлось определение реальных градиентов G в широком диапазоне существующих в настоящее время погружных мешалок мощностью от 0,37 до 25,95 кВт. В ходе исследований подбирались реальные геометрические формы резервуаров (прямоугольный, круглый, с продольной рециркуляцией иловой смеси по "карусельному" типу) и их размеры из условия соответствия производительности (перемешивающей способности) мешалок.

Анализ градиента скорости G (см. табл. 3) соответствует критерию низкоинтенсивного уровня микроперемешивания ($G = 16,9...48,3 \text{ с}^{-1}$, т. е. $G < 50 \text{ с}^{-1}$) при установке низкоскоростных мешалок и грамотном их подборе, т. е. соответствуют величинам типичных G для камер хлопьеобразования с коагулянтами и флокулянтами [4]. Исключается только вариант крайне малых геометрических форм прямоугольных резервуаров $9 (7,15) \times 4 \times 3$ м при $G = 58,5...65,6 \text{ с}^{-1}$. Причина этого — высокие коэффициенты гидравлических сопротивлений горизонтальному потоку в малых формах реактора.

Высокоскоростные мешалки безредукторного типа (со скоростью вращения от 360 до 475 мин⁻¹) для средних и крупных резервуаров соответствуют и незначительно превышают предельные величины G , характерные для камер хлопьеобразования (32,6...56,4 с^{-1}). А это означает, что существуют причины, которые достаточно легко могут "переместить" высокоскоростные мешалки за пределы желаемого диапазона ($G < 50 \text{ с}^{-1}$). Этими причинами являются:

- неграмотная инженерная компоновка зон установки мешалок;
- подбор мешалок для резервуаров с запасом по скорости перемешивания или силе тяги;
- подбор мешалок с низким КПД.

Использование высокоскоростных мешалок с повышенной скоростью вращения (до 710...1400 мин⁻¹) в резервуарах малых геометрических форм влечет за собой увеличение G до 210 с^{-1} при оптимальной расстановке оборудования.

Резервуары круглой формы с устройством в них мешалок характеризуются пониженными гидравлическими потерями, поэтому их энергозатраты на перемешивание меньше. Вследствие этого градиент скорости G для круглых зон биофлокуляции во всех случаях ниже. Самые высокие градиенты скоростей характерны для резервуаров прямоугольных форм.

Увеличение расчетной скорости перемешивания с 0,25 до 0,28 м/с (для зон с/без первичного от-

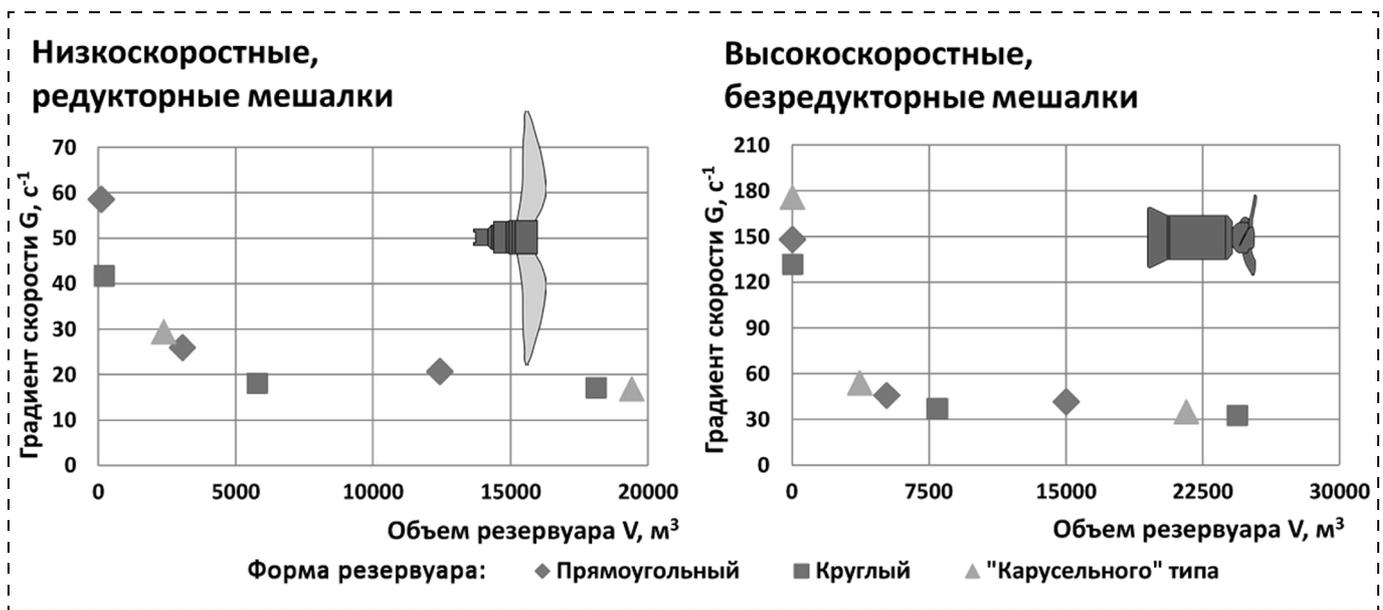


Рис. 3. Зависимость $G \sim f(V)$ для оптимально сконструированных зон перемешивания в схемах очистки с первичным отстаиванием ($v_{\text{ВЗВ}} = 0,25$ м/с)

стаивания) во всех случаях влечет за собой необходимость увеличения G на 12...25 %.

Зависимость $G \sim f(V)$ по материалам табл. 3 для оптимально сконструированных зон перемешивания и варианта схем очистки с первичным отстаиванием ($v_{\text{ВЗВ}} = 0,25$ м/с) представлена на рис. 3. Указанная зависимость для варианта с первичным отстаиванием эмпирически аппроксимируется выражениями:

$G = 170 V^{-0,224}$ (для условий использования низкоскоростных, редукторных мешалок) и $G = 300 V^{-0,215}$ (для условий использования высокоскоростных, безредукторных мешалок).

Аналогичные зависимости можно сформировать также для варианта без первичного отстаивания ($v_{\text{ВЗВ}} = 0,28$ м/с).

Практическое использование мешалок в зонах биоочистки различных геометрических форм: прямоугольной, круглой и "карусельного" типа представлено на рис. 4 (см. 2-ю сторону обложки).

Выводы

1. Разработана методика оценки флокулирующей способности перемешивающих устройств применительно к резервуарам биологической очистки сточных вод со свободновзвешенным активным илом на основе градиента скорости G (с^{-1}), что позволяет оптимизировать подбор мешалок, а также выполнять техническую оценку вариантов перемешивающего оборудования от различных поставщиков и производителей.

2. Впервые определены рабочие диапазоны современных устройств перемешивания для опти-

мальных размеров зон биоочистки в соответствии с критерием градиента скорости G . Поскольку гидродинамические условия в резервуарах и их форма влияют на определение величины градиента G , проектирование зон биоочистки следует выполнять не только с учетом кинетических параметров процесса, но и с учетом гидродинамической структуры потока. При сравнении вариантов подбора мешалок следует учитывать, что варианты с повышенными градиентами G более энергозатратны в эксплуатации, а стоимость потребляемой электроэнергии может существенно превосходить разницу в капитальных (инвестиционных) затратах на приобретение оборудования.

Опыт применения многочисленных мешалок в современных процессах очистки сточных вод свидетельствует об отсутствии их негативного влияния на седиментационные характеристики и хлопьеобразование активного ила. Общие градиенты скоростей G определяют достаточно мягкие режимы хлопьеобразования при оптимизации подбора мешалок. Локальные градиенты G непосредственно в зоне установки мешалок требуют дополнительных исследований (привлечение средств компьютерного анализа CFD, математическое решение уравнения Навье-Стокса для данной зоны). Однако высокие окружные скорости мешалок позволяют полагать, что дробление хлопка в этих зонах возможно, но носит положительный характер, так как позволяет переформировать хлопок активного ила с отводом мутагенных накоплений и снижением диффузионных ограничений. Формирование новых активных



хлопков (т. е. флокуляция) происходит достаточно быстро (3...10 мин) вследствие благоприятных общих значений градиентов G и постоянного синтеза бактериальными клетками биополимеров (полисахаридов, протеинов, нуклеиновых кислот).

Список литературы

1. Вейцер Ю. И., Минц Д. М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. — М.: Стройиздат, 1984.
2. Шеломков А. С., Захватаева Н. В., Никифорова Л. О. Дзета-потенциал активного ила как показатель его состояния. Проекты развития инфраструктуры города. Вып. 5. Модели-

рование и анализ объектов городских инженерных систем // Сб. научных трудов МосводоканалНИИпроект. — М.: Прима-Пресс-М, 2005.

3. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. — М.: Наука, 2005.
4. СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения. — М., 1999.
5. Polasek P. Differentiation between different kinds of mixing in water purification — Back to basics // Water SA. — Vol. 33. — April, 2007.
6. Metcalf & Eddy, 2004. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse, 4-th edition. McGraw-Hill Professional, Boston, Massachusetts, 2003.
7. ISO 21630:2007. Standart for mixer performance testing. International organization for Standartization.

УДК 504.4.054:625.7:519.8

О. А. Иващук, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Орловский государственный аграрный университет

Модельная оценка и оптимизация негативного воздействия поверхностного стока автодорог на природные водные объекты (на примере Орловского региона)

Рассмотрены результаты разработки и применения для оценки, прогнозирования и оптимизации загрязненности поверхностного стока с автодорог банка математических моделей, включающего нейросетевые комплексы и программные M-функции, построенные по результатам комплексного экологического мониторинга, проведенного на автодорогах г. Орла.

Ключевые слова: *поверхностный сток автодорог, потоки автотранспорта, негативное воздействие на водные объекты, оценка, прогнозирование, оптимизация, математические модели.*

Ivaschuk O. A. *The modeling estimation and optimization of negative impact of a superficial drain of motorways on the natural water object (on an example of the Oryol region).*

In clause results of development and application for the estimation, forecasting and optimization of impurity of a superficial drain from motorways of bank of mathematical models, including neural networks complexes and the program M-functions, constructed by results of complex ecological monitoring, lead on motorways of the Oryol city are considered.

Keywords: *superficial drain of motorways, motor transport stream, negative impact on the water object, estimation, forecasting, optimization, mathematical models.*

Введение

Автодороги являются одним из основных источников больших объемов поверхностных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами (НП) и взвешенными веществами (ВВ), которые в большинстве случаев как при организованном сбросе (через ливневую канализацию), так и при неорганизованном, без какой-либо очистки попадают в природные водные объекты.

Так, например, на всех автодорогах г. Орла, а также на большей части спусков ливневой канализации в его реки (всего их 41) отсутствуют очистные сооружения. При этом на территории Орловского региона протекает более 2000 рек различной протяженности, которые оказывают значительное влияние на геохимический режим ряда крупных водных артерий Европейской части РФ и Украины. Здесь формируется поверхностный сток бассейнов рек Волги (реки Оки и ее притоков), Дона (реки Сосна и ее притоков) и Десны — главного притока реки Днепр (рек Неруссы, Навеля и их притоков).

Гидрохимическая информация и состояние экосистем водных объектов на территории области показывают, что в большей части они не способны выполнять свою основную функцию — поддерживать сложившиеся в результате длительной эволюции



биологическое разнообразие и равновесие [1]. В поверхностных водных объектах отмечается повышенное содержание ВВ, нитритов, меди, никеля, железа и т. д. Если на протяжении 1990-х и начала 2000-х гг. содержание НП в реках рассматриваемого региона было нормативно устойчивым, то с 2002 г. отмечается превышение ПДК в 30...45 % отобранных проб [1]. Нефтепродукты при попадании со сточными водами в водные объекты вызывают глубокие изменения в составе водных биоценозов. Все водные организмы, где бы они ни обитали, испытывают на себе отрицательное воздействие НП.

Постановка задачи и методы исследования

Методы оценки и прогнозирования качества природных сред делятся на две основные группы: экспериментальные и теоретические. Первые (натурные замеры и лабораторные исследования) дают наиболее реалистичную оценку сформированного на данный момент уровня экологической опасности. Эффективность данного подхода обуславливается наличием современной материально-технической базы, обеспечением методиками и аппаратурой для слежения в режиме реального времени. Однако экспериментальные методы исследования часто являются дорогостоящими, кроме того, могут возникнуть ситуации, когда их в силу ряда причин провести просто невозможно. Следует также особо отметить, что данные методы не позволяют *прогнозировать* изменение состояния природной среды при варьировании параметрами источника техногенного воздействия (или внешними параметрами). В этом случае наиболее удобным и эффективным является применение теоретических методов исследования: расчетных методик и рекомендаций, а для высокоточного прогнозирования и определения оптимальных управляющих воздействий — специализированных математических моделей (ММ) и соответствующих им компьютерных программ.

Задача заключалась в построении адекватных ММ, позволяющих проводить:

- оценку и прогноз концентрации НП и ВВ в поверхностном стоке с определенного участка автодороги в зависимости от параметров потока автотранспорта и размеров участка;
- определение параметров потока автотранспорта (интенсивности и состава по типу автомобилей), обеспечивающих требуемые значения концентрации загрязнений в поверхностном стоке;
- оценку и прогноз фактического сброса НП и ВВ с поверхностным стоком с данного участка автодороги.

Несмотря на адекватность многих физико-химических процессов, имеющих место в процессе загрязнения водной среды, до сих пор не разработана единая схема накопления и распространения вредных примесей. Необходимость учета множества факторов, сложность оценки динамики вещества самой среды в зависимости от метеорологических и гидрологических условий исключают возможность создания универсальной теоретической ММ и определяют направление развития методологии математического моделирования в этой области в сторону построения специализированных прикладных моделей. Наиболее рациональным является использование эмпирического подхода, основанного на анализе фактических результатов. Этот способ лежит в основе гибкого *информационного моделирования*.

Пусть X — вектор, компоненты которого соответствуют количественным свойствам рассматриваемого процесса, ω — вектор количественных свойств внешних воздействий. Отклик процесса может быть описан в виде некоторой (неизвестной) вектор-функции $F: Y = F(X, \omega)$, где Y — вектор отклика. Задачей информационного моделирования является идентификация рассматриваемого процесса, состоящая в нахождении функционального отношения, алгоритма или системы правил в общей форме $Z = G(X, \omega)$, ассоциирующей каждую пару векторов (X, ω) с вектором Z таким образом, что Z и Y близки в некоторой метрике, отражающей цели моделирования. Работа с информационной моделью представляет собой компьютерный эксперимент.

Был проведен анализ имеющихся расчетных методик, рекомендаций и различных методов моделирования. В последнее десятилетие при построении в различных областях науки информационных моделей все чаще применяются методы моделирования, основанные на интеллектуальных технологиях. Это технологии искусственного интеллекта, имитирующего природные процессы, такие как деятельность нейронов мозга (искусственные нейронные сети — ИНС, нечеткая логика) или процесс естественного отбора (генетические алгоритмы). С помощью этих технологий осуществляется интеллектуальный анализ данных, который является сферой пересечения человеческих знаний, машинного обучения, математического моделирования и баз данных (БД). В результате удается извлечь из различных БД ранее неизвестную и при этом достоверную информацию, которая служит основой для принятия решений.

В традиционных эмпирических методах моделирования, таких как регрессионный анализ, иссле-

дователь сам априорно выдвигает гипотезы о виде зависимости между данными. Это относится и к современным средствам установления зависимостей, например, оперативной аналитической обработке данных. Реально же ситуация, когда заранее можно указать форму регрессионной модели, полностью соответствующей исследуемому процессу, встречается весьма редко. В большинстве случаев адекватную модель приходится подбирать методом проб и ошибок. В основе вышеуказанных методов, используемых при интеллектуальном анализе данных, лежит идея установления адекватной зависимости без необходимости формулирования гипотезы о ее конкретном виде.

Зарубежные и отечественные исследования показали перспективность использования ИНС для построения информационных ММ при решении многих прикладных задач, таких как моделирование отклика процесса на внешнее воздействие, классификация состояний процесса, прогноз динамики его изменения, оптимизация параметров процесса и адаптивное управление. Нейрокомпьютерные технологии были успешно применены с участием автора при разработке имитационных моделей для управления качеством и обеспечения экологичности технологических процессов ремонтного производства [2].

Алгоритм построения нейросетевых моделей оценки прогнозирования и оптимизации поверхностного стока автодорог

Поставленная для решения задача оценки и прогнозирования уровня загрязненности поверхностного стока, стекающего с автодорог, относится к классу прямых задач: по известным значениям векторов X и ω определяется выход Y . Нейросетевой подход позволяет построить соответствующую информационную модель с любым заданным исследователем количеством входных и выходных параметров, проводить на ее основе компьютерный эксперимент при варьировании также любым количеством (в том числе всем набором) входных параметров.

Одной из важнейших особенностей ИНС является наличие внутренних регуляризирующих свойств, позволяющих получать малые ошибки обобщения (прогноза). Это наиболее существенно в ситуациях, когда экспериментальные данные о процессе содержат внутреннюю избыточность. Нейросетевая модель сжимает экспериментальную информацию, устраняя шумовые компоненты и подчеркивая непрерывные гладкие зависимости.

Задача определения параметров потока автотранспорта по заданным значениям концентраций загрязнений в поверхностном стоке относится к классу *обратных задач*: получение неизвестных компонентов входного вектора X , соответствующих требуемым значениям выходов Y (при известном ω). Решение обратных задач связано с осуществлением оптимального управления для снижения негативного воздействия рассматриваемого техногенного источника на водную среду (при вариации параметрами, характеризующими функционирование источника).

Отличительная особенность обратных задач — частое выявление их некорректной постановки, определяемой неустранимой неоднозначностью обратной функции. В этом случае представляет интерес возможность их частичной регуляризации. Внутренние регуляризирующие особенности ИНС позволяют решать обратные задачи с локальной оценкой точности.

Автором разработаны и обоснованы методы решения задач оценки и прогнозирования уровня загрязненности поверхностного стока с автодорог (прямых задач), а также задач определения оптимального управляющего воздействия на факторы, формирующие этот уровень (обратных задач), на основе ИНС. Построен универсальный алгоритм, показанный на рис. 1. На шаге 1 данного алгоритма проводится выбор параметров ММ, планирование экспериментов и сбор необходимой информации.

В поставленной задаче для моделирования определены следующие параметры: *составляющие вектора X* — характеристики потока автотранспорта, а именно его интенсивность (N , авт/ч), процент грузовых автомобилей и автобусов в потоке ($Q_{г.авт}$, %), скоростной режим (v , км/ч), а также геометрические характеристики проезжей части, такие как длина перегона s (м) и ширина участка дороги l (м); *составляющие вектора Y* — концентрация НП и ВВ в дождевых водах, стекающих с полотна автодороги в первые 10...20 мин после их образования ($C_{дж}^{НП}$, мг/л, $C_{дж}^{ВВ}$, г/л), и в талых водах в период активного снеготаяния ($C_{тал}^{НП}$, мг/л, $C_{тал}^{ВВ}$, г/л).

В результате реализации шага 1 создается БД наблюдений, на основе которой на шаге 2 формируются обучающая и тестовая выборки с числом примеров и требуемых ответов $N_{об}$ и $N_{тест}$ соответственно. Они используются для последующего обучения ИНС с оценкой ошибки ее обучения $E_{об}$ и для оценки прогностических возможностей по-

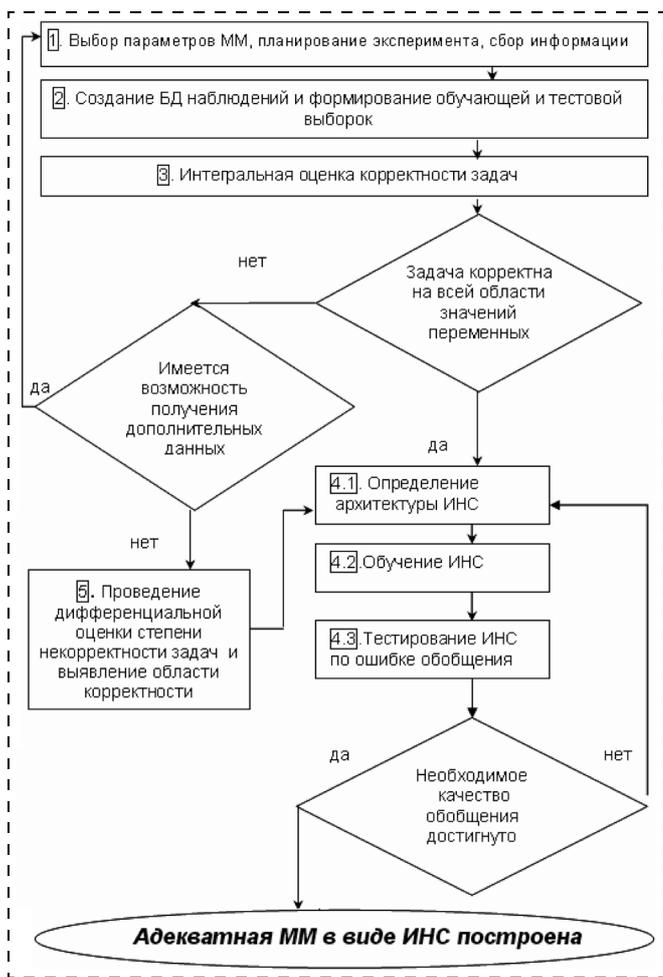


Рис. 1. Алгоритм решения задач оценки, прогнозирования и оптимизации загрязненности поверхностного стока автодорог на основе нейрокомпьютинга

строенной и обученной ИНС по ошибке обобщения (прогноза) $E_{пр}$.

На шаге [3] в предлагаемом алгоритме проводится интегральная оценка корректности задачи: исследуется корректность задачи на всей области значений параметров (входных и выходных), используемых для построения ММ (пусть число таких параметров равно M). Предварительно определяется топология ИНС с прямой передачей сигнала и обратным распространением ошибки [3] с большим количеством (предельным согласно расчетам) промежуточных нейронов, чтобы полученная ошибка была связана только с некорректностью задачи. Далее реализуется следующий цикл из m шагов ($m = 1, \dots, M$):

— последовательно выбирается $(M - 1)$ параметров из M , включенных в ММ, которые считаются известными (они подаются на вход), а оставшийся считается неизвестным (является выходом);

— для каждой m -й мини-задачи проводится обучение ИНС. Определяется $E_{об.m}$ как процент среднего квадрата ошибки, т. е.

$$E_{об.m} = \sum_{q,n} \frac{N_{вых} N_{об}}{N_{вх} N_{об}} (y_{q,n} - d_{q,n})^2 \frac{100\%}{N_{вх} N_{об}}, \quad (1)$$

где $y_{q,n}$ — вычисленное состояние q -го нейрона выходного слоя ИНС при подаче на ее входы n -го образа; $d_{q,n}$ — требуемый выход этого нейрона; $N_{вх}$, $N_{вых}$ — входные и выходные параметры. Суммирование ведется по всем нейронам выходного слоя и по всем обрабатываемым сетью образам, число которых при обучении равно размерности обучающей выборки $N_{об}$.

Если указанная ошибка мала (до 10 %) на всей области значений параметров, т. е. для всех M тестируемых мини-задач, тогда имеется сходимость нейросетевой аппроксимации и диагностируется корректность как прямой, так и обратной задач.

Например, при построении ММ для оценки, прогноза и оптимизации загрязненности дождевых вод, стекающих с автодороги, от попадания НП, варьируемыми параметрами модели, определяющими число M мини-задач, являются N и $Q_{г.авт}$ (компоненты X), $C_{дж}^{НП}$ (компонент Y). Тогда для тестирования на корректность формируется следующие три задачи:

- ВХОД (N , $Q_{г.авт}$, v , s , l) → ВЫХОД ($C_{дж}^{НП}$);
- ВХОД ($C_{дж}^{НП}$, $Q_{г.авт}$, v , s , l) → ВЫХОД (N);
- ВХОД (N , $C_{дж}^{НП}$, v , s , l) → ВЫХОД ($Q_{г.авт}$).

В случае выявления корректности постановки всех задач следует перейти к реализации шагов [4.1]—[4.3] для построения интересующей исследователя адекватной нейросетевой ММ. На шаге [4.1] определяется архитектура ИНС: число скрытых слоев и число синоптических весов, т. е. нейронов в них; вид используемых нейронов (число входов и функция активации); способ соединения нейронов между собой. На шаге [4.2] выбирается метод обучения ИНС и проводится непосредственно процесс обучения. На шаге [4.3] происходит изучение ошибки обобщения $E_{пр}$ построенной и обученной ИНС исходя из априорных теоретических соображений о ее сложности или на основе прямых вычислений с использованием специально отобранной на шаге [2] группы данных — тестовой выборки. При недостаточном качестве обобщения необходимо вернуться к шагу [4.1]. Можно попытаться уменьшить число

нейронов в скрытых слоях ИНС и применить алгоритмы удаления наименее значимых связей, а также принципиально изменить архитектуру ИНС или выбрать другой алгоритм ее обучения.

При получении на шаге [3] неприемлемо большой ошибки обучения диагностируется некорректная постановка соответствующей задачи. Как указано выше, в основном, некорректными являются обратные задачи из-за отсутствия однозначности обратной зависимости. Однако при наличии "шума" (случайных компонент) в значениях входного вектора имеется целое "облако" решений прямой задачи, размер которого пропорционален величине "шума". В результате нарушается единственность решения, и задача становится некорректно поставленной.

В подобном случае следует рассмотреть возможность получения дополнительных данных или изменения (количественно и/или качественно) состава параметров ММ. В результате произойдет изменение и/или дополнение БД наблюдений и, соответственно, обучающей и тестовой выборок. Таким образом, будут повторно реализованы шаги [1]–[3]. Если это невозможно, то реализуется шаг [5] для дифференциальной оценки степени некорректности задачи.

На шаге [5] проводится кластерный анализ данных (например, на основе самоорганизующихся карт [3]), оценивается распределение ошибок обучения в пространстве параметров ММ и определяются локальные области, для которых задача поставлена корректно. Далее именно на данных, относящихся к выявленным локальным областям корректности задачи, строится система малых экспертов — многослойных ИНС с обратным распространением (каждая использует данные отдельных кластеров) или строится более укрупненная оценка на основе ИНС встречного распространения [3]. Для получения требуемой адекватной ММ с хорошими прогностическими возможностями также осуществляются этапы [4.1]–[4.3].

Результаты экомониторинга и моделирования

Для создания БД, необходимых для разработки конкретных адекватных ММ в рамках общественного экомониторинга (2004–2007 гг.), регулярно осуществлялся сбор проб сточных вод, а именно дождевых вод (в период с мая по ноябрь) и талых вод (в период активного снеготаяния в марте–апреле). Определялись следующие показатели: концентрация НП и ВВ в дождевых водах, стекающих с полотна автодороги (в первые 10...20 мин после их обра-

зования), и в талых водах (в период активного снеготаяния) — $C_{\text{дж}}^{\text{НП}}$ (мг/л), $C_{\text{дж}}^{\text{ВВ}}$ (г/л), $C_{\text{тал}}^{\text{НП}}$ (мг/л), $C_{\text{тал}}^{\text{ВВ}}$ (г/л) соответственно. Химический анализ проводился с привлечением оборудования специализированных лабораторий.

Параллельно с отбором проб делались натурные замеры параметров потоков автотранспорта: интенсивность N (авт/ч), доля грузовых автомобилей и автобусов в потоке $Q_{\text{г.авт}}$ (%), скоростной режим v (км/ч), а также регистрировались геометрические характеристики проезжей части: длина перегона s (м), ширина дороги l (м), уклон дороги α (‰).

Для визуализации и пространственного анализа результатов натурных замеров с использованием средств геоинформационных технологий были разработаны специализированные ГИС-слои и соответствующие электронные карты, вошедшие в состав атласа "Загрязнение окружающей среды г. Орла при движении потоков автотранспорта по автодорогам" [4]. На рис. 2 и 3 (см. 3-ю и 4-ю стр. обложки) показаны некоторые из электронных карт.

Разработан информационно-аналитический комплекс "Расчет и оптимизация загрязненности поверхностного стока с автодорог" [5]. В его состав входят пять нейросетевых моделей и пять программных M -функций.

Построение ММ в виде обученных ИНС проводилось в среде *Neural Networks Toolbox* (приложение *MATLAB*). Для тестирования на корректность соответствующих прямых и обратных/комбинированных задач был выбран тип сети с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки. Конкретная архитектура каждой ИНС определялась путем построения и последующей проверки на адекватность и предсказательные способности большого количества различных ИНС, в которых варьировалось число слоев, число нейронов в скрытых слоях, изменялись функции активации слоев. Обучение ИНС проводилось с использованием различных обучающих методов.

Результаты исследований представлены в табл. 1 (L_1 , L_w/L — число слоев, число весов ИНС/число нейронов в скрытых слоях соответственно; mse — критерий средней квадратичной ошибки, минимизируемой в процессе обучения ИНС; R^2 — коэффициент детерминации; $\bar{A}_{\text{об}}$, $\bar{A}_{\text{пр}}$ — средняя ошибка аппроксимации на обучающей и тестовой выборке соответственно). Первый столбец табл. 1 содержит название ИНС (соответствующей ММ) и профиль, которым описывается архитектура ИНС. Например, запись профиля 5-12-1 означает: разра-



Таблица 1

Анализ нейросетевых математических моделей

Название ИНС/ архитектура	Входы ИНС	Выходы ИНС	$N_{об}/$ $N_{тест.}$	L_l	L_w/L	mse	$R^2, \%$	$\bar{A}_{об.} \%$	$\bar{A}_{пр.} \%$
NN_VODA_NP 5-12-1	$N, Q_{г.авт}, V, s, l$	$C_{дж.}^{НП}$	184/36	2	78/13 (12 + 1)	$1,05 \cdot 10^{-6}$	99,8	0,35	2,60
NN_VODA_VV 5-12-1	$N, Q_{г.авт}, V, s, l$	$C_{дж.}^{ВВ}$	184/36	2	78/13 (12 + 1)	$1,35 \cdot 10^{-5}$	99,6	1,15	3,60
NN_VODA 5-10-2	$N, Q_{г.авт}, V, s, l$	$C_{дж.}^{НП}, C_{дж.}^{ВВ}$	184/36	2	84/12 (10 + 2)	$3,44 \cdot 10^{-5}$	99,5	1,47	4,70
NN_VODA_NP_N 5-12-1	$C_{дж.}^{НП}, Q_{г.авт}, V, s, l$	N	184/36	2	78/13 (12 + 1)	$3,48 \cdot 10^{-6}$	97,8	0,63	4,57
NN_VODA_NP_Q 5-12-1	$N, C_{дж.}^{НП}, V, s, l$	$Q_{г.авт}$	184/36	2	78/13 (12 + 1)	$1,80 \cdot 10^{-6}$	97,8	0,33	4,76

ботанная ИНС имеет 5 входов, 12 нейронов скрытого слоя и один выход. Табл. 1 демонстрирует высокое качество обучения и хорошие прогностические возможности для всех созданных ИНС.

Конкретизируем предназначение каждой из ММ, построенных в виде ИНС. Так, модели с названиями NN_VODA_NP и NN_VODA_VV позволяют проводить оценку и прогнозирование уровня загрязнения дождевых вод, стекающих с полотна автодороги (в первые 19...20 мин после их образования), соответственно НП и ВВ при изменении указанных в таблице входных параметров. NN_VODA — аналогичная модель, но позволяющая одновременно определять концентрации как НП, так и ВВ.

N_VODA_NP_N, NN_VODA_NP_Q — ММ, позволяющие провести оценку значений интенсивности потока автотранспорта N или доли Q в нем грузовых автомобилей и автобусов, которые (при неизменных других параметрах) смогли бы обеспечить требуемые значения концентрации НП в дождевых водах с данного участка автодороги (в первые 10...20 мин после их образования). Результаты имитационных экспериментов, проводимых именно на основе этих ММ, будут формировать альтерна-

тивные сценарии для выработки управляющих воздействий.

Представленные в табл. 1 модели были сохранены в виде M -файлов, а также для повышения удобства использования и скорости расчетов были сформированы соответствующие блочные нейросетевые модели в среде пакета *Simulink*.

На рис. 4 приведена схема функционирования программной конструкции **FS_ZV**, которая создана для расчета объемов фактического сброса НП и ВВ с дождевыми ($\Theta_{дж.}^{НП}, \Theta_{дж.}^{ВВ}$) и с тальными ($\Theta_{тал.}^{НП}, \Theta_{тал.}^{ВВ}$) водами, стекающими с полотна автодороги (при имеющихся данных натуральных замеров или прогнозных значений концентраций этих веществ в поверхностном стоке). При построении **FS_ZV** использовались методические подходы, изложенные в Рекомендациях [6], для условий регионов Центральной России. Параллельно также были разработаны следующие программные функции: **FS_NP** и **FS_VV**, позволяющие проводить расчет фактического сброса только НП или только ВВ (с дождевыми и/или тальными водами) соответственно, а также **FS_dv** и **FS_tv**, позволяющие проводить расчет фактического



Рис. 4. Схема функционирования FS_ZV



Таблица 2

Результаты исследования уровня воздействия потоков автотранспорта на водные объекты

№ п/п участка	Улицы (на которой расположен опытный участок автодороги)	N , авт/ч	$Q_{г.авт}$, %	V , км/ч	s , м	l , м	$C_{д.ж}^{НП}$, мг/л	$C_{д.ж}^{ВВ}$, г/л	$\Theta_{д.ж}^{НП}$, г/ч	$\Theta_{д.ж}^{ВВ}$, кг/ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Колхозная	1112	18	52	1200	10	12,7	3,4	214,0	57,3
2	Брестская	2235	11	35	420	9	17,6	4,5	93,4	23,8
3	Московская	3115	12	57	900	18	22,8	5,7	518,6	129,7

сброса НП и/или ВВ только с дождевыми или только с талыми водами соответственно.

В табл. 2 приведены результаты имитационного эксперимента, проведенного с помощью разработанных ММ для оценки уровня загрязнения поверхностного стока на автодорогах и выявления необходимости его очистки. Для примера рассмотрены три участка дорог различной протяженности (в зоне влияния которых находится жилой комплекс) на улицах г. Орла, пересекающих реки Ока и Орлик. В столбцах 2...6 содержатся усредненные данные натурных замеров параметров потока автотранспорта в дождливые дни (весна 2008 г.), зарегистрированные параметры улично-дорожной сети; в столбцах 7, 8 — данные модельной оценки концентрации НП и ВВ в сточных водах, а в столбцах 9, 10 — фактический сброс этих загрязнений с рассматриваемых участков автодорог.

Проведенный оптимизационный расчет для рассмотренных участков автодорог (на основе моделей $N_VODA_NP_N$, $NN_VODA_NP_Q$) показал, что уменьшение уровня загрязненности поверхностного стока при вариации параметрами потока возможно, но не является рациональным. Так, например, снижение концентрации загрязнений только в 2 раза достигается при прочих неизменных условиях, если пропорционально уменьшить интенсивность потока автотранспорта или снизить количество грузовых автомобилей и автобусов ~ в 3 раза. Проведенная оценка показывает, что для конкретных дорожных условий (см. табл. 2) во время дождя с автодорог города стекают сильно загрязненные сточные воды, требующие очистки перед их сбросом в реки города (так же, как и на ландшафты прилегающих территорий жилого комплекса). Данные по фактическому сбросу могут быть исполь-

зованы для определения предельно допустимого сброса загрязняющих веществ.

Разработанный информационно-аналитический комплекс "Расчет и оптимизация загрязненности поверхностного стока с автодорог" совместно с электронным атласом может эффективно применяться для выработки альтернативных вариантов научно обоснованных управляющих решений в сфере обеспечения экологической безопасности автотранспорта, а именно для снижения его негативного воздействия на водные объекты регионов.

Список литературы

1. **О состоянии** и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году: государственный доклад [Электр. ресурс]. — М., 2006. — 1 электрон, опт. диск (CD-ROM). — Загл. с экрана.
2. **Новиков А. Н.** Компьютерное моделирование технологического процесса восстановления и упрочнения деталей [Текст] / А. Н. Новиков, О. А. Ивашук, Е. В. Дворнов // Известия ОрелГТУ. Сер. "Строительство. Транспорт", 2004. — № 1—2. — С. 88—106.
3. **Оссовский С.** Нейронные сети для обработки и информации [Текст] / С. Оссовский; Пер. с польского И. Д. Руденского. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 344 с.: ил. — ISBN 83-7207-187-X (Польша), ISBN 5-279-02567-4 (РФ).
4. **Ивашук О. А.** Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий [Текст]: Монография / О. А. Ивашук. — Орел: изд-во Орел-ГАУ, 2008. — 244 с.
5. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008614124 Российская Федерация. Расчет и оптимизация загрязненности поверхностного стока с автодорог [Текст] / О. А. Ивашук (RU); заявитель и патентооблад. Орловск. гос. аграрн. ун-т (RU). — № 2008612933, дата пост. 30.06.2008; зарег. в реестре программ для ЭВМ 29.08.2008.
6. **Рекомендации** по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов [Текст]: Министерство транспорта РФ; ФДД: одобрены ФДД Минтранса РФ 26.06.1995; согласованы с Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ 19.06.1995 (03-19/АА.). — М.: Минтранс РФ, 1995. — 56 с.



УДК 582.26 + 578.083 + 549

Е. Н. Филонова, канд. биол. наук, доц.
НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск

О гигиеническом нормировании тяжелых металлов в почвах

Рассмотрены недостатки существующей системы единых национальных нормативов ПДК для почвы. Исследована токсичность ртути и серебра с помощью почвенных водорослей, что поможет в разработке и установлении экологических нормативов для тяжелых металлов в аллювиальных почвах.

Ключевые слова: гигиеническое нормирование, тяжелые металлы, почвенные водоросли, экологические нормативы, предельно-допустимая концентрация (ПДК), аллювиальные почвы, токсичность ртути, токсичность серебра.

Filonova E. N. *On the hygienic fixing of heavy metals in the soil.*

The shortage of existing system of the integrated national standards of soil maximum allowable content is examined. The toxicity of mercury and silver with the help of soil algae has been investigated, to help in the development and establishment of the ecological standards for heavy metals in alluvial soil.

Keywords: *hygienic fixing, heavy metals, soil algae, ecological standards, maximum, allowable content, alluvial soil, toxicity of mercury, toxicity of silver.*

Система экологического нормирования лежит в основе современного законодательства России и других стран мира для регулирования антропогенных нагрузок на окружающую среду, что обеспечивает безопасность среды для человека. Следовательно, данная система является одним из основных инструментов государственной политики в области природопользования и охраны окружающей природной среды.

Первые нормы ПДК для химических веществ в почве были введены в 1980 г. В СССР были установлены ПДК только для 20 загрязняющих почву веществ (из них 9 ПДК по тяжелым металлам). В настоящее время нормы ПДК разработаны почти для 200 веществ, в том числе для 109 — предельно допустимые концентрации и для 70 — ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) [1].

Понятие ПДК для почвы несколько отличается от такового для других сред. ПДК загрязняющих веществ в почве — это максимальная концентрация загрязняющего вещества, которая не вызывает

прямого или опосредованного негативного воздействия на здоровье человека и самоочищающую способность почв. Помимо ПДК в нормировании используют временный норматив — предельное ориентировочно допустимое количество, которое получают расчетным путем. ОДК пересматривают каждые три года или заменяют на ПДК [2].

Существующая в России система единых национальных нормативов ПДК уже давно подвергается критике. Во-первых, в некоторых регионах страны природный фон концентраций тяжелых металлов в почве превышает ПДК в несколько раз. Во-вторых, ПДК универсальны и предлагаются для всех типов почв, что недопустимо, так как опасное воздействие тяжелых металлов зависит и от свойств самой почвы (рН почвы, содержания гумуса и т. д.).

ПДК должны разрабатываться для отдельных регионов, для различных типов почв и с использованием тест-организмов из популяций этих регионов. Токсикорезистентность организмов в разных регионах различается, что связано с климатическими особенностями и геохимическим режимом (буферностью, самоочищающей способностью и т. д.). Адаптированность к фоновому уровню концентраций металлов, скорее всего, закреплена наследственно. Генотипические адаптации — основной механизм приспособления популяций к длительному воздействию факторов окружающей среды [2]. Необходимо дальнейшее исследование и установление ПДК на все тяжелые металлы для почв. Особого внимания требуют самые опасные и токсичные, например ртуть, а также металлы-поллютанты, для которых ПДК еще не установлены, например серебро.

На современном этапе тяжелые металлы (ТМ) считаются приоритетными загрязняющими веществами для различных сред. Они способны проявлять свои токсические действия, попадая во все живое. У животных и человека ТМ взаимодействуют с белками, блокируют различные ферментные системы, нарушают другие физиологические функции организма [2]. Доказано, что ТМ являются для растений протоплазматическими ядами. Например, фитотоксичность ртути и серебра проявляется в изменении проницаемости клеточных мембран, в реакции тиольных групп с катионами [3].

Токсичность особо опасных ТМ — ртути и серебра — волнует альгологов из различных стран мира. Несомненен факт, что исследования с ртутью проводят чаще, чем с серебром. Это связано с тем, что антропогенное поступление ртути в окружающую среду намного опаснее и масштабнее. За прошлое столетие в окружающую среду в результате антропогенной деятельности попало 57 тыс. т этого металла, что почти в 10 раз превышает природное поступление [3]. Из-за быстрых темпов развития цивилизации применение ртути в XX веке стало настолько интенсивным, что за один век было произведено примерно 500 тыс. т металлической ртути. Значительная часть в итоге оказалась в окружающей среде, в результате произошло нарушение биогеохимического цикла ртути с вытекающими отсюда последствиями для людей: болезнь Минамата, болезнь микромеркуриализм. Поэтому ртуть включена в известный "список ЮНЕСКО", где перечислены почти 200 особо опасных химических веществ. ВОЗ также в своих официальных документах предупреждает мировую общественность о токсичности ртути для окружающей среды и живых организмов.

Все изложенное выше, а также перечисленные ниже факты способствовали тому, что автор в своих исследованиях остановился именно на двух ТМ из сорока возможных. На выбор ртути и серебра, во-первых, повлияло то, что эти металлы в почвенной альгологии еще не изучались, а почвенные водоросли как объект исследования имеют ряд преимуществ. Они легко культивируются, характеризуются небольшой продолжительностью жизни, что способствует быстрому выявлению эффектов последствий различных веществ. Водоросли как фототрофы обладают также сходной с высшими растениями реакцией на состояние почвы. Во-вторых, для ряда токсичных металлов еще не разработаны ПДК для почвы (например, для серебра), поэтому для их установления можно использовать ответную реакцию водорослей. Следует отметить, что уже существующие ПДК также не являются убедительными, так как они универсальны и предлагаются для всех типов почв (например, для ртути ПДК в почвах — 2,1 мг/кг). Следовательно, актуально предложение устанавливать нормативы для каждого типа почв в отдельности [3], в том числе и для аллювиальных почв.

Материалом для исследований послужили пробы почвы, отобранные на профиле у истока малой реки Ельцовка-2 г. Новосибирска. Аналитическая лаборатория Геоэкоцентра ГП "Березовгеология" провела полуколичественный эмиссионный спек-

тральный анализ почвенных образцов на ряд тяжелых металлов и абсорбционный анализ на ртуть. Результат свидетельствовал о полном отсутствии серебра в почве. Ртуть присутствовала, но в незначительном количестве (приблизительно соответствовала кларковым значениям по А. П. Виноградову [4]). Поэтому при приготовлении растворов различной концентрации не учитывалось количество ртути, обнаруженное в исследуемых почвах. Кстати, ниже по течению реки Ельцовка-2 в черте г. Новосибирска почвы долины сильно загрязнены ТМ, в том числе ртутью и серебром, например у завода "Экран" и в устье реки.

В модельных опытах в чашки Петри помещали по 30 г почвы, вносили однократно растворы нитрата ртути (II) или нитрата серебра (I) различной концентрации количеством 30 мл. Через две недели один раз полили раствором Кнопа, в дальнейшем только дистиллированной водой, поддерживая необходимую влажность (80...100 %). В следующей группе опытов раствор Кнопа исключили полностью. При выявлении видового состава использовали классический почвенно-альгологический метод чашечных культур со стеклами обрастания [5]. Культуры выращивали в установке "Флора-1". Осмотр покровных стекол начинали через три недели и заканчивали через три месяца, просматривая ежемесячно. Микроскопировали препараты, применяя световой микроскоп "Микмед-1", окуляр $\times 15$, окулярный микрометр $\times 7$, объектив $\times 40$. Оценку обилия вида проводили по 15-балльной шкале [6]. Для выяснения степени токсичности ртути, серебра и их воздействия на почвенные водоросли в модельных опытах использовали коэффициент токсичности (K_T) [7].

Параллельно со всем перечисленным выше были сделаны физико-химические и химические анализы почв. Это необходимо не только для общей характеристики исследуемых почв, но и для оценки их буферной способности по отношению к ТМ. Определяли: температуру и естественную влажность почвы, гранулометрический состав (по методу Н. А. Качинского и по методу М. М. Филатова), количество гумуса (по методу И. В. Тюрина), а также рН водных вытяжек потенциометрически.

Почвенные образцы отбирались на профиле катенного типа, который включал в себя элювиальный (ЭЛЬ), трансэлювиальный (ТРАНСЭЛЬ) и аккумулятивный (АКК) участки. Физико-химические анализы показали, что исследуемые почвы обладают хорошей поглощательной способностью, при-



Таблица 1

Буферность почв долины реки Ельцовка-2 к тяжелым металлам

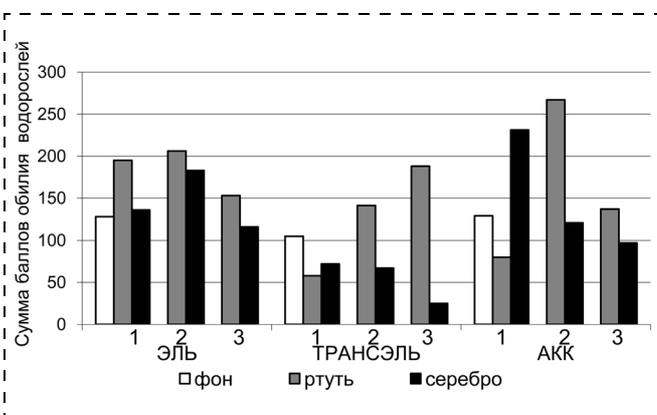
Профиль и участок катены	Содержание гумуса, %	Балл*	Гранулометрический состав	Балл*	pH	Балл*	Сумма баллов
ЭЛЬ	4,90	5	Средний суглинок	10	7,2...7,5	12,5	27,5
ТРАНСЭЛЬ	7,47	6,5	Средний суглинок	10	7,4...7,9	15	31,5
АКК	8,30	8	Средний суглинок	10	7,4...7,8	15	33

* Баллы проставлены по шкале буферности почв к ТМ [8]

чем буферность почв возрастает от элювиального участка к аккумулятивному (табл. 1).

Сначала изучали влияние ртути и серебра (по отдельности) следующих концентраций (С) в почве — 0,7 мг/кг; 2,1 мг/кг и 6,3 мг/кг. На эти концентрации вышли следующим образом: 2,1 мг/кг — это ПДК ртути в почве; 0,7 мг/кг — в три раза ниже экологического норматива; 6,3 мг/кг — соответственно, в три раза выше. По серебру ПДК не установлена, поэтому отталкивались от данных по ртути, сравнивая токсичность этих двух ТМ по различным критериям.

Результаты исследования свидетельствовали, что серебро сильнее воздействовало на почвенные водоросли, т. е. оказалось токсичнее ртути. Например, сумма баллов обилия водорослей с аккумулятивного участка (фоновый показатель — 129) при воздействии ртутью С = 2,1 мг/кг составила 267, по серебру 121 (см. рисунок). При воздействии ртутью С = 6,3 мг/кг, соответственно, 137 и 97 балла. Подобную тенденцию (более активное подавление развития водорослей серебром, а не ртутью) наблюдали на трансэлювиальном и элювиальном участках при С = 2,1 мг/кг и С = 6,3 мг/кг. Однако при самой низкой концентрации металла в почве



Влияние ионов ртути и серебра на обилие почвенных водорослей различных участков катены:

Концентрация металла в почве:

1 — 0,7 мг/кг; 2 — 2,1 мг/кг; 3 — 6,3 мг/кг

(С = 0,7 мг/кг) водоросли активнее развивались при воздействии на них серебра, а не ртути (аккумулятивный и трансэлювиальный участки). По-видимому, на этих участках при минимальной концентрации ртути фиксируется **первая фаза** токсического эффекта этого элемента (развитие водорослей как бы приостанавливается). Так, на аккумулятивном участке при внесении в почву ртути сумма баллов обилия водорослей составляет 80, при внесении серебра — 231 балл; на трансэлювиальном, соответственно, 58 и 72 балла.

Подобное наблюдала Е. А. Прошкина [9], воздействуя на почвенные водоросли медью (С < 25 мг/кг) и цинком (С < 1000 мг/кг). Автор считает, что на этом этапе защитные механизмы еще не "включены" и, соответственно, показатели жизнедеятельности снижаются. Таким образом, если по меди первая фаза токсичности была отмечена при концентрации 12,5 мг/кг, то по ртути, согласно нашим исследованиям, эта цифра составляет 0,7 мг/кг.

Вторая фаза токсического эффекта (наблюдается более активное развитие водорослей, чем в фоновой почве) наступила на всех участках катены при концентрации ртути 2,1 мг/кг и продолжалась при концентрации 6,3 мг/кг. По серебру уже при концентрации 2,1 мг/кг на трансэлювиальном и аккумулятивном участках начиналась **третья фаза** (подавление развития, сумма баллов обилия меньше, чем в фоновой почве), и коэффициент токсичности (K_T) по этому ТМ на аккумулятивном участке составил 0,06. На трансэлювиальном участке серебро проявило свои токсичные свойства активнее ($K_T = 0,36$). При концентрации серебра в почве 6,3 мг/кг вырос и коэффициент K_T (для аккумулятивного участка он составил 0,25, для трансэлювиального приблизился к максимуму 0,76). Однако на элювиальном участке третья фаза регистрировалась только при концентрации серебра в почве 6,3 мг/кг.

Ряд фактов еще могут подтвердить, что серебро токсичнее ртути. При концентрации серебра в почве 6,3 мг/кг ни в одной пробе желто-зеленые водоросли не обнаруживались, хотя по ртути этого ска-

Таблица 2

Изменение суммы баллов обилия водорослей при воздействии ТМ концентрацией в почве 6,3 мг/кг

Отдел	ЭЛЬ			ТРАНСЭЛЬ			АКК		
	Ф*	Hg*	Ag*	Ф	Hg	Ag	Ф	Hg	Ag
Суанophyta (сине-зеленые)	115	131	89	69	62	7	100	70	27
Vacillariophyta (диатомовые)	8	9	6	1	79	0	0	3	2
Xanthophyta (желто-зеленые)	0	0	0	18	9	0	1	34	0
Chlorophyta (зеленые)	5	13	21	17	38	18	28	30	68
Всего:	128	153	116	105	188	25	129	137	97

* Ф — фон (развитие водорослей без внесения металлов в почву);
 Hg — развитие водорослей при внесении ртути;
 Ag — развитие водорослей при внесении серебра.

зять нельзя (табл. 2). Уже доказано, что желто-зеленые очень чувствительны к присутствию ТМ в почве [10], и их полное отсутствие подтверждает, что данная концентрация серебра вышла за пределы зоны толерантности *Xanthophyta*. При этой концентрации серебра наблюдалось и резкое угнетение развития сине-зеленых. На всех участках катены сумма баллов обилия упала по сравнению с фоном в 1,3—10 раз (особенно на трансэлювиальном и аккумулятивном участках). Однако ртуть подавляла развитие *Суанophyta* незначительно (на аккумулятивном участке в 1,4 раза, на трансэлювиальном в 1,1 раза, а на элювиальном даже несколько стимулировала развитие сине-зеленых водорослей).

Показательна реакция водорослей из отдела *Chlorophyta*. В пробах с элювиального и аккумулятивного участков зеленые активно развивались по сравнению с фоном, и показатели сумм баллов обилия по серебру приблизительно в 2 раза выше данных по ртути (см. табл. 2). На трансэлювиальном участке при воздействии серебром практически всю функциональную нагрузку взяли на себя *Chlorophyta* (сумма баллов зеленых водорослей в 2,6 раза больше, чем сине-зеленых). Подобное прослеживалось и на аккумулятивном участке. Изложенное выше в очередной раз подтвердило, что *Chlorophyta* обладают высокой устойчивостью в отношении ТМ.

Исследование биологических спектров и доминантного комплекса также доказало, что серебро для почвенных водорослей токсичнее ртути. Проанализировав данные лабораторного эксперимента, получили фактический материал, подтверждающий большую альготоксичность ионов серебра (Ag^+), чем ионов ртути (Hg^{2+}). Причем результаты экспе-

римента показали, что почва с элювиального участка была менее стрессирована в результате воздействия ТМ, чем почвы с аккумулятивного и трансэлювиального участков. Следовательно, почва с элювиального участка обладает лучшими буферными способностями, хотя если посмотреть данные табл. 1, то можно увидеть, что все наоборот: буферность почвы увеличивается от ЭЛЬ к АКК. Тем не менее это объяснимо. Известно, что гранулометрический состав почв является ведущим фактором, который определяет геохимическое поведение ТМ [10]. Гранулометрический состав почв профиля у истока р. Ельцовка-2 показал, что почва с элювиального участка более липкая, тяжелая (содержит больше физической глины, чем почвы с других участков катены). По методу М. М. Филатова она определялась как тяжелый суглинок, по методу Н. А. Качинского как средний суглинок. Таким образом, проведенный на почвенных водорослях эксперимент доказал, что в инактивации избыточных ионов ТМ принимают активное участие тонкодисперсные частицы. Хорошо известно, что чем больше в почве физической глины, тем активнее работают защитные механизмы почвы [11, 12 и др.]. Это удалось пронаблюдать в почвах с элювиального участка.

Далее провели очередной лабораторный эксперимент с целью выяснения зон толерантности почвенных водорослей по отношению к особо токсичным ТМ — ртути и серебру. Причем в этот раз **исключили влияние "стимула роста" (раствор Кнопана не использовали)**. Эксперимент ставили только на почве с аккумулятивного участка с профиля у истока р. Ельцовка-2. Исследовали влияние ртути и серебра девяти концентраций: 0,7; 2,1; 6,3; 12; 20; 50; 100; 150; 200 мг/кг. Ранее уже пытались выйти на границы предела выносливости почвенных водорослей по отношению к ртути и серебру, исследуя концентрации — 700; 2100 и 6300 мг/кг. И только в опытах с ртутью $C = 700$ мг/кг наблюдали мацерированные клетки зеленых водорослей и несколько экземпляров диатомовой водоросли *Hantzschia amphioxus* в нормальном подвижном состоянии. Проростки высших растений в чашках Петри во всех случаях отсутствовали полностью.

Проведенный эксперимент показал, что даже исследованная максимальная концентрация по ртути и серебру 200 мг/кг не является пределом выносливости почвенных водорослей в элювиальных почвах с хорошими буферными способностями. Можно предположить, что этот предел находится по серебру в районе от 200 до 700 мг/кг, а по ртути превышает 700 мг/кг. Однако результаты лабора-



Таблица 3

Влияние ртути и серебра различной концентрации на почвенные водоросли в аллювиальных почвах

ТМ	Концентрация, мг/кг								
	0,7	2,1	6,3	12	20	50	100	150	200
Hg	0*	0,13**	0,45	0,15	0,53	0,21	0,04	0,09	0,46
Ag	0	0,26	0,15	0,55	0,26	0,27	0,18	0,74	0,53

* Данная концентрация не токсична.
 ** Цифры — коэффициент токсичности K_T .

торного эксперимента без раствора Кнопа очередной раз доказали, что для почвенных водорослей серебро более токсично, чем ртуть. Подтверждается это рядом факторов. Сначала остановимся на коэффициенте токсичности (K_T), учитывая все исследованные концентрации (табл. 3). Только в двух случаях из девяти ($C = 6,3$ и 20 мг/кг) ртуть активнее проявляла токсичные свойства по сравнению с серебром, и коэффициент K_T имел более высокие значения. Во всех остальных случаях лидировало по токсичности серебро. При концентрации $0,7$ мг/кг и ртуть, и серебро стимулировали развитие водорослей.

Резкие скачкообразные изменения коэффициента токсичности свидетельствуют о сложном механизме, который контролирует и регулирует данную ситуацию. Подобный механизм работает в экосистеме любого ранга и масштаба. Поддерживая внутреннее динамическое равновесие, он помогает природным системам противостоять разрушению. Действующие звенья механизма — это все живые и неживые компоненты экосистемы. В нашем случае (в моделированной экосистеме) — это почвенные

водоросли, простейшие, высшие растения (мох), гумус, глинистые частички почвы и т. д. Их стратегия одна — снизить негативный фактор, т. е. уменьшить влияние ТМ. Это удается сделать даже при концентрации ТМ в почве 200 мг/кг.

Большая альготоксичность серебра наблюдается, если сравнить сумму баллов обилия почвенных водорослей из различных отделов (табл. 4). Например, в почвах с ртутью сине-зеленые водоросли (менее выносливые по отношению к ТМ) активнее развивались по сравнению с зелеными (более выносливые к ТМ) при $C = 0,7; 2,1; 6,3; 12$ мг/кг, причем сумма баллов обилия *Cyanophyta* выше *Chlorophyta* в несколько раз и колеблется от $1,5$ до $4,4$ раза. Подобное наблюдалось в фоновом образце (разница в $4,4$ раза), но в опытах с серебром только при самой низкой концентрации $C = 0,7$ мг/кг в пробах активнее развивались сине-зеленые водоросли. Далее при $C = 2,1; 6,3; 12$ мг/кг разница сумм баллов обилия сине-зеленых и зеленых водорослей незначительна, т. е. в альгогруппировках при воздействии серебром уже при $C = 2,1$ мг/кг увеличивается нагрузка на более толерантные к ТМ *Chlorophyta*. При концентрации 20 мг/кг и выше в пробах и с ртутью, и с серебром в подавляющем большинстве присутствуют зеленые водоросли.

Учитывая данные экспериментов, можно сделать вывод, что ПДК по серебру в аллювиальных почвах (или в почвах на аллювиальных отложениях) не должна превышать 2 мг/кг. Кстати, по данным некоторых источников [11], концентрация серебра в почве 2 мг/кг также считается предельной в отношении фитотоксичности. Этот факт рекомендуется учитывать при разработке и установлении экологического норматива на данный металл.

Таблица 4

Изменение суммы баллов обилия водорослей при воздействии ртути и серебра различной концентрации

Отдел	Фон	Концентрация, мг/кг								
		0,7	2,1	6,3	12	20	50	100	150	200
Cyanophyta	128	$\frac{136^*}{112}$	$\frac{83}{61}$	$\frac{59}{66}$	$\frac{102}{39}$	$\frac{36}{30}$	$\frac{77}{53}$	$\frac{39}{28}$	$\frac{64}{25}$	$\frac{15}{28}$
Bacillariophyta	0	$\frac{1}{15}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{0}{5}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{0}{35}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{20}{7}$	$\frac{13}{1}$	$\frac{0}{13}$
Xanthophyta	3	$\frac{2}{35}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Chlorophyta	29	$\frac{31}{46}$	$\frac{54}{53}$	$\frac{29}{65}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{40}{54}$	$\frac{50}{63}$	$\frac{94}{96}$	$\frac{69}{16}$	$\frac{72}{35}$
Всего:	160	$\frac{170}{208}$	$\frac{140}{118}$	$\frac{88}{136}$	$\frac{136}{72}$	$\frac{76}{119}$	$\frac{127}{117}$	$\frac{153}{131}$	$\frac{146}{42}$	$\frac{87}{76}$

* В числителе данные по ртути, в знаменателе — по серебру.

ПДК по ртути для аллювиальных почв (слабощелочных, с высокими или средними показателями физической глины и гумуса) может быть установлен в 2—3 раза выше уже существующей: в России для всех типов почв ПДК по ртути составляет 2,1 мг/кг.

Все изложенное выше доказывает, что для почвенных водорослей серебро токсичнее ртути. Хотя в литературе есть и противоположные данные. Например, В. А. Кобзев [13] приводит ряд токсичности металлов для микроорганизмов, где ртуть токсичнее серебра: $Hg > Ag > Cd > Pb > Cu > Co > Ni > Zn$. А. И. Фазлутдинова [14] также отходит от этих данных. Согласно ее эксперименту, проведенному на диатомовых водорослях, токсичность цинка больше, чем никеля. Причем автор считает, что для полной оценки токсичности ТМ необходимо учитывать и форму кислотного остатка. Автор данной публикации придерживается того же мнения. В нашем случае использовались растворы $AgNO_3$ и $Hg(NO_3)_2$ — соли азотной кислоты, которые по таблице растворимости хорошо растворяются в воде и имеют кислую среду. Однако широко известны антисептические свойства катиона Ag^+ , например, в составе коллоидных золей или в растворе $AgNO_3$, хотя само металлическое серебро малоактивно [15]. Скорее всего, поэтому серебро проявило более активно свои альготоксичные свойства. Несомненно, полученные данные требуют проверки результатов на других живых организмах, так как альгологический метод позволяет быстро дать только ориентировочную оценку фитотоксичности каких-либо химических веществ, субстратов и т. д.

Подводя итог, можно отметить следующее. Во-первых, если вносить в почву водные растворы солей в виде нитратов, то ионы Ag^+ проявляют большую альготоксичность, чем ионы Hg^{2+} . Во-вторых, если исследованные аллювиальные почвы обладают хорошими буферными способностями (слабощелочные, с высокими или средними показателями

физической глины и гумуса), то ПДК по серебру не должна превышать 2 мг/кг, а ПДК по ртути может быть установлена в 2—3 раза выше уже существующей.

Список литературы

1. **Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П.** Экология. — М.: Дрофа, 2003. — 624 с.
2. **Никаноров А. М., Хоружая Т. А.** Экология. — М.: Изд-во ПРИОР, 1999. — 304 с.
3. **Лозановская И. Н., Орлов Д. С., Садовникова Л. К.** Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. — М.: Высш. шк., 1998. — 287 с.
4. **Виноградов А. П.** Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. — 1962. — № 7. — С. 555—571.
5. **Голлербах М. М., Штина Э. А.** Почвенные водоросли. — Л.: Наука, 1969. — 228 с.
6. **Кабилов Р. Р., Шилова И. И.** Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых и промышленных отходов в условиях крупного промышленного города // Экология. — 1990. — № 5. — С. 10—18.
7. **Кузяхметов Г. Г.** Альгологическая оценка токсичности препаратов меди в серой лесной почве и черноземе выщелоченном // Почвоведение. — 1998. — № 8. — С. 968—973.
8. **Ильин В. Б.** Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. — 1995. — № 10. — С. 109—113.
9. **Прошкина Е. А.** Влияние тяжелых металлов на сообщества почвенных и эпифитных водорослей: Автореф. дис. ... к. б. н. — Уфа, 1997. — 21 с.
10. **Рождественская Т. А.** Тяжелые металлы в аллювиальных почвах бассейна верхнего Аля (Западный Алтай) // Биология — наука XXI века: 6-я Пушкинская школа-конференция молодых ученых (Пушино, 20—24 мая 2002 г.): Сб. тез. — Т. 3. — Тула: Изд-во ТГПУ, 2002. — С. 145—146.
11. **Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.** Микроэлементы в почвах и растениях. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
12. **Шильников И. А., Лебедева Л. А., Лебедев С. Н.** Факторы, влияющие на поступление тяжелых металлов в растения // Агрохимия. — 1994. — № 10. — С. 94—101.
13. **Кобзев В. А.** Взаимодействие загрязняющих почву тяжелых металлов и почвенных микроорганизмов (обзор) // Загрязнение атмосферы, почвы и растительного покрова: Тр. ин-та эксперим. метеорологии. Вып. 10 (86). — М.: Гидрометеиздат, 1980. — С. 51—66.
14. **Фазлутдинова А. И.** Эколого-флористическая характеристика почвенных диатомовых водорослей Южного Урала: Автореф. дис. ... к. б. н. — Уфа, 1999. — 20 с.
15. **Шустов С. Б., Шустова Л. В.** Химические основы экологии. — М.: Просвещение, 1994. — 239 с.

АНОНС!

В следующем номере журнала в разделе "Экологическая безопасность" будет опубликована статья авторов

**Н. Н. Красногорской, А. Н. Елизарьева, Т. Б. Фашцевской,
Л. М. Якуповой, Э. Р. Нафиковой**

**"ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КАЧЕСТВА РЕЧНОЙ ВОДЫ".**



УДК 330.15; 666.972

Л. И. Худякова, канд. техн. наук, О. В. Войлошников, канд. техн. наук,
Байкальский институт природопользования СО РАН

Решение проблемы утилизации отходов горнодобывающих предприятий

Рассмотрена возможность использования отвальных пород в качестве крупного и мелкого заполнителя при производстве бетонов на примере Йоко-Довыренского массива. Показано, что по прочностным характеристикам данные бетоны не уступают традиционным видам на гранитном щебне. Это позволит решить проблемы создания экологически чистого горнодобывающего предприятия.

Ключевые слова: бетоны, крупный и мелкий заполнитель, отвальные породы, экологически чистое горнодобывающее предприятие.

Khudyakova L. I., Voiloshnikov O. V. Solution of the problem of waste products utilization of mining enterprises.

The possibility of waste rocks using as big and small-sized filler at producing concretes on the example of Ioko-Dovyren massif are considered in the article. There is illustrated that on the high-strength characteristics the given concretes not resign to traditional kinds of granite broken stone. It make possible to determine problems of establishment ecological pure mining enterprises.

Keywords: Concretes, big and small-sized filler, waste rocks, ecological pure mining enterprises.

В условиях интенсивного развития минерально-сырьевого комплекса страны очень остро стоит проблема охраны окружающей среды и природных ресурсов. При разработке месторождений полезных ископаемых отходы производства и потребления добывающих предприятий, их размещение, переработка и утилизация создают определенные экологические и хозяйственные трудности.

Отходы горнодобывающих производств в виде вскрышных и отвальных пород, хвостов обогащения из-за отсутствия перерабатывающих предприятий и соответствующих технологий приходится накапливать на площадях, отчуждаемых под данные отходы, размеры которых ежегодно увеличиваются.

Наиболее серьезное опасение с экологической точки зрения представляют собой отвалы пустых пород, которые могут негативно влиять на состояние экосистем. Особенно это актуально для Байкальской природной территории, на которой сосредото-

чено большое количество месторождений полезных ископаемых.

Рассмотрим возможность решения данной проблемы на примере Йоко-Довыренского массива, входящего в состав Северо-Байкальской рудной зоны. Он находится в природоохранной зоне озера Байкал, поэтому вопрос об экологической безопасности здесь особенно актуален. При разработке данного месторождения в составе отвальных пород присутствуют магнийсиликатные породы — дуниты, верлиты, троктолиты, запасы которых составляют миллиарды тонн. Характерной особенностью является то, что данные породы представлены не только массивными образцами, но и рыхлыми (песок), слагающими кору выветривания дунитов. Одной из отраслей, использующих отходы горнодобывающих предприятий, является стройиндустрия. Предлагается использовать данные породы в строительстве при производстве бетона.

Получение тяжелых бетонов при использовании магнийсиликатных пород в качестве крупного и мелкого заполнителя возможно при условии правильно подобранных составов бетонных смесей и оптимальных режимов их обработки.

Одним из главных факторов, влияющих на свойства бетонов, является водоцементное отношение. Поэтому первым этапом исследований был подбор водоцементного отношения, при котором прочность бетонных образцов будет максимальной. В качестве крупного заполнителя использовали гранитный щебень, в качестве мелкого заполнителя — кварц-полевошпатовый песок. Исследования проводили на кубах размером $10 \times 10 \times 10$ см, формованных вибрированием в течение 20 с. Образцы хранили в нормально-влажностных условиях в течение 28 суток, а также пропаривали по режиму $1 + 5 + 2$ ч при температуре 90°C . При этом за оптимальный состав тяжелого бетона принят следующий состав основных компонентов, % масс.: портландцемент — 14, кварц-полевошпатовый песок — 24, гранитный щебень — 56, вода — остальное. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, оптимальным является водоцементное отношение, равное 0,5, при котором показатели прочности бетонов максимальны. Но для удобоукладываемости при производстве бетонов принимаем водоцементное отношение, рав-



ное 0,6. Прочность образцов при этом различается незначительно (на 2 % после тепловлажностной обработки и 28 суток нормально-влажностного твердения).

Для изучения влияния щебня из магнийсиликатных пород Йоко-Довыренского массива на технологические свойства бетонных смесей были проведены испытания на трех видах щебня: из дунита, верлита и троктолита. Химический состав данных пород представлен в табл. 2. Расход щебня всех видов в составе бетонов оставался равным по массе. В качестве мелкого заполнителя использовались: кварцевый песок с модулем крупности $M_k = 2,5$ и дунитовый песок Йоко-Довыренского массива с $M_k = 3,0$. Подвижность бетонных смесей во всех случаях составляла 1...4 см при соотношении массы песка к общей массе заполнителей, равном 0,4. Для исследований использовался портландцемент марки ПЦ М400Д0 Тимлюйского цементного завода

Таблица 1
Влияние водоцементного отношения на прочность бетонных образцов

Водоцементное отношение	Предел прочности при сжатии, МПа, после	
	тепловлажностной обработки	твердения в течение 28 суток
0,5	24,1	28,9
0,6	23,8	27,3
0,7	21,7	25,9

Таблица 2
Химический состав магнийсиликатных пород, % масс.

Порода	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	ППП*
Верлит	39,70	1,80	43,83	0,81	0,42	10,70	0,12	0,07	1,29
Денит	37,40	1,25	40,81	0,40	3,10	12,60	0,14	0,02	2,84
Троктолит	40,60	12,00	28,60	5,57	1,11	9,45	0,57	0,04	1,33

* Потери при прокаливании

Таблица 3
Механические показатели бетонных смесей в зависимости от вида заполнителей

Вид крупного заполнителя	Вид мелкого заполнителя	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте	
		7 суток	28 суток
Дунит	Кварцевый песок	17,1	27,8
	Дунитовые песок	21,9	31,8
Верлит	Кварцевый песок	18,3	28,3
	Дунитовые песок	20,7	32,0
Троктолит	Кварцевый песок	16,9	28,0
	Дунитовые песок	21,7	31,5
Гранитный щебень	Кварцевый песок	16,0	27,3
	Дунитовые песок	17,3	28,4
Гравий	Кварцевый песок	15,8	26,2
	Дунитовые песок	16,9	27,8

(Бурятия). Расход цемента при подборе состава бетона оставался постоянным. Вода для затворения бетонных смесей во всех случаях соответствовала ГОСТ 23732—79 "Вода для бетонов и растворов. Технические условия". В качестве сравнения использовали бетоны на крупном заполнителе в виде гранитного щебня и гравия.

Изучалось влияние вида щебня на темпы твердения и прочность бетонов. Исследования проводились в возрасте 7 и 28 суток нормально-влажностного твердения. Полученные результаты представлены в табл. 3. Полученные в ходе экспериментов и представленные в таблице данные показывают, что вид крупного заполнителя оказывает влияние на прочностные характеристики бетонов. Прочность бетонов на щебне из магнийсиликатных пород не ниже прочности бетонов на традиционных видах щебня. Самые низкие показатели имеют бетоны, где в качестве крупного заполнителя используется гравий. Лучшие показатели имеют бетоны с использованием магнийсиликатных пород. Установлено, что для бетонов на всех видах щебня из магнийсиликатных пород прочность при сжатии образцов различается незначительно и отличается от прочности бетонов на гранитном щебне на 2,5...3,6 %. Прочность бетонов на щебне из верлита выше, чем из троктолита и дунита. Мелкий заполнитель также оказывает влияние на прочностные характеристики бетонов. Замена кварцевого песка на дунитовый способствует повышению прочности бетонов.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены тяжелые бетоны на крупном и мелком заполнителе из магнийсиликатных горных пород. Показано, что вид заполнителя оказывает влияние на прочностные характеристики бетонов. Данные бетоны имеют повышенную прочность по сравнению с обычным бетоном на кварцевом песке и гранитном щебне. Исходя из механических показателей установлено, что бетоны можно использовать при производстве фундаментных блоков, внутренних стеновых панелей.

Применение нетрадиционного для производства строительных материалов сырья позволит решить и другие проблемы. Во-первых, снизить себестоимость бетонов за счет использования отвальных пород, которыми являются магнийсиликатные породы. Во-вторых, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет освобождения территорий, занятых этими породами. При этом при разработке месторождения не исключена возможность создания малоотходного производства, что позволит комплексно использовать сырье с получением товарной продукции и решить проблемы создания экологически чистого горнодобывающего производства.

Павлихин Г. П., д-р техн. наук, проф., Ванаев В. С., канд. техн. наук, доц.,
Козьяков А. Ф., канд. техн. наук, проф.,
МГТУ им. Н. Э. Баумана

История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1946—1953 годы. Скороходов Николай Иосифович (1911—1953)

Продолжение публикации "Безопасность жизнедеятельности", № 10, 2008 по истории кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приведены сведения о Скороходове Н. И., ставшем вторым заведующим кафедрой "Техника безопасности" МВТУ им. Н. Э. Баумана после Синева П. И., а также информация о функционировании кафедры в период с 1946 по 1953 год.

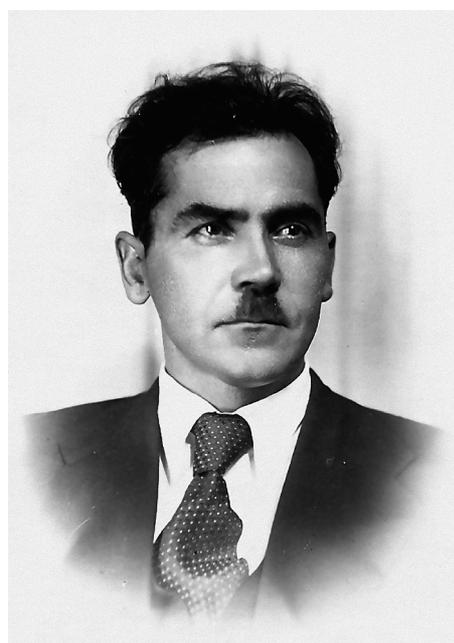
Ключевые слова: техника безопасности, кафедра, жизнедеятельность, экология, промышленная безопасность, охрана труда, безопасность труда.

Pavlikhin G. P., Vanaev V. S., Kozjakov A. F.
The history of chair "Ecology and Industrial safety" MSTU of name N. E. Bauman (1946—1953). Skorohodov Nikolaj Josifovich (1911—1953).

There is a continuation of the article from "Safety of activity", N 10, 2008 about the chair's history "Ecology and Industrial safety" MSTU of name N. E. Bauman. Information about Skorohodov N. J. as second chair's manager "Safety flaws" MHTS of name N. E. Bauman after Sinev P. I. and too information about functioning of the chair in period with 1946 to 1953 year is given.

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

Скороходов Николай Иосифович [1] сменил на посту заведующего кафедрой Синева Петра Ивановича, который занимал эту должность до самой смерти, 28 декабря 1946 г. До недавнего времени кафедра не располагала биографическими данными о Николае Иосифовиче как о человеке и педагоге, поскольку его личное дело не сохранилось. Но помог случай. На кафедральном сайте о нем была размещена информация. При этом из-за недостаточности информации произвольно были допущены ошибки. Родственники Скороходовова Н. И. случайно вышли на сайт кафедры WWW.MHTS.RU и обнаружили эти недоразумения. Юлия Вячеславовна, внучка Николая Иосифовича, предоставила ка-



СКОРОХОДОВ
Николай Иосифович
1911—1953

федре краткие данные о своем деде и фотографии из семейного архива, которые закрыли неизвестную страницу из жизни кафедры, остававшуюся все это время открытой. Вот эти лаконичные сведения.

"Скороходов Николай Иосифович родился в деревне Новоселки Гомельской области в марте 1911 года. После окончания школы уехал в Москву для работы и учебы в вечернем институте. С 1930 по 1941 год работал на ДОКе (Деревообрабатывающем комбинате в г. Перове¹ Московской области). С 1939 по 1941 год Николай Иосифович — главный инженер Перовского ДОКа.

¹ В настоящее время район Москвы.



25 июня 1941 года ушел добровольцем на фронт и в августе 1941 года вернулся домой после ранения, контузии и госпиталя.

С 1942 по 1950 год он работал в Московском институте стали и сплавов.

С 1946 по 1953 год работал в должности заведующего кафедрой "Техника безопасности" МВТУ им. Баумана.

Умер на операционном столе в мае 1953 года, похоронен на Введенском кладбище в Москве". Таковы данные семейной хроники.

Кроме того, удалось узнать, что в 1937 году он закончил МЭМИИТ [2] (Московский электромеханический институт железнодорожного транспорта имени Ф. Э. Дзержинского). Еще до начала войны начал работать над кандидатской диссертацией. В 1941 году на заводе им. Революции 1905 года была установлена экспериментальная конструкция шибберного днища вагранки, разработанная под научным руководством Н. И. Скороходова. Протокол об успешном внедрении конструкции был подписан уже после войны, 14 февраля 1946 года.

С декабря 1946 года Скороходов Н. И. становится врио зав. кафедрой "Техника безопасности". 24 апреля 1947 года на Ученом Совете МВТУ Н. И. Скороходов защитил кандидатскую диссертацию на тему: "Исследование условий для безопасного труда в чугунолитейном производстве". Это была первая диссертация сотрудника кафедры "Техника безопасности", защищенная в стенах Училища. В соответствии с духом времени введение к диссертации начиналось словами: "Насколько актуальна техника безопасности в нашей социалистической стране, достаточно указать, что "... из всех ценных капиталов, имеющихся в мире, самым ценным и самым решающим капиталом являются люди, кадры" (Сталин)¹". Подчеркивая значимость решаемой им проблемы, диссертант далее говорит: "Техника безопасности должна рассматриваться не только как техническая наука, но и как наука, обуславливающая социально-политические вопросы. Законом о первом послевоенном пятилетнем плане предусмотрено "провести мероприятия по дальнейшему улучшению условий труда на производстве /техника безопасности, вентиляция, освещение, санитарно-бытовые помещения".

15 января 1949 г. получает ученое звание доцента. С 1 марта 1949 года он — самый молодой заведующий кафедрой "Техника безопасности". В 1951—1953 гг. работал по совместительству в одном из НИИ МАП СССР. Награжден тремя медалями. Эту информацию кафедра получила из документа-

¹ Речь в Кремлевском дворце на выпуске академиков Красной Армии 4 мая 1935 г.

ции, предоставленной директором музея МГТУ им. Баумана Галиной Алексеевной Базанчук [3—7].

25 апреля 1953 года Н. И. Скороходов пишет служебную записку на имя и. о. директора МВТУ им. Баумана, профессора, д-ра техн. наук Николаева Г. А., такого содержания: "В связи с моим тяжелым заболеванием прошу назначить врио заведующего кафедрой "Техника безопасности" доцента, кандидата технических наук КУШВИДА П. Г.". Приказом № 260/п по МВТУ имени Баумана от 8 мая 1953 года обязанности зав. кафедрой "Техника безопасности" были возложены на к. т. н., доцента Кушвида П. Г. на время болезни к. т. н., доцента, зав. кафедрой Скороходова Н. И. Одновременно, 7 мая 1953 года, в Управление машиностроительных вузов был дан запрос с просьбой об утверждении Кушвида П. Г. в должности врио зав. кафедрой "Техника безопасности". Приказом № 143 по Управлению машиностроительных вузов от 11 мая 1953 года временное исполнение обязанностей заведующего кафедрой возложено на Кушвида П. Г. в связи с болезнью Скороходова Н. И. [8]. В мае 1953 года Николая Иосифовича не стало.

Результаты работы кафедры за время руководства ею Скороходовым Н. И. не исчезли бесследно, будучи запротоколированными в ежегодных отчетах кафедры [9—16]. Из них можно почерпнуть сведения о кадровом составе кафедры в эти годы. О том, какие проблемы стояли перед сотрудниками кафедры в конце сороковых — начале пятидесятых годов двадцатого столетия.

Какие же послевоенные проблемы стояли перед людьми, занимающимися повседневной педагогической деятельностью в высшей школе? Сотрудники старшего поколения, работающие в настоящее время на кафедре "Экология и промышленная безопасность", помнят, что послевоенные годы были очень трудными. Война закончилась. Наступило время восстановления разрушенной мирной экономики. 1946—1947 годы характеризуются невероятным недостатком продовольствия, практически голодом. Остро стояла проблема выживания. Именно на этом социальном фоне продолжалось функционирование кафедры "Техника безопасности".

Численность педагогического персонала кафедры за 1946—1953 годы колебалась в пределах 4—6 человек. В таблице "Кадры кафедры "Техника безопасности" за период 1946—1953 годы" дан кадровый состав конкретно по персоналиям.

Какой учебно-педагогической нагрузкой были заняты сотрудники кафедры в 1946—1947 учебном году [9]?

Скороходов Н. И. руководил работой кафедры после смерти проф. Синева П. И., читал лекции, консультировал домашние задания и дипломное



проектирование. Проводил лабораторные занятия. Работал над диссертацией и успешно защитил ее. Занимался разработкой вопросов для экзаменационных билетов и тематики самостоятельных дипломных работ для студентов по курсу "Техника безопасности". Работал над подготовкой материала для разработки в будущем учебного году учебного пособия по теории и методологии техники безопасности и над подготовкой к переизданию учебника проф. Синева П. И. "Техника безопасности в машиностроении". Разрабатывал проект "Единых Всесоюзных правил по технике безопасности в литейных цехах". Составлял тематический план организации кабинета "Техника безопасности" и методическое руководство по технике безопасности для дипломного проектирования. В 1947 году вышла из печати книга Скороходова Н. М. и Устинова М. А. "Техника безопасности в литейном производстве". В этом же году Скороходов Н. И. передал в издательство раздел по технике безопасности в справочник "Литейщик".

Лобок Л. Н., преподаватель, вел чтение лекций, консультировал дипломное проектирование и проводил лабораторные занятия. Принимал участие в составлении методического руководства по технике безопасности для дипломного проектирования. Разрабатывал тематику для самостоятельных домашних работ по программе курса "Техника безопасности" и "Противопожарные мероприятия".

Бибииков А. В., старший преподаватель, вел чтение лекций и проводил лабораторные занятия. Принимал участие в работе кафедры по разработке проекта "Единых Всесоюзных правил по технике безопасности в литейном производстве".

Иванова Г. А., преподаватель, имела полную академическую нагрузку, читала лекции и проводила лабораторные занятия. Готовила материалы для чтения курса "Техника безопасности" и "Противопожарная техника". Участвовала в подготовке к переизданию учебника профессора Синева П. И. "Техника безопасности в машиностроении". Составила 18 программ по технике безопасности во время производственных практик для отдельных специальностей МВТУ.

Полуэктов Е. В., преподаватель, вел чтение лекций и проводил лабораторные работы. Также принимал участие в разработке проекта "Единых Всесоюзных правил по технике безопасности в литейном производстве".

Авторы считают своим долгом отметить особо старшего преподавателя кафедры Бибиикова Алексея Васильевича, который начал свою педагогическую деятельность на кафедре еще при Синева П. И., а закончил — при Кушвиде П. Г. Алексей Васильевич [3—7] родился в 1883 году. В 1911 году закончил

МВТУ. Был сотрудником Московского института охраны труда. И, видимо, в 1945—1946 гг. пришел в МВТУ на кафедру "Техника безопасности". С сентября 1948 — ассистент. С 15 февраля 1949 — старший преподаватель. Был награжден двумя медалями, в том числе медалью "За доблестный труд". Бибииков А. В. работал на кафедре до 1955 года.

**Кадры кафедры "Техника безопасности"
в период 1946—1953 годы**

Учебный год	Кадровый состав
1946/1947	Дело № 195 [8] (Отчет) 1. Синева П. И. проф., заведующий кафедрой до 28.12.46 2. Скороходов Н. И., 0,5 нагрузки, к. т. н. с 24.04.47, ВРИО зав. каф. после смерти проф. Синева П. И. 3. Лобок Л. Н., преподаватель с 1.03.47, 0,5 нагрузки 4. Бибииков А. В., преподаватель, почасовик 0,5 нагрузки 5. Иванова Г. А., преподаватель 6. Полуэктов Е. В., преподаватель, почасовик
1947/1948	Дело № 277 [9] (План) 1. Скороходов Н. И., к. т. н., ВРИО зав. кафедрой 2. Иванова Г. А., преподаватель (других фамилий в плане нет, а отчет за этот уч. год отсутствует)
1948/1949	Дело № 358 [10] (План), Дело № 359 [11] (Отчет) 1. Скороходов Н. И., к. т. н., доц., зав. кафедрой 2. Бибииков А. В., ст. преподаватель 3. Тимофеев Н. К., почасовик 4. Полуэктов Е. В., почасовик 5. Борисов М. Г., лаборант
1949/1950	Дело № 428 [12] (Отчет) 1. Скороходов Н. И., доц., зав. кафедрой 2. Бибииков А. В., ст. преподаватель 3. Тимофеев Н. К., преподаватель, почасовик, отчислен в марте 1950 из-за болезни 4. Демьянова Н. А., лаборантка
1950/1951	Дело № 468 [13] (Отчет) 1. Скороходов Н. И., доц., зав. кафедрой 2. Бибииков А. В., ст. преподаватель 3. Фадеев Н. И., ст. преподаватель 4. Демьянова Н. А., лаборантка
1951/1952	Дело № 509 [14] (Отчет) 1. Скороходов Н. И., доц., зав. кафедрой 2. Бибииков А. В., ст. преподаватель 3. Галикеев А. Х., ст. преподаватель 4. Фадеев Н. И., ст. преподаватель 5. Демьянова Н. А., лаборантка
1952/1953	Дело № 546 [15] (Отчет) 1. Скороходов Н. И., зав. кафедрой (до 1953 г.) 2. Бибииков А. В., ст. преподаватель (штатный) 3. Галикеев А. Х., ст. преподаватель, почасовик 4. Фадеев Н. И., ст. преподаватель, почасовик 5. Кушвид П. Г. к. т. н., доцент, в штате с 15 апреля ¹ , с 8 мая 1953 г. ВРИО зав. кафедр. Приказ № 260п [8] 6. Демьянова Н. А., лаборантка, учебно-вспомогательный персонал (штатная)

¹ В штате с 14 апреля 1953 г. Приказ № 218п [16].



Чтобы представить себе круг интересов Бибикова А. В. в сфере техники безопасности и охраны труда, достаточно хотя бы кратко познакомиться с библиографией его работ в этой области (из карточки библиографического отдела библиотеки МГТУ):

1. Бибиков А. В. и Шнейдер Е. И. Памятка по оздоровлению труда автогенному сварщику (Газовая и электрическая сварка). — М.: ОНТИ, 1935. — 43 с.
2. Бибиков А. В. Охрана труда в отделении формовки и заливки литейного цеха: Памятка общественного инспектора. — М.: Профиздат, 1937. — 6 с. (Всесоюзный науч. исслед. ин-т охраны труда).
3. Бибиков А. В. Охрана труда при обработке и очистке чугуна (Памятка общественного инспектора). — М.: Профиздат, 1937. 7 с. (Всесоюзный науч. исслед. ин-т охраны труда).
4. Бибиков А. В. Безопасность работы при ацетиленово-кислородной сварке (Памятка общественного инспектора). — М.: Профиздат, 1938. — 6 с. (Всесоюзный науч.-исслед. ин-т охраны труда).
5. Бибиков А. В. Безопасность хранения и транспортировки баллонов со сжатыми газами. — М.: Профиздат, 1938. — 4 с. (Всесоюзный науч.-исслед. ин-т охраны труда).
6. Бибиков А. В. Техника безопасности при автогенной сварке. Конспект лекций для слушателей курсов инспекторов труда. — М.: Профиздат, 1939. — 40 с. (Всесоюзный науч.-исслед. ин-т охраны труда).
7. Бибиков А. В. Техника безопасности в газосварочных и электросварочных работах / Под ред. Н. Н. Клебанова. — М.; Л.: Машгиз, 1941. — 74 с.
8. Бондарев Д. Е. и Бибиков А. В. Техника безопасности при восстановлении бензорезервуаров электросваркой // Автогенное дело. — 1948. — № 2. — С. 28—30.

Кроме того, он принимал участие в написании глав 9 и 13 второго издания книги Синева П. И. "Техника безопасности в машиностроении".

В списке сотрудников кафедры можно видеть еще одного представителя института охраны труда — Е. В. Полуэктова. Об этом говорит тот факт, что еще в 1937 году в Профиздате вышла памятка общественного инспектора, изданная инженером ВНИИОТ Полуэктовым Е. В. [Полуэктв Е. В. Охрана труда при работе у шлифовальных станков (Памятка общественного инспектора). М., 1937 (Российская государственная библиотека)], а в 1939 году в издательстве Оборонгиз еще одна книга [Полуэктв Е. В. Техника безопасности и промсанитария на газовой, электродуговой и атомно-водородной сварке. —

М.; Л.: Оборонгиз, 1939. — 26 с. — (Сокр. Курс по технике безопасности и промсанитарии для инж.-технич. персонала промышленных предприятий: Вып. 2) (Библиотека МГТУ)].

В 1948 году в штатном расписании кафедры появляется новая единица учебно-вспомогательного персонала — лаборант. В 1948—1949 гг. эту должность занимает М. Г. Борисов, с 1949 года — Н. А. Демьянова, студентка Вечернего машиностроительного института. В 1946—1948 учебных годах лаборатории при кафедре еще нет. Еще только разработан тематический план организации кабинета по технике безопасности. Лабораторные занятия со студентами проводились в музее "Охраны труда ВЦСПС" в объеме 6—8 академических часов.

Научно-исследовательская работа в 1946—1947 учебном году проводилась членами кафедры в форме исследований, заканчивавшихся внедрением в производство различных (шести) оригинальных конструкций, обеспечивающих безопасность труда в литейном производстве. 14 студентов начали исследовательскую работу по технике безопасности в расчетно-теоретическом направлении без экспериментов.

Курсовое проектирование учебным планом не было предусмотрено. По дипломному проектированию консультациями кафедры были охвачены факультеты механико-технологический, тепловых и гидравлических машин и др. Консультации проводились регулярно в течение всего учебного года преподавателями кафедры. Учет работы по дипломному проектированию производился в специальном журнале.

Несмотря на трудное время, кафедра работала в нормальном режиме. Решались традиционные текущие вопросы, связанные непосредственно с учебным процессом: постоянно пересматривался, совершенствовался и уточнялся курс лекций; обновлялись наглядные пособия; пересматривались экзаменационные билеты; решались сложные вопросы проведения производственных практик; проводились мероприятия по повышению качества контроля преподавания и посещения лекций студентами; регулярно обсуждалась программа курса "Техника безопасности и противопожарная техника". Вместе с этим коллективу кафедры приходилось решать вопросы, присущие именно этому периоду времени. В первую очередь, это подготовка второго издания книги покойного профессора Синева П. И. "Техника безопасности в машиностроении" (первое издание 1938 г.), в котором принял участие весь коллектив. Книга благополучно вышла в 1949 г. под редакцией Н. И. Скороходова [17].

Много времени на кафедре уделяли организации лаборатории и кабинета по технике безопасности.



Вот что говорит Скороходов Н. И. по этому поводу в годовом отчете кафедры за 1948—1949 учебный год [12]:

"Кафедра не имеет своей лаборатории и ведет подготовительную работу по ее организации. Кафедра считает, что дальнейшее отсутствие лаборатории кафедры в сильной степени отразится на учебном процессе.

Без лаборатории кафедра просто не может развивать дальше учебно-методическую работу. Между тем необходимость и целесообразность лаборатории кафедры "Техника безопасности", по глубокому убеждению кафедры, совершенно очевидны. Чтобы научить студентов правильной организации воздухообмена в производственных помещениях, измерению сопротивления изоляции электроприборов, установить эффективность защитного заземления, зануления, индивидуальных средств защиты и ряд других вопросов, необходима лаборатория.

Организация лаборатории предусматривается и приказом МВО СССР от 26/IV-49, и приказом по МВТУ от 30/V-49 № 116/у. Необходимо выделение соответствующего помещения".

"В феврале месяце 1950 года кафедра получила аудиторию 338, площадью 60 кв. метров, для организации кабинета с последующим перерастанием его в лабораторию техники безопасности [13]. Однако ввиду большой ограниченности в аудиторной площади развернуть работу по организации кабинета не удалось.

По составленному тематическому плану и смете деньги не были отпущены, и работы по оснащению кабинета наглядно-демонстрационными материалами не начаты.

В течение отчетного года кафедра расположила часть наглядных пособий и лабораторного оборудования на площади 17 кв. метров, но эксплуатировать приборы в полной мере кафедре не удалось, так как не была проведена электросеть к приборам, и ограниченность в площади практически исключила доступ к приборам.

Лабораторные занятия со студентами кафедра проводила на базе пожарных депо и музея Охраны труда ВЦСПС. Имеющиеся приборы на кафедре студентам также демонстрировались, но этого далеко недостаточно. Для глубокого освоения курса студентами требуется неотложная организация учебной лаборатории техники безопасности. При наличии помещения площадью 50—60 кв. метров кафедра могла бы в будущем учебном году поставить 6—8 учебно-лабораторных работ для студентов".

За 1950—51 учебный год [14] старший преподаватель А. В. Бибииков для улучшения учебного процесса разработал нижеследующие частные методики лабораторных работ:

а) определение эффективности приточно-вытяжных вентиляционных установок с помощью анемометров, тягомеров и манометрических приборов;

б) определение профессионально-вредных концентраций паров и газов в воздухе с помощью прибора ВТИ;

в) определение температуры вспышки паров легко воспламеняющихся жидкостей с помощью прибора Пенского;

г) гидравлическое испытание огнетушителя "Богатырь" № 3;

д) определение сопротивления изоляции в электроустановках;

е) проверка защитного заземления;

ж) проверка исправности КИП-5 и шлангового дыхательного прибора ДПА-5.

Тем не менее к концу 1951—1952 учебного года Скороходов Н. И. как заведующий кафедрой в своем отчете [15] констатирует:

"Кафедра имеет значительное количество современных отечественных лабораторных приборов и аппаратов для углубленного изучения курса.

Однако из-за отсутствия достаточной площади лабораторное оборудование используется недостаточно эффективно.

Ввиду этого кафедре настоятельно необходимо лабораторное помещение площадью не менее 50 кв. метров.

Демонстрационные лабораторные занятия кафедра проводит в музее Охраны труда ВЦСПС".

Как заведующий кафедрой Скороходов Николай Иосифович проявлял лично большую активность в работе. Разработка различных методических указаний и правил по технике безопасности; участие в научно-исследовательской тематике; реализация связи с профилирующими кафедрами училища и промышленными предприятиями; написание отзывов, заключений и рецензирование различных документов по технике безопасности; разработка на уровне изобретений конструктивных решений для промышленных предприятий — вот неполный перечень вопросов, решаемых Скороходовым Н. И.

Далеко не полная библиография довоенных и послевоенных публикаций Скороходова Н. И. включает в себя следующие наименования (из картотеки библиографического отдела библиотеки МГТУ им Н. Э. Баумана):

1. Скороходов Н. И. Техника безопасности при работе на круглых пилах. — М.: Гос. лесное техн. изд. 1933.

2. Скороходов Н. И. Методы определения и правила устранения опасностей при работе деревообрабатывающих станков // Механизированная обработка дерева. — 1934. — № 5.

3. Скороходов Н. И. Безопасные методы работ на рейсмусовых станках // Деревообработка. — 1936. — № 9.
4. Скороходов Н. И. Техника безопасности в стержневом цехе. / Памятка общественного инспектора. — М.: Профиздат, 1938. — 6 с. (Всесоюзный науч. иссл. ин-т охраны труда).
5. Скороходов Н. И. Безопасное обслуживание ленточных транспортеров // Охрана труда. — 1939. — № 9.
6. Скороходов Н. И. Причины травматизма в механизированных земледельных отделениях // Литейное дело. — 1939. — № 6.
7. Скороходов Н. И. Техника безопасности в стержневых цехах чугунолитейного производства // Охрана труда. — 1939. — № 2.
8. Скороходов Н. И. Соединение концов прорезиненных лент // Литейное дело. — 1940. — № 1.
9. Скороходов Н. И. Методика преподавания техники безопасности в машиностроительных вузах: Доклад на секции механико-технологического факультета // Научно-методическая конференция МВТУ 1950 г. Ч. 2. — М., 1950. — С. 99—105.
10. Скороходов Н. И. Методика преподавания техники безопасности и противопожарной техники в машиностроительных вузах // Научно-методическая конференция МВТУ 1950 г.: Тезисы докладов. — М., 1950. — С. 62—63.
11. Скороходов Н. И. Безопасная организация сборки башенных кранов // Машины и приборы: Сб. МВТУ. — Вып. 21. — 1953. — С. 143—145.

Наиболее полно технические интересы Скорохова Н. И. отражены в книге, о которой уже говорилось выше, изданной в 1947 году совместно с Устиновым М. А., "Техника безопасности в литейном производстве" (Библиотека МГТУ им. Н. Э. Баумана) [18].

К сожалению, жизнь Николая Иосифовича оборвалась в одночасье, когда ему исполнилось всего лишь сорок два года. Сказались последствия военных ранений. Он не успел реализовать все свои задумки по развитию кафедры и повышению ее авторитета среди учебных подразделений Училища.

Список литературы

1. Козьяков А. Ф. К 65-летию кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана // Безопасность жизнедеятельности. — 2003. — № 1. — С. 3—6.
2. Алексеев Д. И., Гозман И. Г., Сахаров Г. В. Словарь сокращения русского языка. Около 15000 сокращений: Изд. 2-е, испр. и доп. / Под ред. Д. И. Алексеева. — М.: Русский язык, 1977. — 416 с.
3. Штатный формуляр профессорско-преподавательского состава МВТУ им. Баумана на 1948—1949 учебный год / Архив музея МГТУ им. Н. Э. Баумана. Арх. 1. Лист 38.

4. Штатный формуляр профессорско-преподавательского состава МВТУ им. Баумана / Архив музея МГТУ им. Баумана. Арх. 2. Лист 54.
5. Штатный формуляр профессорско-преподавательского состава МВТУ имени БАУМАНА на 1951—1952 учебный год / Архив музея МГТУ им. Н. Э. Баумана. Арх. 3. Лист 99.
6. Штатный формуляр профессорско-преподавательского состава МВТУ имени БАУМАНА на 1952—1953 учебный год / Архив музея МГТУ им. Н. Э. Баумана. Арх. 4. Лист 127.
7. Штатный формуляр профессорско-преподавательского состава МВТУ им. Баумана на 1953—1954 учебный год / Архив музея МГТУ им. Н. Э. Баумана. Арх. 5. Лист 134.
8. Архив МГТУ им. Н. Э. Баумана. МВО-СССР. Московское ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище им. Баумана / Личное дело № 973п. Кушвид Петр Григорьевич. В личном деле 35 листов. Начато 14/IV-53 г. Окончено 1.VII-59 г.
9. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 195. (На 4 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. Отчет о работе кафедры за 1946/1947 учебный год / Годовой отчет о работе кафедры "Техника безопасности" за 1946—47 уч. год.
10. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 277. (На 2 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. План работы кафедры на 1947/1948 учебный год/план работы.
11. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 358. (На 2 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. План работы кафедры на 1948/1949 учебный год/план работы.
12. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 359. (На 17 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. Отчет о работе кафедры за 1948/1949 учебный год/Отчет утвержден на заседании кафедры 13/VI-49 г. Годовой отчет по каф. "Техника безопасности" за 1948—1949 уч. год.
13. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 428. (На 12 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. Отчет о работе кафедры за 1949/1950 учебный год/Годовой отчет кафедры техники безопасности за 1949—50 уч. год.
14. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 468. (На 8 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. Отчет о работе кафедры за 1950/1951 учебный год/годовой отчет Кафедры "Техника безопасности" за 1950—51 учебный год.
15. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 509. (На 4 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. Отчет о работе кафедры за 1951/1952 учебный год/годовой отчет Кафедры "Техника безопасности" за 1951—52 учебный год.
16. ЦАГМ (Центральный архив города Москвы). Фонд № 1992. Опись № 4. Дело № 546. (На 9 листах, хранить постоянно). Министерство высшего образования СССР. Московское высшее техническое училище им. Баумана. Кафедра техники безопасности. Отчет о работе кафедры за 1952/1953 учебный год/отчет кафедры "Техника безопасности" за 1952—1953 уч. год.
17. Синев П. И. Техника безопасности в машиностроении / Под редакцией доц., канд. техн. наук Н. И. Скорохова: 2-е перераб. изд. — М.: Машгиз, 1949.
18. Скороходов Н. И., Устинов М. А. Техника безопасности в литейном производстве. — М.: Машгиз, 1947.



УДК 331.823:371.261

П. Г. Белов, д-р техн. наук, проф.,
МАТИ—РГТУ им. К. Э. Циолковского

Как реформировать образование в сфере безопасности¹

Обосновывается несостоятельность как существующего вузовского образования в сфере безопасности, так и его реформирования путем перехода к подготовке бакалавров и магистров с четырех- и двухлетним сроком обучения. Предлагается концепция обучения национальной безопасности, основанная на системном подходе и учитывающая последние достижения науки.

Ключевые слова: бакалавр, техносферная безопасность, национальная безопасность, государственный образовательный стандарт, магистр, система "человек—машина—среда", предпосылка, происшествие.

Belov P. G. Towards reforming industrial safety education.

It is argued how imperfection the industrial safety high school education, so impossible improves this with fore and two years teachings for magisterial and baccalaureate. To improve homeland security education the innovation system conception is suggested.

Keywords: baccalaureate, industrial safety, homeland security, state education standard, magisterial, "man—machine—environment" system, incident, accident.

Поводом для этой публикации стали проекты Федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования по направлению подготовки "Техносферная безопасность" [1]. Согласно разд. 1.3.1 будущих стандартов одним из их "основных пользователей" являются профессорско-преподавательские коллективы вузов, ответственные за качественную разработку, эффективную реализацию и обновление соответствующих образовательных программ с учетом достижений науки, техники и социальной сферы по данному направлению и уровню подготовки". Понимая невозможность реализации данного требования из-за полного игнорирования этими проектами новейших достижений в данной отрасли, автор статьи счел необходимым привлечь внимание к проблеме безопасности, непосредственно касающейся не только его коллег из Минобрнауки РФ, но и всех наших граждан.

¹ Статья публикуется в порядке обсуждения в авторской редакции.

Исходные предпосылки и утверждения

Понимая под образованием в сфере безопасности воспроизводство передового социального опыта по парированию объективно существующих опасностей, логично считать, что государственное регулирование соответствующего учебно-воспитательного процесса должно базироваться на уже выявленных закономерностях их возникновения и проявления. Что касается так называемой техносферной безопасности², то она имеет дело преимущественно с техногенно-производственными опасностями [2], обусловленными нежелательными выбросами тех запасов энергии и вредного вещества, которые накоплены в созданных людьми технологических объектах. Как показывает опыт, подобные происшествия являются неблагоприятными случайными событиями, а их появлению обычно предшествуют подобного рода отказы техники, ошибки людей и нерасчетные (неожиданные либо превышающие допустимые значения) для них внешние воздействия.

Вот почему исследуемая здесь безопасность должна иметь дело с системами "человек—машина—среда". В пользу данного выбора могут быть приведены следующие основные аргументы: а) в этой системе имеется источник угроз — "машина" (аккумулятор упомянутых выше запасов энергии или вредного вещества) и потенциальная жертва — окружающая среда, включая человека; б) каждая ее составляющая является носителем соответствующих предпосылок: человек — ошибок, машина — отказов, среда — нерасчетных внешних воздействий; в) функционирование человекомашиной системы (ЧМС) можно уподобить проведению любых технологических процессов на производстве и транспорте, включая безлюдные и немеханизированные, т. е. без человека и машины, в качестве частных случаев.

Действительно, знакомство с современными технологическими процессами показывает, что большинство из них связано с использованием как людей (персонала), так и техники, взаимодействующих между собой в некоторой (рабочей) среде. Нетрудно убедиться также в исключительной сложности

² Данное словосочетание нельзя признать удачным, так как его прилагательное уточняет источник опасностей, а не их потенциальную жертву, что свойственно русскому языку, где у "безопасности" нет синонима. Иное дело — английский: *safety* там всегда относится к источнику угроз, а *security* — к их потенциальной жертве.



большинства подобных ЧМС, что обусловлено не только тем, что каждый их компонент сам по себе является сложным образованием, но и характером их взаимодействия: ведь случайные выходы одних таких составляющих служат входами для других. При этом все они формируются не как чисто линейные реакции-отклики на внешние воздействия, но — и под влиянием внутренних причин.

Естественно, что все подобные факторы должны учитываться при разработке государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования по направлению подготовки "Техносферная безопасность". В частности, объектом соответствующей профессиональной деятельности должны быть системы "человек — машина — среда", а основным ее содержанием, т. е. *предметом* данной учебной дисциплины, — объективные закономерности появления и снижения техногенного ущерба от аварийных происшествий и других вредных выбросов производства и транспорта.

С учетом изложенного не может не вызвать недоумения планируемый отказ от уже установившейся системы *пятилетней* подготовки специалистов в сфере безопасности жизнедеятельности в пользу двухступенчатой, рассчитанной на выпуск бакалавров и магистров. При этом число первых предполагается сделать подавляющим, а их обучение займет 4 года, тогда как лишь мизерное число вторых будет иметь еще 2 года дополнительной подготовки.

Выходит, что содержание рассматриваемого здесь высшего профессионального образования (закономерности возникновения, проявления и снижения техногенного ущерба людским, материальным и природным ресурсам) проще, чем "закономерности утраты и поддержания психофизиологического здоровья (одного лишь) человека", свойственные медицинским вузам с их не менее чем шестилетним обучением в соответствующих институтах?

Или научно-образовательное обеспечение производственно-экологической (да и информационно-психологической) безопасности¹ как составных частей национальной безопасности России удовлетворяет предъявленным сегодня требованиям? А может авторам обсуждаемого здесь проекта удалось создать такую систему двухуровневой подготовки, которая реализует известный принцип "не числом (часов), а умением", т. е. логико-системной целесообразностью? Давайте разберемся со всем этим последовательно.

¹ Эти два термина представляются предпочтительнее "техносферной" и "информационной" безопасностям, так как первая часть их признаков указывает на источник угроз (потенциально опасное производство и целенаправленная дезинформация), а вторая — на их потенциальные жертвы, т. е. на то, что окружает первое (эксплуатирующий персонал и внешняя для него среда) и чьему разрушительному воздействию обязана вторая.

Насколько совершенны обсуждаемые здесь проекты

Характеризуя перечень имеющихся в проектах требований к объектам, видам и задачам профессиональной деятельности "бакалавра" и "магистра" по техносферной безопасности, а также к основным образовательным программам их подготовки, правомерно назвать все это некоей довольно пространной декларацией о *намерениях*. К такому выводу легко придти, сопоставляя имеющиеся там компетенции со структурой регламентированных программ и отсутствием четко сформулированных установок-критериев их обеспечения и практической реализации. Не меньшее удивление вызывает также полное совпадение видов (а зачастую — и задач) профессиональной деятельности обладателей этих двух квалификаций (степеней) данного направления высшего профессионального образования, не говоря уже о некорректности подбора и формулировки его одних и тех же объектов.

Что касается *компетенций*, характеризующих способности к ценностно-смысловой ориентации и абстрактному критическому мышлению, аргументированной дискуссии и публичной речи, определению опасных зон и оцениванию приемлемости риска, обоснованию и принятию решений на основе компьютерного моделирования, то они не могут быть обеспечены без изучения бакалавром таких обязательных дисциплин, как аксиология и инженерная психология, формальная логика и риторика, теория вероятностей и математическая статистика, теория системного анализа и принятия решений. Подобное можно сказать и для магистра: без предварительного усвоения материала только что перечисленных дисциплин, а также теоретических основ теории организации и управления персоналом, организационного поведения и систем управления, менеджмента качества и техногенного риска, исследования операций и планирования эксперимента, обеспечения устойчивости и защищенности критически важных объектов невозможно компетентное руководство работой (даже) небольшого коллектива, не говоря уже о самостоятельном планировании экспериментов и отстаивании решений по повышению надежности технических систем и снижению рисков путем оптимизации соответствующих решений, а также организации взаимодействия с государственными службами, в том числе и при разработке нормативно-технической документации по вопросам техносферной безопасности.

Спрашивается также, на каком основании в профессиональный (а не естественно-научный) цикл основных образовательных программ бакалавриата включены такие дисциплины, как механика и метрология, стандартизация и сертификация, начертательная геометрия и инженерная графика, элект-



троники и электротехника? Да, еще — ноксология: ведь даже перевод этого термина есть не во всех энциклопедиях, а вот диссертаций, монографий и учебных пособий — нет. Тогда — зачем весь этот туман!?

Говоря о задачах, видах и объектах профессиональной деятельности, нельзя согласиться с формулировкой первых как "участие", которое не конкретизировано в проекте четкими критериями, но регламентировано бакалавру в 8-ми задачах из 19-ти, а магистру — в 6-ти из 37-ми!? При этом *виды* деятельности этих квалификаций почему-то полностью совпадают, хотя бакалавру мало свойственны (по определению) научно-исследовательские обязанности, а магистру как обладателю данной научной степени — сервисно-эксплуатационные.

В то же время среди *задач* и видов профессиональной деятельности магистра полностью отсутствует то, что связано с его основным предназначением: все основные функции менеджмента техногенного риска (его анализ и идентификация, оценивание и коммуникация, прогнозирование и передача) с присущим этому выявлением и снижением уязвимости критичных подсистем и элементов сложных технических систем, а также обоснованием их приемлемой безопасности при составлении соответствующих деклараций.

Вряд ли можно согласиться с теми положениями проекта, которые регламентируют обязательные знания и умения бакалавра по техносферной безопасности (см. табл. 2, разд. БЗ). Например, в части *знаний* — это "основы проектирования технических объектов; основные виды механизмов, методы исследования и расчета их кинетических и динамических характеристик; методы расчета на прочность и жесткость типовых элементов различных конструкций; принципы построения и функционирования электрических машин, цепей и электронных схем; общая теория измерений и взаимозаменяемости". А *умений* — "разработка и оформление эскизов деталей машин, изображений сборочных единиц и сборочного чертежа изделий; составление спецификаций и изображений пространственных объектов на плоских чертежах; использование методов теории механизмов и машин, теоретической механики и сопротивления материалов, деталей машин и основ их конструирования при решении практических задач; владение методами теоретического и экспериментального исследования в механике и метрологии, гидромеханике и теплотехнике, электротехнике и электронике"? Ведь квалификация бакалавра — не ровня инженеру-конструктору или технологу, являющимися создателями перечисленных выше видов техники.

Наконец, вряд ли можно согласиться с таким обилием (больше дюжины) и одинаковостью объ-

ектов профессиональной деятельности бакалавра и магистра. Ведь перечисленные в разд. 4.2 "опасности, методы, правила" не являются объектами¹, что подтверждается, в том числе, и приведенным выше (см. разд. 2) определением этой категории. На самом деле этим специалистам достаточно и одного объекта типа "человек — машина — среда", но того конкретного вида, который свойственен определенному профилю профессиональной деятельности.

Нужно ли модернизировать образование в сфере безопасности?

Ознакомившись с предыдущим материалом, можно прийти к выводам, касающимся либо недостаточной компетентности, либо зловредности разработчиков обсуждаемого проекта. Иначе говоря, можно подумать, что его появление — это попытка каких-то сторонних лиц разрушить уже установившуюся и хорошо зарекомендовавшую себя систему вузовского профессионального образования в области производственно-экологической безопасности.

Сразу сниму подозрение относительно зловредности и некомпетентности авторов этого проекта. Во-первых, они всего лишь безропотно согласились с реформированием отечественной высшей школы по рецептам, предписанным так называемой "Болонской конвенцией". Во-вторых, среди разработчиков и экспертов двух стандартов имеются 10 представителей академического сообщества в ранге доктора наук и 5 — кандидата. Более того, четверо из них удостоены премии Президента РФ за многолетнюю и плодотворную работу по созданию в стране системы непрерывного образования в сфере "Безопасность жизнедеятельности".

А вот что касается совершенства существующей в России системы высшего профессионального образования в сфере безопасности, то об этом нужно судить по ее результативности. При этом мы не будем объяснять нашу катастрофически высокую смертность от неестественных причин исключительно недостатками обсуждаемого здесь обучения, а приведем ряд примеров того, как отражены его результаты в нормативных актах по безопасности. Сделаем это на примере нескольких наших национальных стандартов и федеральных законов.

Возьмем, для примера, Систему стандартов безопасности труда — ее ГОСТ 12.1.010—76 и 12.3.047—98, содержащие общие требования по

¹ По этой же причине недопустимо применять словосочетание "управление риском": ведь управлять можно объектом или процессом, к которым он не относится. Несмотря на это обсуждаемый проект предлагает основную образовательную дисциплину, в название которой есть подобное словосочетание.



взрыво-, пожаробезопасности производств и технологических процессов. В частности, первым предписана допустимая вероятность возникновения взрыва, равная 10^{-6} 1/год, а вторым — такая же вероятность гибели одного человека, и в десять раз большая, чем — не менее десяти одновременно. Нетрудно понять неприемлемость одинаковой вероятности взрыва для разных взрывоопасных производств, так как его последствия и затраты на предупреждение несоизмеримы, допустим, — для АЭС с реактором чернобыльского типа и столярной мастерской, не говоря уже об автоматической минимельнице. Равно — как и увидеть абсурдность подобного нормирования пожароопасности: ведь выходит, что один погибший на порядок более ценен для страны в сравнении с десятками?! Или действительно, что одна смерть — катастрофа, а десять и более — уже статистика?

А вот — два новейших Федеральных Закона: № 123-ФЗ от 22.07.2008 и № 16-ФЗ от 9.02.2007, уже регламентирующих отношения при обеспечении пожарной и транспортной безопасности. Если первый нормативный акт придал упомянутым выше количественным критериям законодательную силу, то концепция второго — профанирует и подписавшего закон Президента РФ, и принявшего его Федеральное собрание страны. Вдумайтесь, разве транспортная безопасность — это "защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства от *актов* незаконного вмешательства", а не — способность транспортного комплекса удовлетворять соответствующие потребности страны с минимальным риском транспортных происшествий? Тем более, что перечисленные интересы этим юридическим документом не определены, а незаконными считаются лишь диверсионные акты?!

Выходит, что весь акцент там сделан на второстепенную (по значимости) угрозу, тогда как наиболее существенные причины транспортных происшествий (непреднамеренные ошибки людей, возможные *отказы* техники и неблагоприятные для них внешние воздействия) данный закон полностью проигнорировал. В то же время, как свидетельствует статистика [3], лишь 4 % транспортных происшествий обусловлены так называемыми "социальными" причинами (включая террор, т. е. акты незаконного вмешательства), тогда как природные и техногенные факторы вызывают 32 % и 64 % от общего числа транспортных происшествий.

Я уже не говорю о том, что согласно Федеральному Закону "О пожарной безопасности" (№ 69-ФЗ от 21.12.1994) его заглавная категория определена как "состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров". А вот в уже упомянутом Законе № 123-ФЗ в качестве объекта защиты осталась лишь продукция (товар).

Выходит, что потенциальные жертвы и источники опасности вдруг поменялись местами. А если не поменялись, то — личность, общество и государство уже следует считать продукцией (товаром)?!

Думается, что приведенных иллюстраций вполне достаточно для признания совершенно неудовлетворительного положения с образованием в сфере безопасности. Если точнее, то как могли появиться подобные нормативные шедевры, когда все их авторы получили в свое время, как минимум, высшее образование с обязательным изучением такой дисциплины, как "Охрана труда", а после 1991 года — уже "Безопасность жизнедеятельности"? И ведь не зря, что при ответах на упрек в несовершенстве подобных законов их первоавторы ссылаются то на высокую подпись Президента страны, то на полное соблюдение процедур, установленных существующими ныне техниками законодательства.

Какие нововведения нужны образованию в сфере безопасности

После попыток подвести читателя к выводу о недопустимости с одной стороны окончательного разрушения обсуждаемого здесь вузовского образования путем его "болонирования" предлагаемым проектам и о потребности в неотложных изменениях существующего в этой области порядка — с другой, изложу свое видение относительно соответствующей модернизации. При этом буду исходить из известного принципа о невозможности устранения ошибок (вывода истинных теорем), оставаясь в тех координатах, где они возникли, т. е. без перехода на новый уровень мышления (обращения к высшей по иерархии системе).

Если точнее, то давно пора отказаться от переименований "гражданской обороны и охраны труда" вначале "безопасностью жизнедеятельности", затем — "нозологией" или "техносферной безопасностью" (при сохранении содержания соответствующих учебных программ) и перейти к его обновлению с учетом новейших достижений. Начинать же нужно с совершенствования образования в сфере более общей, т. е. национальной безопасности, поделив ее на такие два сегмента, как "информационно-психологическая" и "производственно-экологическая" безопасность. Здесь имеется в виду, что первая должна доминировать в гуманитарных и естественно-научных вузах, а вторая, включающая все обсуждаемые здесь вопросы, — в технических.

Что касается категории "национальная безопасность России", то ее логично называть не официально декларируемой "защищенностью" чьих-то интересов, а "способностью наших народов удовлетворять потребности, необходимые для самосохранения, самовоспроизводства и самосовершенствования, с минимальным риском своим базовым



ценностям". Ее объектом должна быть этногеоэотосистема¹, включающая собственно нацию (народы России), их территорию и уклад жизни, так как первая — цель сохранения и приумножения, а остальные — средство и способ удовлетворения необходимых для этого потребностей. Основным методом исследования национальной безопасности следует считать системную инженерию², а обеспечения — программно-целевое планирование и управление сложными системами.

Подобный подход следует применить и к производственно-экологической безопасности, т. е. также считать ее способностью (свойством), но уже упомянутых выше ЧМС и применительно к сохранению состояний с минимальным риском техногенных происшествий и иных вредных выбросов, а для ее исследования и обеспечения — использовать только что перечисленный инструментарий. Это позволит разработать такие образовательный стандарт, примерные учебный план и программы [4], которые смогут включить новейшие математические и машинные методы анализа и синтеза во все обязательные образовательные программы, применив их для нужд менеджмента техногенного риска. При этом изучаемых дисциплин должно быть не меньше, чем в медицинских вузах, ведь специалист по безопасности должен разбираться не только с людьми, но также с техникой и окружающей их средой.

Если точнее, — то сфера профессиональной компетентности рассматриваемых специалистов будет включать объективные закономерности: а) не только возникновения предпосылок типа "ошибка" человека", "отказ техники", "нерасчетное для них воздействие рабочей среды" и образования из них причинной цепи техногенного происшествия, интерпретируемого как случайное событие с нежелательным выбросом части той энергии или вредного вещества, которые используются на конкретных видах производства и транспорта, б) но — и последующего неконтролируемого истечения, распространения и превращения подобного энергозапаса в новой среде, а также разрушительного воздействия соответствующих потоков на незащищенные от них объекты из числа людских, материальных и природных ресурсов. Иначе говоря, он должен знать ответы, как минимум, на следующие вопросы: 1) какими должны и какими могут быть свойства людей, техники и их окружения; 2) какие состояния, дефекты и воздействия этих компонентов ЧМС могут

¹ Данный термин образован автором с помощью греческих слов: *ethnos* — народ, *ge* — земля и *ethos* — традиционные для них святыни, обычаи, нравы и иные моральные ценности людей.

² Точный перевод этого термина — "системная инженерия", что более известно как "системотехника". Подобное случилось и с "*safety engineering*", означающей у нас пресловутую "технику безопасности". Однако в последние годы такие словосочетания интерпретируются корректнее, например, "генная инженерия".

стать предпосылками возможных происшествий; 3) какие факторы окружающей среды будут оказывать доминирующее влияние на поведение аварийно высвободившегося энергозапаса и образование в ней основных и дополнительных опасных факторов; 4) как, когда и в какой форме может проявляться и изменяться их поражающий эффект в зависимости от стойкости или защищенности конкретных потенциальных жертв; 5) какими могут быть размеры обусловленного этим прямого и косвенного ущерба с учетом как реальных параметров ЧМС и их связей с окружением, так и числа всевозможных сочетаний подобных угроз, жертв и их характеристик...?

Только что приведенные сведения свидетельствуют о чрезвычайно высоких требованиях к профессиональной компетенции специалистов рассматриваемого здесь профиля. Без преувеличения — они должны подпадать под категорию системных инженеров, что предполагает необходимость сохранения пятилетнего срока обучения с более обстоятельной общеобразовательной и специальной подготовкой [5]. При этом недопустима передача обсуждаемым здесь проектом права вузам формировать перечни основных обязательных дисциплин.

Как представляется автору, внедрение в учебно-воспитательный процесс вузов соответствующей методологии может оказаться не только весьма конструктивным, но и высоко *нравственным* шагом. Ведь от нравственности, по мнению великого А. Эйнштейна, "зависит наша внутренняя устойчивость и само наше существование. Только нравственность в поступках придает нашей жизни красоту и достоинство. Сделать ее живой силой и помочь ясно осознать ее значение — главная задача образования".

Кроме того, подобная корректировка обсуждаемых здесь проектов сделает возможным и реализацию того требования, которое цитировано в преамбуле настоящей статьи.

Список литературы

1. Белов С. В., Девисиллов В. А., Симакова Е. Н. и др. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки "Техносферная безопасность" (проект). Безопасность в техносфере. 2008. № 2. С. 47—64.
2. Белов П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. — М.: Академия, 2003. — 512 с.
3. Сулакшин С. С. О проекте государственной концепции обеспечения транспортной безопасности. Транспортная безопасность и технологии. 2005. № 4. С. 14—15.
4. Белов П. Г. Безопасность жизнедеятельности: чему учить специалистов / Материалы НПК "Проблемы преподавания безопасности". СПб., 2005. 13—14 мая.
5. Суббето А. И. Универсальные компетенции: проблемы идентификации и квалификации. СПб.—М.—Кострома: Изд-во КГУ им. Н. А. Некрасова, 2007. — 150 с.



Современный подход к проблемам безопасности

Рецензия на учебник Н. Г. Занько, К. Р. Малаяна, О. Н. Русака
"Безопасность жизнедеятельности" / Под ред. О. Н. Русака.
СПб.: Лань, 2008

Проблема защиты человека от опасностей в различных условиях его обитания и деятельности возникла одновременно с появлением на Земле наших далеких предков. На заре человечества людям угрожали опасные природные явления, представители биологического мира. С течением времени стали появляться опасности, творцом которых стал сам человек: антропогенные, техногенные экологические, социальные.

Для защиты от опасностей в различных сферах и видах деятельности стали применяться соответствующие методы и средства защиты, формироваться определенные системы безопасности, отличающиеся характером опасностей и способами защиты от них.

Несмотря на наличие у всех этих систем безопасности (охраны труда, промышленной безопасности, экологической безопасности, национальной безопасности и многих других) ряда общих закономерностей, их эклектическое объединение недопустимо, а попытки создания некоторой единой всеобъемлющей системы представляются контрпродуктивными.

Авторы рецензируемого учебника взяли за основу их версии курса безопасности жизнедеятельности (БЖД) антропоцентрический подход, исключающий смешение систем безопасности различных иерархических уровней и выделяющий приоритет человека. Особенностью этой концепции является рассмотрение опасностей, имеющих *непреднамеренный* характер и оказывающих *непосредственное* воздействие на человека. Другие же опасности (опосредованные и преднамеренного характера) приводятся в учебнике, как заявляют авторы, по сугубо методическим соображениям с целью системного представления изучаемой области знаний.

Изложение курса основано на ряде методологических положений.

1. Обеспечение безопасности жизнедеятельности — приоритетная задача для личности, общества, государства. Абсолютной безопасности не бывает. Всегда существует остаточный риск. Безопасность — это приемлемый риск, под которым понимается такой уровень риска, с которым на данном этапе

научного и экономического развития общество может смириться.

2. Достижение этой цели лежит в первую очередь через образование людей. На Земле нет человека, которому не угрожают те или иные потенциальные опасности. Однако есть множество людей, которые об этом не подозревают или пренебрегают ими. Их сознание работает в режиме отчуждения от реальной жизни. Учебная дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" предназначена для выработки идеологии безопасности, формирования безопасности мышления и поведения.

3. Дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" не решает специальных проблем безопасности: они — удел специальных дисциплин (отраслевой безопасности труда, радиационной безопасности, электробезопасности, космической безопасности и т. д.). Но БЖД обеспечивает общую грамотность в области безопасности. БЖД — научно-методический фундамент для всех без исключения специальных дисциплин безопасности.

Человек, освоивший БЖД, надежно защищен от опасностей, не навредит другому, способен грамотно действовать в условиях опасности.

Согласно определению "Безопасность жизнедеятельности" как учебная и научная дисциплина решает три группы задач:

— идентификацию потенциальных опасностей, т. е. их выявление и установление количественных, качественных, временных, вероятностных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности;

— профилактику и защиту от идентифицированных опасностей на основе сопоставления затрат и выгод;

— действия в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), так как часть идентифицированных опасностей в соответствии с концепцией остаточного риска может с определенной вероятностью реализоваться.

Всестороннему рассмотрению целевых задач БЖД и предназначен рецензируемый учебник объемом 672 с.



Содержание учебника соответствует примерной программе общепрофессиональной дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", утвержденной Минобразованием России 12.12.2000 для всех направлений и специальностей высшего профессионального образования, а также положениям действующих нормативных правовых актов в области безопасности жизнедеятельности.

В учебнике отражены в полном объеме теоретические и практические вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности. Научный уровень содержательной части соответствует современным достижениям научной мысли в области безопасности и передовому опыту ведущих стран.

Структура учебника адекватна содержанию. Материал разбит на четыре раздела, 20 глав и параграфы. К каждому разделу и главе предпосланы соответствующие афоризмы. После каждого параграфа предлагаются контрольные вопросы. Для удобства пользования приводится предметный указатель, имеются интересные приложения, дан список необходимой литературы, включающий основные нормативные правовые документы в области безопасности.

При рассмотрении различных видов опасностей выдерживается удобная для студентов последовательность изложения: источники, воздействие, нормирование, защита. Материал представлен логично: сначала идентификация опасностей, затем разработка защитных мер и как результат реализации остаточного риска — ликвидация.

Отмеченные качества и достоинства были присущи и предыдущим одиннадцати изданиям одноименного учебного пособия этих же авторов, рекомендованного Минобразованием России для использования в учебном процессе. В новом издании, уже в ранге учебника, отражены не только современные веяния и актуальные вопросы безопасности, но и некоторые новые подходы к изложению материала.

В частности, представляется удачным введение нового раздела под названием "Безопасность деятельности в условиях производства". При отсутствии в государственных образовательных стандартах всех направлений подготовки специальной дисциплины "Охрана труда", ошибочно отмененной в 1991 г., является целесообразным включение основных положений данного научного направления в курс БЖД с отражением новых реальностей и научных достижений в сфере безопасности производства, в частности в области управления охраной

труда, создания системы промышленной безопасности и др. Это методически оправдано и необходимо прежде всего для будущих организаторов производства — инженеров.

В учебник вошли также новые актуальные вопросы социально-экономической сферы, имеющие прямое отношение к БЖД. В этом плане представляется уместным обстоятельное рассмотрение экономических аспектов управления охраной труда, страхования несчастных случаев и профзаболеваний, методики расчета скидок и надбавок к страховым тарифам и др. Следует заметить, что в СПбГПУ, представителем которого в авторском коллективе является проф. К. Р. Малаян, впервые в российской истории были подготовлены начиная с 2000 г. дипломированные менеджеры по специализации "Управление охраной труда", востребованные в современном обществе.

Существенному изменению и дополнению подвергся раздел "Безопасность в чрезвычайных ситуациях", в котором рассматриваются чрезвычайные ситуации в соответствии с принятой ныне действующими нормативными правовыми документами классификацией, включая ЧС, возникающие при ведении военных действий, а также ЧС биологосоциального характера, которые не совсем вписываются в концепцию авторов о непреднамеренном характере рассматриваемой опасности. В то же время, учитывая важность и актуальность такого явления, как терроризм, в отдельном параграфе анализируется его возникновение, причины, угрозы, возможности борьбы, что, возможно, спорно с методологической позиции, но оправдано с общечеловеческой.

В начале рецензии отмечался приоритет человека в рассматриваемом курсе. В связи с этим следует отметить, что человек в системе безопасности может выполнять три роли: 1) являться объектом защиты; 2) выступать средством обеспечения безопасности; 3) сам может быть источником опасности.

Учитывая исключительность роли человека во всех ипостасях, правомерно и логично безопасность жизнедеятельности начинать с психофизиологических основ безопасности и психических свойств, процессов, состояний, влияющих на безопасность, как это сделано в рецензируемом учебнике.

Первая роль человека — объекта защиты — всегда была основной в специальных системах защиты и соответствующих учебных изданиях. Она, по определению, является ключевой и в учебнике.

Второй роли человека — в качестве средства обеспечения безопасности — уделено в учебнике

достаточно места, больше, чем в других подобных изданиях. Эта часть учебника является одним из методологических приоритетов авторов.

Третья ипостась человека — источник опасности — многократно освещалась в отечественной и зарубежной литературе. Общеизвестно, что в 90 % всех аварий и несчастных случаев на производстве задействован человеческий фактор.

Но авторы учебника сумели и здесь проявить нетривиальный подход. Отмечается, что в предыдущие годы в учебных изданиях человеку уделялось очень мало внимания, подразумевая, что его безопасность можно обеспечить посредством создания безопасной техники и технологии. Иллюзорность такого подхода стала очевидной, и необходимость учета характеристик человека при синтезе систем безопасности стала аксиомой. Однако усилия специалистов складываются не в пользу человека. Основное внимание уделяется техническим и организационным средствам безопасности.

Авторы напоминают, что основные резервы обеспечения безопасности заключены в человеке, в котором можно выделить три составляющие: биологическую, социальную и духовную. Эти составляющие определяют материальные потребности, знания и нравственную культуру человека.

Агрессивное поведение человека по отношению к природе, экологический вандализм, сознательное нарушение элементарных требований безопасности, другие формы патологического отношения к проблемам безопасности можно объяснить отсутствием культуры безопасности.

Культура — это вторая природа, созданная человеком. Ее нужно воспитывать, создавать во всех сферах человеческих отношений.

Культура безопасности — это проблема, которая ждет своего решения. Культурно-образовательная деятельность, как правило, отстает от материальной. Необходимо создать такую систему воспитания, чтобы каждый человек мог подняться до уровня *личности безопасного типа*. Такая личность не вредит себе и окружающим, действует в согласии с обществом и природой.

К содержательной части учебника можно сделать некоторые замечания. В тексте много ссылок на нормативные документы, которые со временем могут измениться. Но специфика издания изначально предполагает определенную нормативную базу.

В тексте имеется незначительное количество примеров, иллюстрирующих расчетные формулы. Наличие ярких, убедительных небольших расчетов могло бы обогатить содержание теоретического материала.

В принципе, эти рекомендации и пожелания ни в коей мере не умаляют достоинств рецензируемого учебника, предыдущие издания которого используются не только в России, но и за ее пределами, и свидетельствуют о естественном желании улучшения и совершенствования книги.

Авторы книги представляют Санкт-Петербургскую научную школу безопасности жизнедеятельности, хорошо известную в гражданских и военных высших учебных заведениях России и стран СНГ. Профессор Олег Николаевич Русак заведует кафедрой БЖД в Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии, является лауреатом премии Президента РФ в области образования (2003 г.) и полным кавалером знака "Горняцкая слава" (2006 г.). Он опубликовал более 700 научных работ. На той же кафедре работает профессор Наталья Георгиевна Занько, подготовившая и опубликовавшая более 100 научных работ. Профессор Карпуш Рубенович Малаян трудится на кафедре БЖД Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Им опубликовано более 200 научных работ. Отмечая плодотворную работу авторов учебников за последние годы, полагаю, что новый труд найдет большое число учеников среди студентов различных вузов Российской Федерации и стран СНГ.

Ю. С. Васильев, академик РАН,
президент Санкт-Петербургского
государственного политехнического университета

О новом межгосударственном стандарте "Вибрационная безопасность. Общие требования"

С 01.07.08 вводится в действие ГОСТ 12.1.012—2004 "ССБТ "Вибрационная безопасность". Общие требования". В предисловии к нему отмечается, что он вводится взамен ГОСТ 12.1.012—90, но направленность заменившего его документа совершенно иная. Если в старом стандарте подробно комментируются характеристики различных видов вибрации, устанавливаются принципы их нормирования и рассматриваются нормы для различных категорий вибраций, то новый стандарт определяет общие требования к обеспечению вибрационной безопасности на производстве, транспорте, в строительстве, при горных и других работах, связанных с неблагоприятным воздействием вибрации на человека. Кроме того, ГОСТ 12.1.012—2004 устанавливает структуру комплекса стандартов в области вибрационной безопасности и требования к этим стандартам.

Обращается внимание, что стандарт распространяется на различные аспекты профессиональной деятельности, когда вибрация оказывает непосредственное неблагоприятное воздействие на человека в результате его прямого контакта с вибрирующей поверхностью машины, через объекты обработки (например, обрабатываемое изделие) или через объекты, имеющие с источником вибрации механическую связь и (или) связь других видов.

Стандарт распространяется на вибрацию всех видов: периодическую, случайную, переходные процессы, но не распространяется на воздействие кратковременной вибрации в виде ударов и переходных процессов большой мощности, имеющих место в результате аварий и поломок машин, транспортных средств, механизированного инструмента и оборудования (далее — машины), которые могут повлечь за собой получение травм. Таким образом, норм как таковых новый стандарт не содержит.

В разделе "Нормативные ссылки" представлен перечень стандартов ИСО и внесистемных стандартов России на средства и методы измерения вибраций в различных случаях и оценку ее влияния на человека.

В разделе "Термины и определения" разъясняются понятия, используемые в стандарте, в частности: вибрационная безопасность, вибрационная характеристика изделия, вибрационная активность, вибрационная машина, общая вибрация, локальная вибрация, виброопасная профессия, рабочее место. Обращают на себя внимание впервые введенные

термины, связанные с практическим обеспечением вибрационной безопасности. Приведем те из них, которые представляются принципиально важными.

Машина типа 1: Машина, которая в процессе работы может передавать вибрацию непосредственно на тело человека, например *шлифовальная машина; экскаватор*.

Машина типа 2: Машина, которая в процессе нормального функционирования не находится в контакте с телом человека, но может передавать на него вибрацию через механическую связь и (или) связь других видов. К таким машинам относят *компрессор для подачи сжатого воздуха в троллейбусе; турбогенератор в машинном зале*.

Виброизолирующее изделие типа 1: Изделие, не являющееся источником вибрации, но применяемое в соответствии со своим назначением таким образом, что вибрация от машин типа 1 передается через них непосредственно на тело человека. Примерами таких изделий являются: *сиденье в салоне электропоезда; виброизолирующие перчатки*.

Виброизолирующее изделие типа 2: Изделие, не являющееся источником вибрации и не находящееся в условиях нормального применения в контакте с телом человека, но предназначенное для ослабления вибрации от машин типа 2, например *упругие опоры вентилятора; гибкие вставки в трубопроводе*.

Параметр вибрационной характеристики *i*: Скалярная величина, получаемая в результате измерения и обработки сигнала (сигналов) вибрации в заданных точках изделия. К таким параметрам относят *полное среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения на заданном периоде интегрирования; переходную динамическую жесткость для поступательной вибрации*.

В разделе стандарта "Ответственность сторон в обеспечении вибрационной безопасности" отмечается, что основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов (гигиенических нормативов). При этом порядок установления предельных значений и документы, в которых они должны быть установлены, определяются национальным законодательством. Обращается внимание, что значения нормируемых параметров вибрации определяют по результатам измерений на рабочих местах: локальной

вибрации — по ГОСТ 31192.2—2005; общей вибрации — по ГОСТ 31319—2006. При этом в отдельных случаях допускается определять значения нормируемых параметров на основании расчетов. Контроль за соблюдением установленных гигиенических нормативов вибрации согласно стандарту осуществляют соответствующие уполномоченные организации в ходе периодического контроля за соблюдением безопасных условий труда при аттестации рабочих мест и др.

Подчеркивается, что ответственность за соблюдение установленных гигиенических нормативов вибрации на рабочих местах лежит на работодателе. Для этого он должен оценить риск, связанный с воздействием вибрации на рабочих, и принять меры, необходимые для снижения вибрационной нагрузки.

Далее дается подробный перечень мероприятий, направленных на снижение неблагоприятного воздействия вибраций, включая соответствующее проектирование и размещение рабочих мест и виброактивного оборудования, медицинский профотбор, обучение работников виброопасных профессий правильному применению машин, снижающему риск возникновения виброболезни, контроль вибрации на рабочих местах и правильности использования виброактивного оборудования и виброзащитных средств, организацию мероприятий по профилактике виброболезни, включая создание благоприятных условий труда по факторам, способствующим ее развитию. Особо отмечается необходимость оповещения рабочих виброопасных профессий о мерах, принимаемых работодателем, позволяющих снизить риск ухудшения состояния здоровья рабочего вследствие неблагоприятного воздействия вибрации, и санкциях, которые могут быть наложены на рабочего при несоблюдении указанных мер.

В подразделе "Ответственность изготовителей (поставщиков) машин и виброизолирующих изделий" особо отмечается, что изготовители виброизолирующих изделий (типов 1 и 2), предназначенных для снижения передаваемой машинами вибрации, несут ответственность за заявление их вибрационных характеристик. При этом информацию о вибрационной характеристике машины или виброизолирующего изделия они должны представлять в эксплуатационных документах. Отмечается, что машину не относят к виброопасным, если в любых режимах работы и любых условиях ее нормального применения максимальное полное среднеквадратичное значение скорректированного виброускорения не превышает $0,5 \text{ м/с}^2$ для локальной и $0,1 \text{ м/с}^2$ для общей вибрации. Вибрационные характеристики таких машин допускается не заявлять и не подтверждать. Кроме того, дается следующее

разъяснение. Для машин типа 2 вибрация на пути к рабочему месту оператора может усиливаться из-за резонансов элементов конструкции помещения и установленного в нем оборудования. Ответственность за выбор динамических свойств помещения и размещение в нем оборудования лежит на работодателе, поэтому решение о заявлении или незаявлении вибрационных характеристик машины следует принимать без учета возможного усиления вибрации по пути ее распространения.

Если максимальное значение полного скорректированного виброускорения, производимого ручной машиной, не превышает $1,25 \text{ м/с}^2$, допускается, отразив это в эксплуатационных документах, не приводить числовые значения вибрационной характеристики.

В подразделе "Ответственность работника" отмечается, что работник обязан соблюдать относящиеся к нему меры вибрационной защиты и правила, которые предписаны регламентам безопасного ведения работ.

В подразделе "Надзор со стороны контролирующих организаций и гигиеническое нормирование" дается следующий комментарий. Условия труда с точки зрения воздействия вибрации на рабочих местах контролируют надзорные органы, определенные национальным законодательством. Эти органы могут осуществлять, в частности, санитарно-эпидемиологический контроль предприятия и аттестацию рабочих мест.

Организации санитарно-эпидемиологического контроля регулярно (рекомендуемая периодичность — 1 раз в год) проводят измерения вибрации на рабочих местах в соответствии с требованиями ГОСТ 31192.2—2005 и ГОСТ 31319—2006 и сравнивают полученные результаты с гигиеническими нормативами.

Поскольку для большинства машин производимая вибрация сильно зависит от условий их применения (установка, объект обработки, способ использования и т. д.), следует избегать при контроле вибрации применения расчетного метода. Только в обоснованных случаях, когда вибрация машины незначительно изменяется в разных режимах и условиях ее работы, допускается проводить контроль вибрации на рабочих местах путем расчета нормируемого параметра на основе значения заявленной и подтвержденной вибрационной характеристики и времени действия вибрации. При этом следует установить, какое именно значение параметра вибрации должно быть взято для расчета.

Специальный подраздел посвящен обеспечению безопасности при испытаниях.



В разделе "Структура комплекса стандартов в области вибрационной безопасности" даются следующие разъяснения.

Стандарты в области вибрационной безопасности подразделяют на три вида:

— **стандарты типа А** (основополагающие стандарты по вибрационной безопасности) устанавливают общие понятия и правила обеспечения вибрационной безопасности, измеряемые величины (включая функции частотной коррекции для конкретных условий применения), общие методы измерения и оценки вибрации, которые распространяются на различные условия ее воздействия на человека;

— **стандарты типа В** (стандарты групповых вопросов вибрационной безопасности) устанавливают методы измерения и оценки вибрации в конкретных условиях ее действия или для больших групп изделий, а также отдельные частные аспекты вибрационной безопасности безотносительно

к группам изделий или условиям действия вибрации;

— **стандарты типа С** (стандарты по вибрационной безопасности, связанные с отдельными объектами) распространяются на отдельные виды изделий.

Последний раздел стандарта посвящен требованиям по вибрационной безопасности в стандартах для машин отдельных видов.

В обязательном приложении А представлены требования к заявлению вибрационных характеристик изделий, а в справочном приложении Б — схема комплекса европейских и международных стандартов в области вибрационной безопасности.

Представляется, что введенная ГОСТ 12.1.012—2004 обязательность заявления вибрационных характеристик машин и изделий будет стимулировать создание вибробезопасной техники.

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



XII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

«МЕТАЛЛУРГИЯ. МЕТМАШ»

Основные разделы выставки:

1. Металлургия
2. Metallurgmash – оборудование и технологии для металлургической и горнодобывающей промышленности



XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

«МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛООБРАБОТКА. СВАРКА. ИНСТРУМЕНТ»

Основные разделы выставки:

1. Машиностроение. Металлообработка. Инструмент
2. Сварочное оборудование и технологии



X МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

«ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Основные разделы выставки:

1. Охрана воздушного бассейна
2. Оборудование и современные решения в технологии обработки производственных сточных вод
3. Технологии переработки отходов производства

V КОНГРЕСС МЕТАЛЛУРГОВ УРАЛА

7.04-10.04

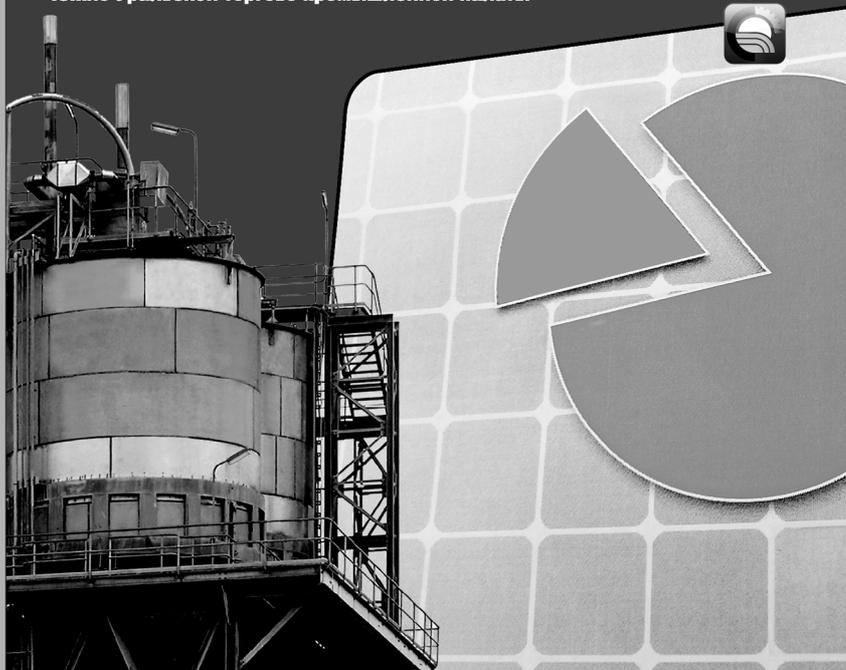
РЕГИОНАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
«ЮЖУРАЛЭКСПО»: 454007, Россия, г. Челябинск,
ул. Худякова, 12. Телефон/факс: (351) 218-47-09,
e-mail: n_arbit@expoural.ru, www.expoural.ru

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Правительства Челябинской области

Министерства промышленности и природных ресурсов Челябинской области

Южно-Уральской торгово-промышленной палаты



IX УРАЛЬСКАЯ ПРОМЫШЛЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ

О программе действий по улучшению условий и охраны труда на 2008—2010 годы, утвержденной приказом Минздравсоцразвития России от 23 октября 2008 г. № 586

Главной целью программы является защита здоровья работника и обеспечение охраны труда путем внедрения системы управления профессиональными рисками на каждом рабочем месте и вовлечения в управление этими рисками основных сторон социального партнерства — государства, работодателей и работников.

Создание системы управления профессиональными рисками предполагает проведение комплекса организационно-правовых, финансово-экономических, производственно-технологических, социальных, медицинских и санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на минимизацию воздействия неблагоприятных производственных факторов на здоровье работников.

Программа действий по улучшению условий и охраны труда направлена на достижение следующих стратегических задач:

снижение рисков несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (индикаторы — динамика производственного травматизма);

повышение качества условий труда на рабочих местах (индикаторы — снижение количества работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам);

снижение смертности от предотвратимых причин (индикаторы — динамика производственного травматизма со смертельным исходом, доля выявленных профзаболеваний в ходе периодических медицинских осмотров);

улучшение здоровья работающего населения (индикаторы — доля выявленных профзаболеваний в ходе периодических медицинских осмотров).

Основные направления реализации Программы:

— совершенствование нормативно-правовой базы;

— создание и обеспечение действия системы оценки, контроля и управления профессиональными рисками на рабочем месте;

— совершенствование системы непрерывной подготовки работников по охране труда на основе современных технологий обеспечения;

— информирование, консультирование и оказание правовой помощи работникам и работодателям по вопросам охраны труда, пропаганда и популяризация мер по охране труда;

— совершенствование профпатологической службы России, проведение специализированных медицинских обследований работников, создание системы ранней диагностики и профилактики профессиональных заболеваний;

— совершенствование государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства об охране труда.

Реализация Программы будет осуществляться в течение трех лет (2008—2010 годы), в ходе которых планируется снизить смертность трудоспособного населения, обусловленную неблагоприятными производственными факторами, общим и производственным травматизмом, а также профессиональной заболеваемостью.

Должно быть достигнуто прекращение роста количества рабочих мест с вредными и опасными условиями труда, а также остановлен рост численности работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам.

За указанный период планируется создание системы управления профессиональными рисками, в которую будут интегрированы региональные, отраслевые и корпоративные программы по улучшению условий и охраны труда. В итоге к началу 2011 года будет создана нормативно-правовая база и организационная инфраструктура для системы управления профессиональными рисками.

В результате реализации программы будут решены следующие основные задачи:

— разработана новая системы оценки, контроля и управления профессиональными рисками в зависимости от условий труда на рабочих местах и состояния здоровья занятых на них работников;

— проведена модернизация нормативно-правовой базы в сфере охраны труда, направленная на совершенствование системы управления охраной труда в организациях;

— сформированы информационные ресурсы системы управления профессиональными рисками;



— разработаны и апробированы принципы установления индивидуальных страховых тарифов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний для организаций различных видов экономической деятельности в зависимости от условий труда на рабочих местах, показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в конкретной организации в увязке

с вводимыми страховыми износами на другие виды обязательного социального страхования;

— сформирована система мер экономического стимулирования работодателей к проведению мероприятий по улучшению условий труда на рабочих местах, сокращению и ликвидации рабочих мест с вредными и (или) опасными производственными факторами, а работников — к ведению здорового образа жизни.

ИНФОРМАЦИЯ

XIII специализированная Всероссийская выставка систем безопасности, технических средств охраны, аварийно-спасательных средств, информационной, экологической, противопожарной безопасности

"Мир Безопасности" & "СпасПожТех"

19—21 мая 2009 года

Волгоградский выставочный центр "Регион"

Некоторые разделы выставки:

- Технические и программные средства обеспечения безопасности.
- Безопасность жилища и личной собственности.
- Безопасные условия труда.
- Средства индивидуальной и коллективной защиты.

Координаторы выставки:

Андреев Алексей, Баландина Инна, Бровченко Татьяна, Волкова Марина.

400007, Волгоград, а/я 3400

Тел/факс: (8442)24-26-02, 26-61-70, 26-51-86

E-mail: vzr-bez@yandex.ru, www.vzr.ru

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

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

Дизайнер *Т. Н. Погорелова.*

Технический редактор *Е. В. Конова.* Корректор *Т. В. Пчелкина.*

Сдано в набор 29.12.08. Подписано в печать 25.02.09. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,32. Заказ 134.

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.