



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

10(166)
2014

Редакционный совет:

БАЛЫХИН Г. А., д.э.н.
ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,
д.т.н., проф.
ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.
ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
д.т.н., проф. (председатель)
КЛИМКИН В. И., к.т.н.
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
проф.
РОДИН В. Е., д.т.н., проф.
СОКОЛОВ Э. М., д.т.н., проф.
ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.
УШАКОВ И. Б., акад. РАН,
д.м.н., проф.
ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,
д.т.н., проф.
ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН, д.т.н.
АНТОНОВ Б. И.
(директор издательства)

Главный редактор

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

Зам. главного редактора
ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь

ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.

Редакционная коллегия:

БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
КАЛЕДИНА Н. О., д.т.н., проф.
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
КЛЕЙМЕНОВ А. В., д.т.н.
КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,
проф.
КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,
проф.
КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.
ЛУЩИ С., проф. (Италия)
МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.
МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.
МАТЮШИН А. В., д.т.н.
МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.
МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
СИМАНКИН А. Ф., к.т.н., доц.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
ФРИДЛАНД С. В., д.т.н., проф.
ЦЯН МИНЦЗЮНЬ, проф.
(Китай)
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Жданыко И. М., Ворона А. А., Чистов С. Д., Филь С. Н.** Особенности функционального состояния персонала объектов по уничтожению химического оружия 3
- Родимцев С. А., Патрин Е. И., Тимохин О. В., Шапенкова А. А.** Оценка шумовых характеристик при работе колосовой молотилки в сопоставимых условиях 9

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Анахов С. В., Пыкин Ю. А.** Электроплазменные технологии: проектирование с учетом факторов безопасности 14
- Белинский С. О.** Воздействие электромагнитных полей низкочастотного диапазона на работников железнодорожного транспорта 21
- Кодолов О. М., Кодолов Г. О., Петрова З. К.** Твердеющая закладка в градостроительстве 33
- Павлова З. Х., Азметов Х. А.** Обеспечение безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов на участках соединения труб с запорной арматурой в условиях изменения режима перекачки 36

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Ксенофонтов Б. С., Антонова Е. С.** Модели флотационных и сопутствующих процессов очистки воды 42

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Суркаев А. Л., Каблов В. Ф., Благинин С. И.** Тушение пожаров с использованием ударного воздействия 49

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

- Бутырин В. Н.** Проблемы утилизации твердых бытовых отходов 53

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Наумов В. А., Ахмедова Н. Р., Белова Л. А.** Метод расчета усилий волнового давления в креплениях берегозащитного устройства 57

ОБРАЗОВАНИЕ

- Сыромятникова Л. И., Матусевич М. С.** Учебно-методическое сопровождение магистерской программы "Здоровьеформирующие технологии" для будущих педагогов . . 61
- Ванаев В. С., Пышкина Э. П.** История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана с 2012 года. Александров Анатолий Александрович 65

ИНФОРМАЦИЯ

- Новая книга** 72

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



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ZHIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

BALYKHIN G. A., Dr. Sci. (Econ.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)
DURNEV R.A., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch.,
Acad. RAS, Dr. Sci. (Tech.)
KLIMKIN V. I., Cand. Sci. (Tech.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)
SOKOLOV E. M., Dr. Sci. (Tech.)
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)
USHAKOV I. B., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
FEDOROV M. P., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
ANTONOV B. I.

Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Responsible secretary

PRONIN I. S.,
Dr. Sci. (Phys.-Math.)

Editorial staff

BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KALEDINA N. O., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KLEYMENOV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
Dr. Sci. (Tech.)
LUZZI S. (Italy), prof.
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phys.-Math.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
SIMANKIN A. F., Cand. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Tech.)
JIANG MINGJUN (China), prof.
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

10(166)
2014

CONTENTS

LABOUR PROTECTION AND POPULATION HEALTH

Zhdanko I. M., Vorona A. A., Chistov S. D., Fil' S. N. Functional Status Features of Chemical Weapons Destruction Facilities Personnel 3

Rodimcev S. A., Patrin E. I., Timohin O. V., Shapenkova A. A. Evaluation of Noise Characteristics at Work Spearment Thresher under Comparable Conditions. 9

INDUSTRIAL SAFETY

Anakhov S. V., Pykin Yu. A. Plasma Technologies: Designing in View of Safety Factors. 14

Belinsky S. O. Exposure to Electromagnetic Fields Low Frequency Range for Railway Workers 21

Kodolov O. M., Kodolov G. O., Petrova Z. K. Hardening Filling in Town Planning 33

Pavlova Z. Kh., Azmetov Kh. A. Main Oil Pipeline Safe Operation Ensure in Section of Pipe Connection with Stop Valve under Pumping Mode Change. 36

ECOLOGICAL SAFETY

Ksenofontov B. S., Antonova E. S. Models of Floatation and Accompanying Processes of Water Purification 42

FIRE SAFETY

Surkaev A. L., Kablov V. F., Blaginin S. I. Suppression of Fires with Use of Shock Influence 49

USE AND RECYCLING OF WASTE

Butirin V. N. Problems of Solid Domestic Waste Utilization 53

REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

Naumov V. A., Akhmedova N. R., Belova L. A. Method of Calculation of the Efforts of Wave Pressure on Mounts of the Coast Protection Device 57

EDUCATION

Syromiatnikova L. I., Matusovich M. S. Educational-Methodical Accompaniment Master Program "Health-Technology" for Future Teachers. 61

Vanaev V. S., Pishkina E. P. History of Chair "Ecology and Industrial Safety" MSTU of Name N. E. Bauman Since 2012. Alexandrov Anatoliy Alexandrovich 65

INFORMATION

New book 72

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: bjd@novtex.ru

УДК 612.8.04

И. М. Жданько, д-р мед. наук, начальник центра,
А. А. Ворона, д-р мед. наук, проф. гл. науч.-сотр., **С. Д. Чистов**, канд. мед. наук,
начальник лаборатории, e-mail: sd.chistov@gmail.com, Центральный научно-
исследовательский институт ВВС, Москва,
С. Н. Филь, канд. мед. наук, ст. инспектор, Федеральное управление по безопасному
хранению и уничтожению химического оружия, Москва

Особенности функционального состояния персонала объектов по уничтожению химического оружия

Представлены результаты исследований функционального состояния (ФС) персонала объектов по уничтожению химического оружия (УХО). Кластерный анализ психофизиологических данных позволил установить, что у персонала объектов по УХО, в зависимости от возраста и вне зависимости от исходного ФС, возможны два типа реагирования нервной и сердечно-сосудистой систем на рабочую нагрузку. Результаты медицинского контроля позволили сделать заключение, что изменения скорости и качества нервных процессов в ходе рабочей смены не столь значительны, как изменения вегетативной регуляции и гемодинамики. Это указывает на адекватность рабочей нагрузки функциональным резервам работников.

Ключевые слова: гигиена труда, психофизиологическое состояние, медицина труда, персонал объектов по уничтожению химического оружия

Введение

Одним из основных приоритетов государственной политики является охрана здоровья человека как важнейший фактор национальной безопасности. Это обстоятельство нашло отражение и в программных документах по проблеме уничтожения химического оружия (УХО): ключевым требованием к проведению мероприятий по УХО является обеспечение безопасности для здоровья граждан. К настоящему времени разработан и реализуется научно обоснованный комплекс профилактических, санитарно-гигиенических, лечебно-диагностических мероприятий, обеспечивающих безопасность проведения работ по уничтожению химического оружия, совершенствуется нормативно-методическое обеспечение охраны здоровья персонала объектов по УХО [1–5].

Учет человеческого фактора при разработке комплекса мероприятий, направленных на обеспечение функциональной надежности деятельности специалистов по уничтожению химического оружия, сохранение и укрепление их профессионального здоровья, невозможен без решения задач диагностики состояния человека, поскольку качество решения разнообразных прикладных задач непосредственно зависит от полноты описания, правильности оценки и прогноза развития состояния [6–8].

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что в качестве базы для разработки и принятия оптимальных управленческих решений при проведении мероприятий по охране здоровья человека следует рассматривать концепцию функционального состояния (ФС), которая на количественно-качественном уровне позволяет определять возможность ущерба здоровью человека в пределах определенного периода времени и/или в конкретных обстоятельствах [1–10]. Специфика профессиональной деятельности персонала объектов по УХО, относящихся к категории предприятий с особо опасными и неблагоприятными условиями труда, требует разработки специального методического обеспечения диагностики ФС работников.

Существенное значение для качественного решения задач диагностики функционального состояния работников имеет использование адекватных математических методов [11–13]. Индивидуальные психофизиологические характеристики, определяющие ФС персонала объектов по УХО, различаются. Но эти отличия могут быть не столь значительны, чтобы препятствовать объединению персонала в группы, близкие по своим характеристикам (кластеры). Такой подход способствует выявлению как общих (присущих представителям каждой группы), так и специфических (присущих представителям отдельной группы) свойств, что позволяет выявить специфику формирования функциональ-



ного состояния. Для группировки людей по характеристикам описания ФС целесообразно использовать методы кластерного анализа [7, 10, 12].

Кластерный анализ — это процедура разбиения множества (выборки) объектов (в контексте решаемой задачи — описаний ФС) на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из схожих объектов, а объекты разных кластеров существенно отличались.

Технология кластерного анализа в общем случае включает следующие этапы [7, 14]:

- 1) формирование выборки (множество объектов, описываемых совокупностью признаков);
- 2) расчет меры сходства (геометрической близости) между всеми возможными парами объектов;
- 3) последовательное группирование близких объектов;
- 4) исследование качества сформированной группировки.

Исходными данными являлись результаты комплексного динамического исследования ФС персонала трех объектов по уничтожению химического оружия.

Методы исследования

Для диагностики ФС персонала объектов по УХО и исследования динамики ФС использован диагностический комплекс, состоящий из нескольких блоков.

1. Блок физиологического обследования:

а) исследование состояния системы центральной и периферической гемодинамики в покое: систолическое (*САД*), диастолическое (*ДАД*), среднее (*СрАД*) артериальное давление, частота сердечных сокращений (*ЧСС*), ударный объем кровообращения (*УО*), сердечный выброс (*СВ*);

б) исследование вегетативной регуляции сердечной деятельности в покое, в положении сидя: максимальная (*Мх*) и минимальная (*Мн*) длительность кардиоинтервалов (*КИ*), их разность (*МхДМн*) и отношение (*МхРМн*); квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (*RMSSD*); доля *КИ* с разностью более 50 мс (*pNN50*); стандартное отклонение (*SDNN*), коэффициент вариации (*CV*), дисперсия (*D*), мода (*Mo*), амплитуда моды (*AMoSDNN*) длительностей *КИ*; амплитуда моды при ширине класса 50 мс (*AMo50*); амплитуда моды при ширине класса 1/128 с (*AMo7.8*); стресс-индекс (*SI*); мощность спектра кардиоинтервала (*TP*);

в) проведение функциональных нагрузочных проб с определением времени задержки дыхания на вдохе T_{III} (проба Штанге) и на выдохе $T_{Г}$ (проба

Генча), показателя реактивности в пробе Генча ($PP_{Г}$) и в пробе Штанге (PP_{III}).

2. Блок психофизиологического обследования:

а) определение времени простой (*ПСМР*) и сложной сенсомоторной реакции (*ССМР*);

б) тест дифференциальной самооценки функциональной системы по методике *САН* (*С* — самочувствие, *А* — активность, *Н* — настроение).

Комплексное психофизиологическое обследование проводилось среди 46 мужчин, занятых на работах по уничтожению химического оружия. Лица, вошедшие в эту группу, сопоставимы по антропометрическим показателям и стажу работы. Обследование проводили до и после четырехчасовой смены или в начале и в конце восьмичасового рабочего дня в зависимости от графика работы.

Результаты исследования и обсуждение

Для разделения обследуемых на классы был применен метод иерархической кластеризации Уорда [7, 14]. Анализ подвергалась таблица стандартизованных разностей значений перечисленных выше показателей, измеренных у персонала объектов по уничтожению химического оружия до и после рабочей смены. Полученная иерархическая диаграмма представлена на рисунке.

В результате кластерного анализа обследуемые разделены на два класса, различающиеся по типу реагирования на функциональную нагрузку в течение рабочей смены: кластер 1 ($n = 24$ человека) и кластер 2 ($n = 22$ человека). Средние значения показателей состояния в выделенных кластерах, полученные по нестандартизованным данным, приведены в таблице (проверка гипотезы о равенстве средних значений показателей в кластерах до и после смены выполнена по критерию знаков; проверка гипотезы о равенстве средних значений показателей между кластерами выполнена по критерию Манна—Уитни).

Для характеристики качества формирования кластеров использована процедура дискриминантного анализа к выборке с нестандартизованными значениями разностей показателей (до и после смены) у работников объекта по УХО, реализованная в соответствии с [7, 14]. Полученные дискриминантные функции имеют вид:

$$G_1 = -0,004\Delta MxDMn + 0,001\Delta YO - 0,033\Delta RMSSD + 0,002\Delta SI - 0,799, \quad (1)$$

$$G_2 = 0,035\Delta MxDMn + 0,141\Delta YO - 0,123\Delta RMSSD + 0,005\Delta SI - 4,708, \quad (2)$$

где G_1 и G_2 — значения дискриминантной функции для кластеров 1 и 2 соответственно.

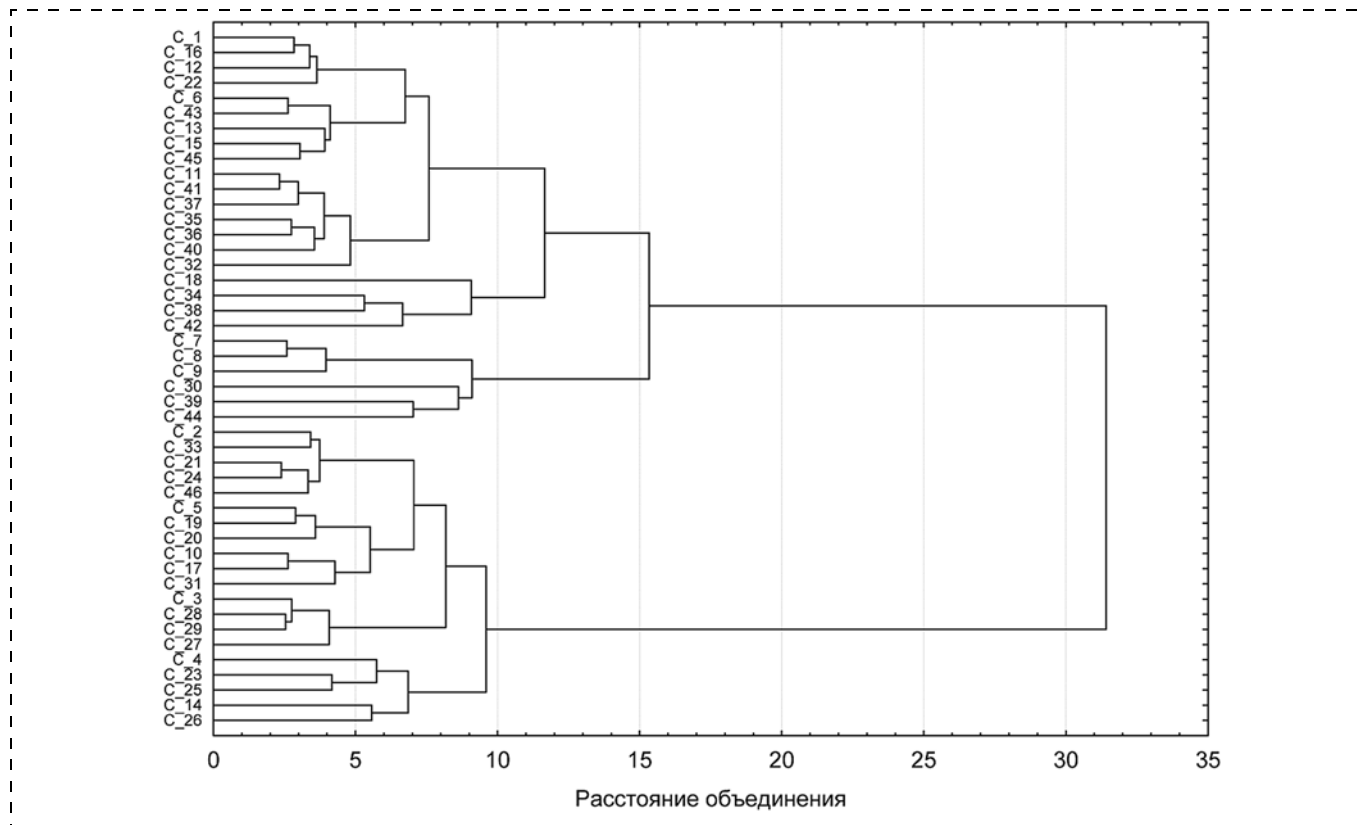


Диаграмма объединения обследуемых лиц в кластеры методом Уорда:

по оси ординат — C_1—C_46 — порядковые номера обследованных лиц; по оси абсцисс — расстояние объединения, усл. ед.

Обследуемый работник относится к кластеру, дискриминантная функция для которого максимальна. Результаты распознавания принадлежности персонала к двум выделенным кластерам свидетельствуют о том, что по четырем показателям ФС, вошедшим в формулы (1) и (2), обеспечивается безошибочная идентификация принадлежности к выделенным кластерам. Результаты анализа корреляционных связей указывают на значительно меньшую взаимную корреляцию показателей $MxDMn$, YO , $RMSSD$, SI , вошедших в дискриминантные функции, по сравнению с их корреляцией с остальными показателями. Таким образом, именно они несут существенную долю информации о показателях, не включенных в дискриминантные функции.

Распределение персонала по кластерам показывает, что ряд специалистов вошли только в один кластер, например, пробоотборщики и операторы стиральных машин только в кластер 1, операторы приготовления химрастворов — только в кластер 2, а аппаратчики и такелажники распределились по обоим кластерам. Отмечено статистически достоверное различие по возрасту обследованных: средний возраст в кластере 1 составляет 32,5 лет, в кластере 2 — 26,5 лет. Антропометрические данные,

стаж работы на объекте по УХО у лиц из кластеров 1 и 2 не имеют статистически достоверных различий.

Средние значения показателя активности регуляторных систем, определяемого по совокупности показателей вариальности сердечного ритма [15] и отражающего степень напряженности регуляторных систем организма, в кластерах 1 и 2 достоверно не различаются, что свидетельствует о сходном фоновом уровне вегетативной регуляции у обследованных лиц.

Субъективные оценки самочувствия по методике САИ показывают, что исходный уровень самооценки в обоих кластерах не имеет достоверных различий, равно как и уровень оценок самочувствия после рабочей смены. Имеет место достоверное снижение оценок по шкалам "самочувствие" и "активность" внутри обоих кластеров (до — после смены), в то время как по шкале "настроение" не отмечается статистически достоверных изменений в динамике. Такая картина характерна для рабочего утомления, степень которого варьирует от мало выраженного до максимального [8, 13, 16—17].

Скорость и качество нервных процессов, определяемых по показателям простой и сложной сенсорной реакции, в кластерах существенно не различаются и изменяются после рабочей смены незначительно. Функциональные резервы кардиорес-



Средние значения показателей функционального состояния в выделенных кластерах

Показатель	Кластер 1			Кластер 2			Межкластерные различия	
	До смены	После смены	<i>p</i>	До смены	После смены	<i>p</i>	<i>p</i> (до смены)	<i>p</i> (после смены)
<i>C</i> , усл. ед.	5,8	5,2	0,0003	5,8	5,1	0,00009	0,6	0,9
<i>A</i> , усл. ед.	5,8	5,1	0,004	5,6	5,1	0,006	0,6	0,9
<i>H</i> , усл. ед.	5,7	5,6	0,4	5,9	5,8	0,8	0,8	0,5
<i>PCMP</i> , мс	245	283	0,1	243	239	0,5	0,7	0,4
<i>CCMP</i> , мс	328	356	0,3	311	346	0,3	0,3	0,2
<i>T_Ш</i> , с	68	56	0,2	56	50	0,02	0,5	0,5
<i>T_Г</i> , с	30	31	0,8	28	28	0,4	0,6	0,2
<i>PP_Ш</i> , усл.ед.	1,05	1,05	0,2	1,05	1,06	0,1	0,3	0,02
<i>PP_Г</i> , усл.ед.	0,96	1,0	0,1	0,95	0,95	1,0	0,9	0,1
<i>ЧСС</i> , уд./мин.	80	83	0,8	87	73	0,0003	0,2	0,002
<i>Mx</i> , мс	835	809	0,8	765	966	0,00001	0,4	0,0003
<i>Mn</i> , мс	647	655	0,8	611	680	0,02	0,3	0,1
<i>MxDMn</i> , мс	182	170	0,5	193	279	0,00005	0,7	0,00004
<i>MxRMn</i> , усл.ед.	1,29	1,26	0,8	1,33	1,44	0,0003	0,8	0,0001
<i>RMSSD</i> , мс	20	19	0,8	24	34	0,00001	0,5	0,0001
<i>pNN50</i> , %	1,31	1,62	0,5	5,00	10,11	0,00005	0,4	0,0001
<i>SDNN</i> , мс	36	32	0,5	40	51	0,00005	0,6	0,00005
<i>CV</i> , %	5,14	4,33	0,2	5,52	6,80	0,0003	0,5	0,0003
<i>D</i> , мс ²	1264	1008	0,5	1562	2569	0,00005	0,6	0,00005
<i>Mo</i> , мс	750	713	0,7	682	810	0,00005	0,1	0,004
<i>AMoSDNN</i> , %	36,6	37,8	0,5	36,7	37,2	0,5	1,0	0,9
<i>AMo50</i> , %	56,3	62,3	0,2	54,7	39,6	0,00005	0,9	0,0001
<i>AMo7.8</i> , %	10,8	11,1	0,5	10,8	8,6	0,0003	0,7	0,002
<i>SI</i> , усл. ед.	218	254	0,3	214	87	0,00001	1,0	0,00005
<i>TP</i> , мс ²	1341	1180	0,5	1559	2702	0,00005	0,5	0,0002
<i>САД</i> , мм рт. ст.	119	112	0,04	125	118	0,7	0,1	0,1
<i>ДАД</i> , мм рт. ст.	77	78	0,3	77	72	0,5	0,9	0,2
<i>СрАД</i> , мм рт. ст.	82	86	0,04	85	83	0,8	0,9	0,5
<i>СВ</i> , л/мин	4,96	4,88	0,2	4,86	5,04	0,02	1,0	0,2
<i>УО</i> , мл	65	63	0,5	60	75	0,001	0,5	0,02

Примечание: *p* — уровень значимости (вероятность отвержения нулевой гипотезы, если она верна)

пираторной системы ухудшаются в кластере 2, что подтверждается уменьшением времени задержки дыхания в пробе Штанге после смены. В кластере 1 изменения результатов проб Штанге и Генча недостоверны, что свидетельствует о сохранении резервов кардиореспираторной системы на уровне, соответствующем исходному обследованию.

Различия фоновых показателей variability сердечного ритма, центрального и периферического кровообращения между кластерами статистически недостоверны. Следовательно, дифференцирующим признаком кластеров является характер нагрузки и реагирования функциональных систем на нее. Это утверждение подтверждается и тем, что variability сердечного ритма в кластере 1 практически не изменяется, в то время как в кластере 2 ее изменения весьма значительны. В кластере 2 ЧСС снижалась, а длительность кардиоинтервалов, отношение и разность максимального и минимального КИ увеличивались.

Это свидетельствует об увеличении variability сердечного ритма и снижении активности симпатической нервной системы после смены. Увеличение моды, а также продолжительности максимального и минимального КИ свидетельствуют о снижении тонуса симпатического звена вегетативной нервной системы и об активации звена парасимпатической регуляции [11, 15]. Увеличение суммарного показателя variability величин кардиоинтервалов, коэффициента вариации, дисперсии длительностей КИ свидетельствуют о снижении активности симпатического звена регуляции. Стресс-индекс, отражающий степень преобладания активности центральных механизмов регуляции над автономными, в кластере 2 после смены снижался на 60 % по сравнению с фоновым уровнем.

Резюмируя данные variability сердечного ритма в кластере 2, можно заключить, что после рабочей смены у работников возрастает суммарная активность регуляторных систем организма. При

этом активность симпатического звена регуляции снижается, а парасимпатического — растет. Такие изменения обусловлены снижением центральных влияний на ритм сердца и повышением активности автономной его регуляции [15, 16]. Это свидетельствует об улучшении ФС персонала кластера 2 после смены по сравнению с предсменным состоянием.

В кластере 1 не было выявлено статистически достоверной динамики показателей variability сердечного ритма до и после рабочей смены. Сопоставляя описания кластеров (см. таблицу), можно заключить, что у всех обследованных лиц перед рабочей сменой имеется психоэмоциональное напряжение, обуславливающее преобладание центральной симпатической регуляции над автономной парасимпатической (стресс-реакция). Это напряжение у более молодых работников (кластер 2) после работы сменяется психоэмоциональным расслаблением и нормализацией баланса симпатического и парасимпатического звеньев регуляции. У работников более старшего возраста (кластер 1) напряженность регуляторных систем и преобладание центрального симпатического звена над автономным парасимпатическим продолжается и после смены. Фоновый уровень показателя активности регуляторных систем все же несколько выше в кластере 2, что обусловлено более выраженными физиологическими реакциями, сопровождающимися психоэмоциональным напряжением, у молодых лиц.

Анализ показателей центральной и периферической гемодинамики до и после рабочей смены с учетом кластерной дифференциации показал следующее. В кластере 1 снижалось САД и возрастало СрАД. При этом сердечный выброс и ударный объем кровообращения изменялись статистически недостоверно. В кластере 2 выявлен лишь рост пульсового АД и увеличение УО сердца. Полученные данные свидетельствуют о том, что у работников старшего возраста (кластер 1) регуляторные механизмы не оптимальны, и изменения сосудистого тонуса, частоты и силы сердечных сокращений не приводят к конечному приспособительному результату — увеличению перфузии внутренних органов и тканей. У более молодых работников (кластер 2), напротив, после смены отмечают улучшение показателей гемодинамики, которое является адекватным ответом на рабочую нагрузку и приводит к конечному приспособительному результату — увеличению перфузии внутренних органов и тканей.

Заключение

Таким образом, у работников предприятий по уничтожению химического оружия в процессе тру-

довой деятельности накапливается психоэмоциональное напряжение, обуславливающее стрессорный характер регуляции, выявляемый на предсменном обследовании. Кластерный анализ репрезентативной выборки персонала, занятого на работах по УХО, позволил выявить две принципиально различные подгруппы работников, различающиеся возрастом и типом реагирования нервной и сердечно-сосудистой систем на рабочую нагрузку. А именно, у более молодых работников достаточно высокое психоэмоциональное напряжение до смены сменяется расслаблением и нормализацией баланса регуляторных систем после смены, а изменения гемодинамики направлены на достижение конечного приспособительного результата. У работников старшего возраста в силу ригидности регуляторных процессов меньшее психоэмоциональное напряжение до смены не сменяется расслаблением после смены, а продолжается далее, причем характер изменений гемодинамики у них не приводит к конечному приспособительному результату.

Полученные статистически достоверные изменения показателей центральной гемодинамики, вегетативного баланса, психофизиологической напряженности не вполне совпадают с субъективной оценкой состояния, которая указывает на развитие общего утомления для представителей обоих кластеров. Субъективно после смены персонал отмечает усталость и снижение активности, однако реакции нервной и сердечно-сосудистой систем нормализуются. Это свидетельствует об адекватности рабочей нагрузки функциональным резервам работников.

Список литературы

1. **Филатов Б. Н., Британов Н. Г., Клаучек В. В.** Медико-санитарные проблемы уничтожения химического оружия (российский опыт) // Хим. и биол. безопасность. — 2004. — № 1—2. — С. 9—20.
2. **Берзин И. А., Богомолов А. В., Сипаков А. С.** Управление здоровьем персонала, занятого на работах с химическим оружием // Хим. разоружение. — 2005. — № 8. — С. 10.
3. **Солдатов С. К., Филь С. Н., Радченко С. Н.** и др. Анализ общей заболеваемости персонала и населения зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия // Здоровье населения и среда обитания. — 2013. — № 12 (249). — С. 31—32.
4. **Ушаков И. Б., Бухтияров И. В., Солдатов С. К.** и др. Прогностические аспекты оценивания риска здоровью персонала химически опасных объектов // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 12. — С. 2—7.
5. **Берзин И. А., Богомолов А. В., Сипаков А. С.** Автоматизированная система медицинского мониторинга персонала объектов по уничтожению химического оружия // Пробл. безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2005. — № 6. — С. 44.
6. **Ушаков И. Б., Кукушкин Ю. А., Богомолов А. В., Карпов В. Н.** Потенциальная ненадежность действий оператора как характеристика степени влияния физико-химических фак-



- торов условий деятельности // Безопасность жизнедеятельности. — 2001. — № 1. — С. 24.
7. **Богомолов А. В.** Синтез выражения для расчета индекса соответствия объекта альтернативным классам по результатам многомерной статистической классификации // Информационные технологии. — 2000. — № 12. — С. 45—49.
 8. **Ушаков И. Б., Кукушкин Ю. А., Богомолов А. В.** Физиология труда и надежность деятельности человека. — М.: Наука, 2008. — 318 с.
 9. **Волохина А. Т., Иванова М. В., Прусенко Б. Е., Жданько И. М.** Разработка автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств операторов опасных производственных объектов и подбор методик для их улучшения // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 7. — С. 20—27.
 10. **Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А.** Концептуальные основы математического обеспечения обработки информации о функциональных состояниях операторов в инженерно-психологических и эргономических исследованиях // Развитие психологии в системе комплексного человекознания: Ч. 2 / Отв. ред. А. Л. Журавлев, В. А. Кольцова. — М.: Изд-во Ин-та психол. РАН, 2012. — С. 415—417.
 11. **Богомолов А. В., Гридин Л. А., Кукушкин Ю. А., Ушаков И. Б.** Диагностика состояния человека: математические подходы. — М.: Медицина, 2003. — 446 с.
 12. **Кукушкин Ю. А., Богомолов А. В.** Методы обработки информации в задачах диагностики функциональных состояний оператора // Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики: Вып. 3 / Под ред. В. А. Бодрова, А. Л. Журавлева. М.: Изд-во Ин-та психол. РАН, 2012. — С. 316—336.
 13. **Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Кукушкин Ю. А.** Паттерны функциональных состояний оператора. — М.: Наука, 2010. — 390 с.
 14. **Афифи А., Эйзен С.** Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ. — М.: Мир, 1982. — 487 с.
 15. **Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клецкин С. З.** Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. — М.: Наука, 1984. — 98 с.
 16. **Генкин А. А., Медведев В. И.** Прогнозирование психофизиологических состояний. — Л.: Наука, 1973. — 137 с.
 17. **Горячкина Т. Г., Ушаков И. Б., Евдокимов В. И., Богомолов А. В.** Методико-методологические рекомендации авторам инноваций по диагностике функционального состояния человека-оператора // Технологии живых систем. — 2006. — Т. 3, № 3. — С. 33—38.

I. M. Zhdanko, Chief of Center, **A. A. Vorona**, Professor, Chief Researcher, **S. D. Chistov**, Head of Laboratory, e-mail: sd.chistov@gmail.com, Central Research Institute of Military Air Force, Moscow, **S. N. Fil'**, Senior Inspector, Federal Office for the safe storage and destruction of chemical weapons, Moscow

Functional Status Features of Chemical Weapons Destruction Facilities Personnel

The results of studies of functional status (FS) of chemical weapons destruction (CWD) facilities staff presented. Cluster analysis of psychophysiological data revealed that two types of reaction of the nervous and cardiovascular systems on the workload of the CWD facilities staff possible, depending on the age and regardless of the initial FS. The medical control led to the conclusion that a change in the speed and quality of neural processes during the shift is not as significant as the change in autonomic regulation and hemodynamics. This indicates the adequacy of the workload to workers' functional reserves.

Keywords: occupational health, psychophysiological status, occupational medicine, destruction of chemical weapons facilities staff

References

1. **Filatov B. N., Britanov N. G., Klauchek V. V.** Mediko-sanitarnye problemy unichtozhenija himicheskogo oruzhija (rossijskij opyt). *Him. i biol. bezopasnost'*. 2004. N. 1—2. P. 9—20.
2. **Berzin I. A., Bogomolov A. V., Sipakov A. S.** Upravlenie zdorov'em personala, zanjatogo na rabotah s himicheskim oruzhiem. *Him. razoruzhenie*. 2005. N. 8. P. 10.
3. **Soldatov S. K., Fil' S. N., Radchenko S. N.** et al. Analiz obshhej zaboлеваemosti personala i naselenija zony zashhitnyh meroprijatij ob'ekta po unichtozheniju himicheskogo oruzhija. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija*. 2013. N. 12 (249). P. 31—32.
4. **Ushakov I. B., Buhtijarov I. V., Soldatov S. K.** et al. Prognosticheskie aspekty ocenivaniya riska zdorov'ju personala himicheski opasnyh ob'ektov. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. N. 12. P. 2—7.
5. **Berzin I. A., Bogomolov A. V., Sipakov A. S.** Avtomatizirovannaja sistema medicinskogo monitoringa personala ob'ektov po unichtozheniju himicheskogo oruzhija. *Probl. bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij*. 2005. N. 6. P. 44.
6. **Ushakov I. B., Kukushkin Ju. A., Bogomolov A. V., Karpov V. N.** Potencial'naja nenadezhnost' dejstvij operatora kak harakteristika stepeni vlijanija fiziko-himicheskikh faktorov uslovij dejatel'nosti. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2001. N. 1. P. 24.
7. **Bogomolov A. V.** Sintez vyrazhenija dlja raschjota indeksa sootvetstvija ob'ekta al'ternativnym klassam po rezul'tatam mnogomernoj statisticheskoj klassifikacii. *Informacionnye tehnologii*. 2000. N. 12. P. 45—49.
8. **Ushakov I. B., Kukushkin Ju. A., Bogomolov A. V.** Fiziolgija truda i nadezhnost' dejatel'nosti cheloveka. Moscow: Nauka, 2008. 318 p.
9. **Volohina A. T., Ivanova M. V., Prusenko B. E., Zhdan'ko I. M.** Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy

- ocenki professional'no vaznykh kachestv operatorov opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov i podbor metodik dlja ih uluchsheniya. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2008. N. 7. P. 20—27.
10. **Bogomolov A. V., Kukushkin Ju. A.** Konceptual'nye osnovy matematicheskogo obespechenija obrabotki informacii o funkcional'nykh sostojanijah operatorov v inzhenerno-psihologicheskikh i jergonomicheskikh issledovanijah. Razvitie psihologii v sisteme kompleksnogo chelovekoznanija: Part 2 / Otv. red. A. L. Zhuravlev, V. A. Kol'cova. Moscow: Izd-vo In-ta psihol. RAN, 2012. P. 415—417.
 11. **Bogomolov A. V., Gridin L. A., Kukushkin Ju. A., Ushakov I. B.** Diagnostika sostojanija cheloveka: matematicheskie podhody. Moscow: Medicina, 2003. 446 p.
 12. **Kukushkin Ju. A., Bogomolov A. V.** Metody obrabotki informacii v zadachah diagnostiki funkcional'nykh sostojanij operatora. Aktual'nye problemy psihologii truda, inzhenernoj psihologii i jergonomiki: Vol. 3 / Ed. by V. A. Bodrova, A. L. Zhuravleva. Moscow: Izd-vo In-ta psihol. RAN, 2012. P. 316—336.
 13. **Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Kukushkin Ju. A.** Patterny funkcional'nykh sostojanij operatora. Moscow: Nauka, 2010. 390 p.
 14. **Affi A., Jeizen S.** Statisticheskij analiz: podhod s ispol'zovaniem JeVM. Moscow: Mir, 1982. 487 p.
 15. **Baevskij R. M., Kirillov O. I., Kleckin S. Z.** Matematicheskij analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse. Moscow: Nauka, 1984. 98 p.
 16. **Genkin A. A., Medvedev V. I.** Prognozirovanie psihofiziologicheskikh sostojanij. Leningrad: Nauka, 1973. 137 p.
 17. **Gorjachkina T. G., Ushakov I. B., Evdokimov V. I., Bogomolov A. V.** Metodiko-metodologicheskie rekomendacii avtoram innovacij po diagnostike funkcional'nogo sostojanija cheloveka-operatora. *Tehnologii zhivykh sistem*. 2006. Vol. 3, N. 3. P. 33—38.

УДК 331.45

С. А. Родимцев, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **Е. И. Патрин**, асп., ассистент кафедры, e-mail: patrine@mail.ru, **О. В. Тимохин**, канд. техн. наук, доц. кафедры, **А. А. Шапенкова**, асп., ассистент кафедры, Орловский государственный аграрный университет

Оценка шумовых характеристик при работе колосовой молотилки в сопоставимых условиях

В статье обоснована необходимость решения вопросов, связанных с неблагоприятным акустическим воздействием на операторов средств малой механизации селекционно-семеноводческого процесса в растениеводстве. Описаны метод оценки совокупной области опасных значений шумовых характеристик оборудования в схожих условиях и специализированное приспособление для проведения акустических исследований. Результаты методического эксперимента на примере работы колосовой молотилки позволяют утверждать, что предлагаемые методические предпосылки могут использоваться для определения области звукового давления, превосходящего допустимые пределы, и рекомендовать применение СИЗ, обладающих необходимой акустической эффективностью.

Ключевые слова: шумовые характеристики, технический метод, безопасность, колосовая молотилка, селекционно-семеноводческий процесс, средства индивидуальной защиты, профессиональные заболевания, средства малой механизации, шумомер-анализатор, измерительная поверхность

Сельское хозяйство продолжает оставаться в числе наиболее опасных видов экономической деятельности по уровням производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, занимая второе место после обрабатывающих производств. При этом, воздействие физических факторов является причиной возникновения профессиональных заболеваний работников в 43 % случаев, более чем в два раза опережая влияние такого распространенного фактора, как воздействие промышленных аэрозолей (21 % от всех обстоятельств и условий возникновения хронических профзаболеваний и отравлений) [1].

Одним из ведущих вредных воздействий физического характера на работников является шум. Следствием действия шума на слуховой анализатор человека является развитие сенсоневральной тугоухости (глухоты). При длительном воздействии шума на центральную нервную систему отмечаются быстрая утомляемость, ослабление памяти, снижение внимания, потеря работоспособности, повышенная раздражительность, нарушение сна, общая слабость и др. Шум вызывает выраженные изменения в работе сердечно-сосудистой системы. Изменяется функциональное состояние вестибулярного анализатора. Интенсивный шум неблаго-

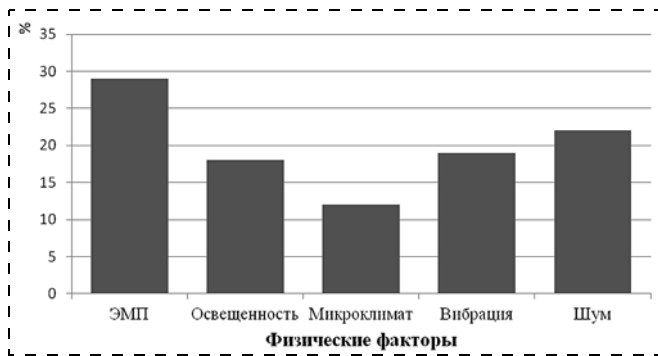


Рис. 1. Несоблюдение гигиенических нормативов по физическим факторам на обследованных промышленных предприятиях

приятно действует на эндокринную систему человека.

По данным Роспотребнадзора [2], по стране в целом шум занимает второе место по несоответствию гигиеническим нормативам (рис. 1). В сельскохозяйственном производстве 83,6 % и более рабочих мест не соответствуют гигиеническим требованиям по шуму [3].

Одним из наиболее шумных процессов в АПК является обмолот хлебной массы. Ударно-истирающее воздействие на обмолачиваемую массу рабочих органов молотильно-сепарирующих устройств, вибрации узлов и деталей молотилок, слабая акустическая защита и большие окружные скорости приводных элементов определяют повышенный уровень шума. В значительной мере это относится к технологической операции обмолота снопового материала стационарными молотилками в селекционно-семеноводческом процессе (ССП). Здесь эквивалентный уровень шума может достигать значения 156 дБА и более, что в несколько раз превышает допустимый предел, установленный для рабочих мест в помещениях лабораторий с шумным оборудованием (табл. 1).

На различных этапах селекции и первичного семеноводства используют большое количество молотильно-сепарирующих устройств: молотилки колосовые НЕГЕ 16, LD-180, МК-1М, МКС-1М; молотилки для зернобобовых культур МЗ-1, МЗБ-1; МПС-1М; молотилки для обмолота отдельных

Таблица 1

Предельно допустимые уровни звукового давления и эквивалентный уровень звука для рабочих мест в помещениях лабораторий с шумным оборудованием [4]

Уровень звукового давления L , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Эквивалентный уровень звука $L_{\text{АЭКВ}}$, дБА
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
91	83	77	73	70	68	66	64	75

зернобобовых растений МБК-1; молотилки пучково-сноповые МСС-1, МПС-60, МПСУ-500; молотилки-терки пучково-сноповые МПСУ-500М и др.

Технические характеристики и эргономические показатели этих устройств значительно отличаются как по типам, так и в зависимости от состояния обрабатываемого материала и условий эксплуатации. В то же время следует отметить, что техника, используемая в СПП еще недостаточно изучена в отношении соответствия гигиеническим нормам рабочих мест операторов.

Для контроля соответствия фактических уровней шума на рабочих местах, допустимых по действующим нормам, производятся измерения уровня шума. Результаты измерений представляют в табличной или графической форме, отражают численные уровни звукового давления для соответствующих октавных полос. При этом наиболее предпочтительным является сравнительный наглядный анализ по графику ломаных кривых, образованных точками допустимых и фактических значений октавных уровней звукового давления.

Выбор индивидуальных средств защиты органов слуха обусловлен величиной звукового давления и частотными характеристиками шума.

В определенных ситуациях, например, в нескольких сопоставимых по действующим факторам условиях или при схожих показателях шума устройства в различных режимах), эффективность защиты органов слуха может быть обеспечена принятием общего решения по виду и типу предлагаемых СИЗ.

Сложность такого подхода обусловлена значительной вариацией численных значений уровней звукового давления L в сопряженных частотах f_q , не позволяющая выявить характер тренда соотносимых зависимостей

$$L = f(f_q).$$

С целью отождествления оценки и нахождения совокупной области опасных значений шумовых характеристик групп подобных источников шума предложен новый метод, основанный на вычислении координат точек пересечения теоретических линий тренда, образованных фактическими и допустимыми значениями уровней звукового давления для соответствующих групп частот.

Аппроксимация линейными или степенными полиномами фактических и допустимых значений уровня звукового давления осуществляется с помощью известного в математической статистике и теории вероятностей метода наименьших квадратов, а поиск точек пересечения кривых (прямых) на плоскости — типичная алгебраическая задача, решение которой позволяет определить пределы частотного поля с опасными значениями уровней звукового давления.

Таблица 2

Технические характеристики молотилки Wintersteiger LD-180

Частота вращения вала ротора, мин ⁻¹	600...1200
Частота вращения вентилятора, мин ⁻¹	1720
Питание от электрической сети напряжением, В	380
Мощность двигателя, Вт	750
Габаритные размеры, мм:	
длина	750
ширина	450...750
высота	1100
Масса, кг	60

С целью апробации изложенной методики были выполнены измерения параметров шума некоего источника. Объектом исследования была выбрана селекционная молотилка Wintersteiger LD-180 (Австрия), применяемая для обмолота отдельных растений на I и II этапах селекционно-опытной работы. Технические характеристики машины приведены в табл. 2.

Предметом исследования являлась возможность аналитической оценки зоны значений звукового давления, превышающая допустимые уровни.

Методическими предпосылками при определении шумовых характеристик молотилки послужили требования, изложенные в нормативно-технической документации ССБТ.

Техническим средством измерения параметров шума выбран шумомер-анализатор спектров "Октава 101-АМ", класс точности 1, диапазон измерений 16...146 дБА, в комплекте с персональным компьютером, позволяющим обеспечить удобство и наглядность при проведении измерений. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах принимались в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.003—83.

При выборе метода определения шумовых характеристик машины (технический метод по ГОСТ 12.1.026—80) учитывалось, что оценка параметров шума производилась в специально подготовленном помещении исследовательского корпуса Орел ГАУ. В соответствии с требованиями указанного стандарта объект исследования устанавливали в середине измерительной площадки с размерами, удовлетворяющими условию свободного звукового поля и размещению точек измерения 1...8 (рис. 2). С учетом фактических габаритных размеров молотилки площадь измерительной поверхности составила 18,8 м².

С целью снижения погрешности опытов, повышения результативности измерений и удобства проведения исследований, разработано приспособление для фиксации шумомера в требуемом положении [4].

Это приспособление (рис. 3) состоит из штатива, выполненного на базе складного проекционного

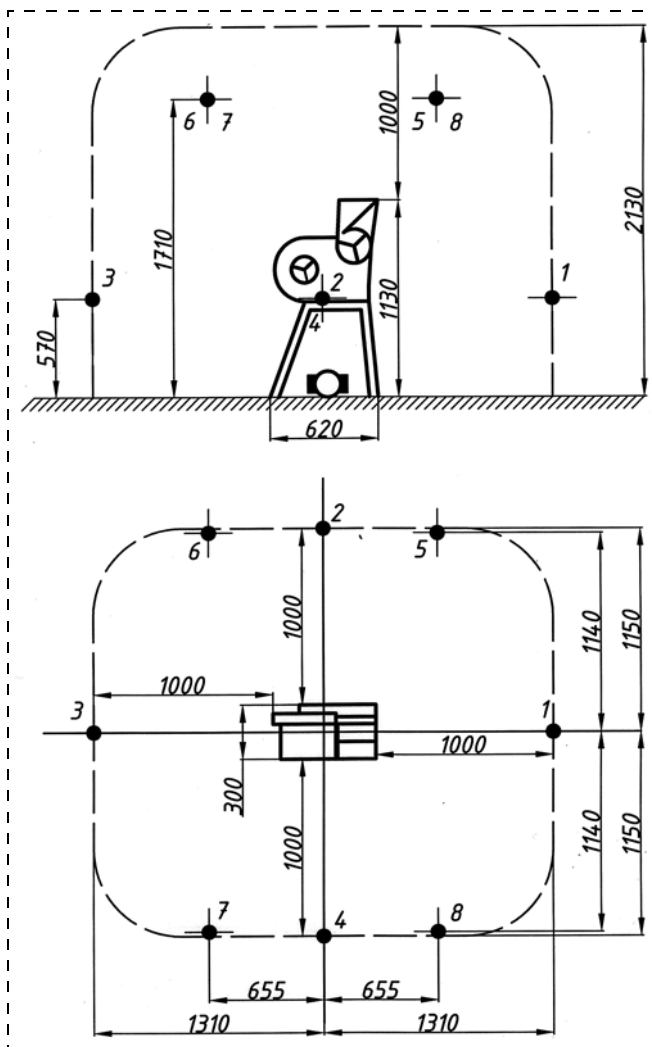


Рис. 2. Измерительная поверхность для молотилки Wintersteiger LD-180

экрана, прикрепленной к нему платформы, предназначенной для установки ПК, и кронштейна, смонтированного с помощью хомута на выдвижной секции телескопической штанги штатива. Регистрация и запись получаемых данных осуществляется установленным на кронштейне шумомером, связанным с ПК электрическим кабелем. Перед началом эксперимента штатив устанавливается таким образом, чтобы положение шумомера совпадало с координатами точек измерения звукового поля. Корректировка режимов работы прибора и предварительная статистическая обработка выполняется с помощью ПК.

Исследования проводили на холостых и рабочих режимах работы при частоте вращения ротора, соответствующей техническим характеристикам молотилки. При обмолоте использовались растения зерновых колосовых культур. Математическая обработка первичных экспериментальных данных



Рис. 3. Специализированное приспособление для проведения исследований по измерению шумовых характеристик

проводилась с помощью известных методов математической статистики.

В ходе исследований установлено, что независимо от режимов работы, нагрузки молотилки и точек измерений, характер распределения значений звукового давления в октавных частотах звукового поля подчиняются определенной закономерности (рис. 4). Так, наибольшие значения звукового давления соответствуют пределам частот от 500 до 2000 Гц, наименьшие — от 63 до 125 Гц.

По направленности излучения источников шума, наибольшими уровнями звукового давления характеризуются точки измерения 2, 3, 4, наименьшими 1, 5, 8 (см. рис. 2). Максимальные уровни звукового давления в точках 2, 3, 4 объясняются работой аспирационной системы и механизмов привода молотильного ротора.

Сравнительные измерения звукового давления при холостом и рабочем режимах работы молотилки показали, что эквивалентный уровень шума L повышается в среднем на 2,2 дБА при увеличении частоты вращения ротора на 300 мин^{-1} (рис. 5). Эквивалентные значения уровней звукового давления на рабочем режиме увеличиваются на 4,4...6,1

дБА по сравнению с холостым режимом. Однако характер зависимости в целом не изменяется.

Результаты проведенных измерений выявили, что эквивалентные уровни звукового давления превышают допустимые нормы на 7,0; 11,2; 12,2 дБ, соответственно, в трех режимах вращения вала ротора.

На рис. 6 приведены результаты регрессионного анализа для точек, образованных допускаемыми и фактическими значениями уровней звукового давления. Последние представляют собой средние показатели уровней звукового давления в составных полосах частот по точкам измерений, обобщающие шумовые характеристики машины в пределах всего звукового пространства.

Аппроксимация прикладных полиномов выполнялась с использованием кодированных значений, заменивших натуральные переменные по оси $f_{\text{сг}}$ среднегеометрических частот.

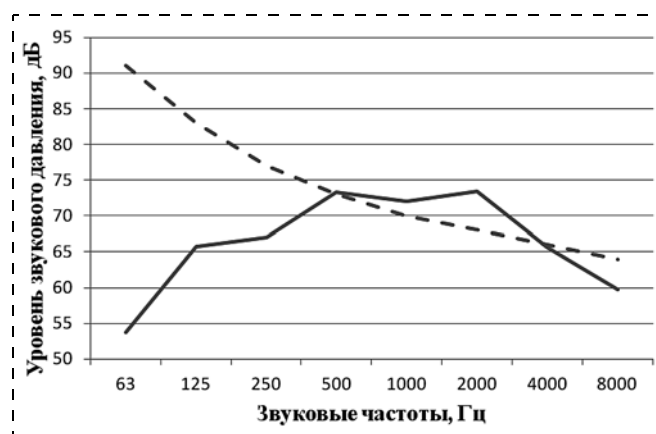


Рис. 4. Характер изменения среднего уровня звукового давления в октавных частотах звукового поля при холостом режиме работы молотилки:

— — — — допустимые значения; — — — — средний уровень звукового давления

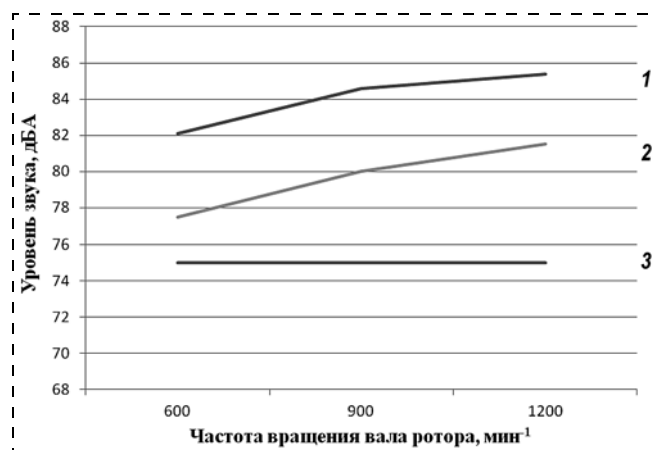


Рис. 5. Эквивалентные уровни звука при холостом и рабочем режимах работы молотилки:

1 — фактические значения (холостой режим); 2 — фактические значения (рабочий режим); 3 — допустимые значения

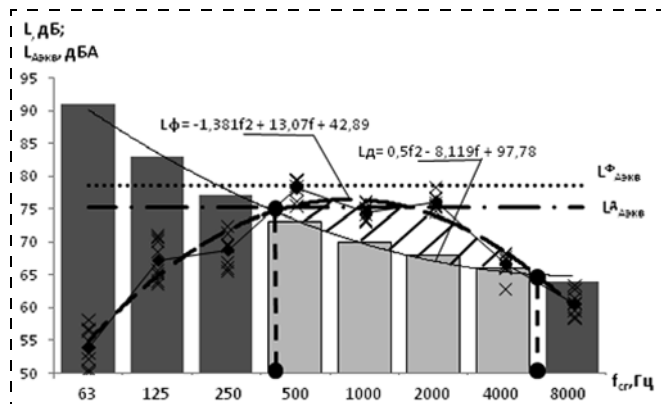


Рис. 6. График к определению опасной зоны шумовых характеристик колосовой молотилки Wintersteiger:

— — полиномиальная линия тренда допустимых уровней звукового давления; — — — — полиномиальная линия тренда фактических уровней звукового давления; ••••• — фактическое значение эквивалентного уровня звука; — — — — значение допустимого эквивалентного уровня звука; ▨ — область опасных значений звуковых частот; ▨ — пределы частотного поля с опасными значениями уровней звукового давления; — — — — усредненная кривая экспериментальных значений

Адекватность полученных математических моделей подтверждается расчетными показателями: дисперсия адекватности $D_{ад}$; среднеквадратическое отклонение σ ; средняя относительная погрешность $d_{отн}$, сведенными в табл. 3.

Используя метод вычисления координат точек пересечения двух кривых, найдены абсциссы $f_{ср}^1 = 500$ Гц и $f_{ср}^2 = 4000$ Гц на оси значений среднегеометрических частот, ограничивающие область частотных полос со значениями звукового давления, превышающими допустимые.

На основании полученных в ходе замеров значений максимальных уровней звукового давления и соответствующих им координат опасной области звуковых частот из предлагаемого набора СИЗ органов слуха можно рекомендовать применение противошумовых вкладышей группы Б. Необходимая акустическая эффективность последних будет определяться разностью фактического и допустимого уровней звукового давления (табл. 4).

Таблица 3

Показатели адекватности математических моделей

Уравнения	$D_{ад}$	σ	$d_{отн}$
$L_{д} = 0,5f^2 - 8,119f + 97,78$	0,06	0,255	0,032
$L_{ф} = -1,381f^2 + 13,07f + 42,89$	0,61	0,781	0,098

Таблица 4

Потребное снижение уровня звукового давления средствами защиты органов слуха оператора молотилки Wintersteiger LD-180

Среднегеометрические частоты, Гц	500	1000	2000	4000
Снижение уровня звукового давления, не менее, дБ	2,3	2	5,4	2

Таким образом, очевидно, что предлагаемый метод позволяет определить совокупную область подобных групп значений шумовых характеристик, превышающих допустимые пределы, и, следовательно, может быть использован при обосновании рекомендаций по применению образцов СИЗ, обладающих необходимой акустической эффективностью.

Список литературы

- Буренко Л. А., Лялякин В. П., Фурман И. В., Грачев Н. Н. О мерах по снижению травматизма и профессиональных заболеваний в АПК // Безопасность и охрана труда. — 2013. — № 1. — С. 15—19.
- Константинов О. А., Стерликов А. В. Гигиеническая оценка акустического фактора при аттестации рабочих мест по условиям труда // Безопасность и охрана труда. — 2007. — № 4. — С. 25—28.
- О результатах надзора за условиями труда работающих в агропромышленном комплексе и на промышленных объектах <http://maikop.bezformata.ru/listnews/usloviyami-trudarabotayushih-v/13226119/> (дата обращения: 22.11.2014).
- Родимцев С. А., Патрин Е. И. Определение шумовых характеристик при работе малогабаритной молотилки: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства // Сборник материалов международной научно-практической конференции 4—5 апреля 2013 года. — Орел: изд. Орел ГАУ, 2013. — С. 422—430.

S. A. Rodimcev, Head of the Chair, E. I. Patrin, Assistant, e-mail: patrine@mail.ru, O. V. Timohin, Associate Professor, A. A. Shapenkova, Assistant, Orel State Agrarian University

Evaluation of Noise Characteristics at Work Spearment Thresher Under Comparable Conditions

The paper substantiates the need to address issues related to adverse acoustic impact on operators of small tools and seed selection and production process in the plant. Describes the method of estimating the total area of hazardous noise emission values of equipment in similar conditions and specialized tool for acoustic research.



Methodological experiment results on the example of spearmint thresher suggest that the proposed methodological prerequisites can be used to determine the field of sound pressure exceeding the permissible limits and to recommend the use of PPE with the necessary acoustic efficiency.

Keywords: noise characteristics, technical method, safety, kolosov thresher, breeding and seed production process, personal protective equipment, occupational diseases, rigging, sound level meter, analyzer, measuring surface

References

1. **Burenko L. A., Ljaljakin V. P., Furman I. V., Grachev N. N.** O merah po snizhemju travmatizma Тprofessional'nyh zaboлевanij v APK. *Bezopasnost' i ohrana truda*. 2013. N. 1. P. 15—19.
2. **Konstantinov O. A., Sterlikov A. V.** Gigienicheskaja ocenka akusticheskogo faktora pri attestacii rabochih mest po uslovijam truda. *Bezopasnost' i ohrana truda*. 2007. N. 4. P. 25—28.
3. **O rezul'tatah** nadzora za uslovijami truda rabotajushhij v agropromyshlennom komplekse i na promyshlennyh

ob'ektah <http://maikop.bezformata.ru/listnews/usloviyami-truda-rabotayushih-v/13226119/> (data obrashhenija: 22.11.2014).

4. **Rodimcev S. A., Patrin E. I.** Opreделение shumovyh harakteristik pri rabote malogabaritnoj molotilki. Osobennosti tehničeskogo i tehnologičeskogo osnashhenija sovremennogo sel'skhozajstvennogo proizvodstva. *Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii 4—5 apreļa 2013 goda*. Orel: izd. Orel GAU, 2013. P. 422—430.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ INDUSTRIAL SAFETY

УДК 533, 613.6, 616-001.2

С. В. Анахов, канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедрой, e-mail: sergej.anahov@rsvpu.ru, Российский государственный профессионально-педагогический университет, Екатеринбург,

Ю. А. Пыкин, д-р техн. наук, проф. кафедры, Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

Электродплазменные технологии: проектирование с учетом факторов безопасности

Рассмотрены принципы и факторы проектирования электродплазменных технологий. Обращено внимание на многофакторность задач и необходимость соблюдения принципов функциональности, оптимальности и системности при проектировании плазмотронов. Отдельно рассмотрены принципы и методы проектирования, направленные на повышение безопасности плазменных технологий. Главное направление такого проектирования — профилирование газовоздушного тракта плазмотронов, внедрение современных технологий резки узкоструйной плазмой с двухконтурной подачей газовых потоков.

Представлены результаты исследования плазмотронов по факторам безопасности: акустическому, видимому и ультрафиолетовому излучению. Показано, что профилирование газовоздушных трактов плазмотронов может снизить уровень их негативного воздействия.

Ключевые слова: плазмотрон, электродплазменные технологии, проектирование, факторы безопасности, шум, излучение, функциональность, оптимизация, системность

Плазмотрон или генератор низкотемпературной плазмы — основной элемент любой электродплазменной технологии (ЭПТ). В широком ряду таких технологий наибольшее применение в настоящее время имеют системы плазменной резки, широкое внедрение которых должно обеспечиваться конку-

рентными преимуществами по сравнению с другими методами разделки материалов. Совершенствование любой ЭПТ должно начинаться с улучшения параметров работы основного ее элемента — плазмотрона, достигаемого путем проектирования и конструирования его основных узлов.

1. Принципы и факторы проектирования электроплазменного оборудования

Проектирование плазмотронов, как и большинства технологических устройств, как правило, осуществляется с учетом целого ряда принципов и факторов, которые можно классифицировать по трем основным группам (рис. 1).

Применение **функционального принципа** подразумевает достижение в результате проектирования определенных показателей назначения объекта. Применительно к плазменному оборудованию и технологиям, как правило, речь должна идти о максимальных значениях производительности, надежности и качества процесса. Однако в последнее время все большее внимание как отечественные, так и зарубежные производители плазмотронов начинают уделять проблеме безопасного их применения [1]. Большие электрические мощности, брызги расплавленного металла и опасность поражения плазменной дугой заставляют конструктора уже на стадии технического задания учитывать регламентируемые ГОСТами и СНиПами параметры безопасности. Необходимо в большинстве случаев обращать внимание как на химические (газы, пыль, аэрозоли), так и на физические (шум [2, 3], электромагнитное излучение различных видов [4]) факторы (рис. 2), вредное воздействие ко-



Рис. 2. Факторы безопасности плазменных технологий



Рис. 1. Принципы и факторы проектирования плазменного оборудования

торых может быть снижено в процессе проектирования их источника — плазмотрона, либо уменьшено путем применения методов и средств защиты.

Успешная реализация функционального принципа проектирования плазменного оборудования возможна только при комплексном учете большого числа факторов, связанных с конструкцией плазмотронов и технологией их применения. При этом следует принять во внимание широкую номенклатуру плазмотронов как по признакам назначения (инструментальные, плазмохимические, металлургические и т. д.), так и по конкретным конструкциям различных производителей. К примеру, на современном российском рынке плазмотронов для резки металлов имеются десятки предложений зарубежных производителей, среди которых есть продукция, не имеющая аналогов в номенклатуре отечественных устройств — технология "точной" или "сжатой" плазмы.

Широкое разнообразие конструкций позволяет проектировщику опереться на известные, хотя и далеко не полные, информационно-справочные модели (каталоги структурных элементов и конструктивных решений), но при этом требует применения **принципа оптимального проектирования** (см. рис. 1) в процессе получения наилучшего результата.

Серьезно осложняет задачу проектирования многофакторность большинства показателей назначения, классифицируемых по широкому числу признаков, которые в свою очередь зависят от большого количества газодинамических, электро- и теплофизических параметров процесса. Многофакторной является также задача проектирования, направленная на повышение безопасности применения плазмотронов, тесно связанная с учетом конструктивных и технологических факторов проектирования (см. рис. 1), а также упомянутого выше большого числа опасных и вредных факторов безо-



Рис. 3. Источники и факторы шумообразования в зоне плазменной резки

пасности технологий (см. рис. 2). С точки зрения авторов в процессе проектирования плазматронов можно добиться снижения степени негативного воздействия, в первую очередь, акустического фактора, однако данная задача также является многофакторной (рис. 3) и требует проведения широких исследований и разработки соответствующих принципов и методов проектирования.

Применение **системного принципа** при проектировании плазматронов и технологий означает разработку не отдельных узлов плазматрона, а всей его конструкции, функционирующей в единстве как ее отдельных элементов, так и всех ее подсистем, а также учет накопленного к данному моменту исторического опыта проектирования. Отметим в этой связи, что те достижения в сфере проектирования электроплазменного оборудования, которыми заслуженно гордятся ученые и инженеры России и бывших союзных республик, безусловно, свидетельствуют о солидной фундаментальной основе, способствующей дальнейшему развитию плазменных технологий. Преимущество подразумевает также и учет этапов жизненного цикла объекта и тесно связана с критериями надежности и эффективности его применения.

Направление на практическую полезность при проектировании ставит задачу обоснования основных целей для всех системных элементов объекта. Так, основные функциональные характеристики плазматрона (расход и давление плазмообразующего газа (ПОГ), скорость истечения и температура струи и т. д.) в значительной степени зависят от работы соответствующих технологических подсистем (источника питания, системы подачи ПОГ и охлаждения), а любое их изменение

сказывается на надежности и качестве работы, вызывает социально-экономические и экологические последствия. Например, профилирование тракта плазматрона помимо поиска новых конструктивных решений должно быть обосновано с точки зрения газодинамической, теплофизической и энергетической эффективности, а также учитывать факторы, определяющие безопасность технологии.

Системный принцип, рассмотренный с этой точки зрения, подразумевает также включение в сферу проектирования самого человека вместе с окружающей его средой, когда электроплазменные технологии рассматриваются в различных аспектах экологической и производственной безопасности.

Как уже было отмечено, одновременное применение в процессе проектирования принципов функциональности и системности требует оптимизации по целому ряду иногда взаимно противоречивых (конфликтных) критериев, определяющих эффективность процесса. Эффективность применительно к электроплазменным технологиям означает, что очевидная задача улучшения энергетических показателей процесса (потребляемой мощности при высоком тепловом КПД, температуры плазменной среды, кинетической энергии струи и переносимых ею частиц) должна быть сопряжена с анализом обеспечения критериев надежности, качества и безопасности.

Например, рост плотности тока плазменной дуги способствует повышению производительности при резке металла. Однако при этом, как правило, ухудшается качество реза (за счет образования большой зоны термического влияния), растут потери металла, а также возрастают энергопотребление, расход сменных деталей и плазмообразующих газов. Помимо этого увеличивается и риск электропоражения, усиливается воздействие на рабочий персонал шумовых, электромагнитных и ряда других вредных факторов. В результате возникает целый комплекс причин, сдерживающих широкое внедрение таких технологий. Следовательно, при проектировании плазматрона или использующей его технологии следует, опираясь на **принцип оптимальности** (см. рис. 1), находить непротиворечивые решения применительно к конкретному процессу, обрабатываемому материалу и условиям его безопасного применения. Очевидно также, что и сам процесс проектирования должен быть оптимизированным и основываться на применении современных эффективных методов достижения запланированных результатов.

2. Принципы и методы "безопасного" проектирования

С учетом сказанного выше актуальной представляется задача анализа эффективности проектирования современных плазматронов не только с точки зрения улучшения функциональных параметров их работы и достижения качественных показателей воздействия на материал, но и с учетом факторов безопасности их применения.

Авторами был разработан метод газодинамического профилирования плазматронов, направленный на снижение газодинамических потерь по тракту плазматрона, уменьшение степени турбулентности потока и борьбу с резонансными явлениями внутри плазматрона. В основе метода — выравнивание распределения потока газа по сечению тракта, уменьшение перепадов давления газа и возмущений в потоке плазмообразующего газа, оптимизация геометрии завихрителя и сопряженное (катод—сопло—завихритель) профилирование соплового узла плазматрона. Все это позволяет создать условия для максимального обжата и стабилизации электрической дуги, перемещения ее приэлектродных участков по поверхности электродов, снижения турбулентных пульсаций (вероятности шунтирования и резонансного акустического излучения), формирования газодинамического и акустического профилей плазменной струи.

Отдельной задачей проектирования (сопряженной с целями газодинамического профилирования) была борьба с повышенным шумоизлучением плазматронов. В процессе решения этой задачи были сформулированы принципы акустического ("безопасного") проектирования.

1. Профилирование газозвдушного тракта (ГВТ) (рис. 4) в целях устранения условий для резонансного возбуждения тональных составляющих акустического спектра шумоизлучения плазматрона.

2. Формирование условий истечения плазменной струи, обеспечивающих минимальный уровень аэродинамического шума.

Реализация данных принципов, по мнению авторов, должна осуществляться перечисленными ниже методами акустического ("безопасного") проектирования.

1. Оптимизацией геометрии завихрителя плазматрона, обеспечивающего минимальный размер акустического ядра плазменной струи.

2. Технологически возможным уменьшением диаметра сопла плазматрона и скорости истечения струи.

3. Профилированием ГВТ плазматрона в целях снижения степени турбулентности потока ПОГ.

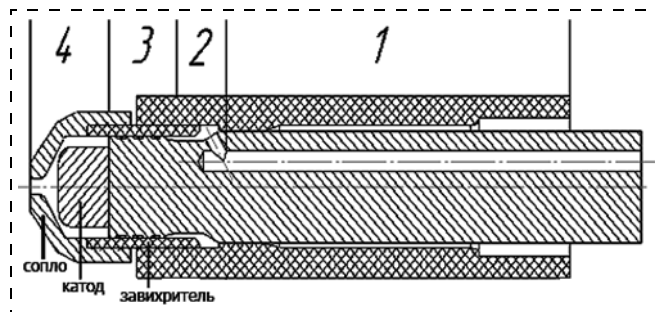


Рис. 4. Схема газозвдушного тракта плазматрона:

1 — входной участок; 2 — расширительная камера; 3 — вихревая камера (завихритель); 4 — сопловой узел

3. Безопасность плазменной резки: сравнительный анализ конструктивных решений

В обоснование эффективности представленного подхода авторами было проведено сравнительное исследование нескольких оригинальных конструкций плазматронов для резки металлов, в процессе конструирования которых были применены рассмотренные выше принципы проектирования. В качестве объектов исследования были выбраны: базовый плазматрон ПМВР-М, новый плазматрон ПМВР-3, плазматрон PBS-45W, плазматрон ПМВР-5 (рис. 5).

Базовый плазматрон ПМВР-М (производитель ООО НПО "Полигон", г. Екатеринбург), широко используемый в технологии автоматической резки металлов на предприятиях машиностроительного и металлургического комплекса Уральского региона и имеющий ряд преимуществ по сравнению с другими отечественными плазматронами по показателям качества реза и акустической безопасности (снижение шума на 5...7 дБ) за счет оптимизации конструкции его завихрителя [5].

Новый плазматрон ПМВР-3, спроектированный авторами и имеющий оригинальную систему газодинамических фильтров в конструкции ГВТ, построенных на принципе расширения или сужения газовых каналов, эффекте "вертикальной преграды", позволяющем равномерно распределить поток плазмообразующего газа на входе в завих-

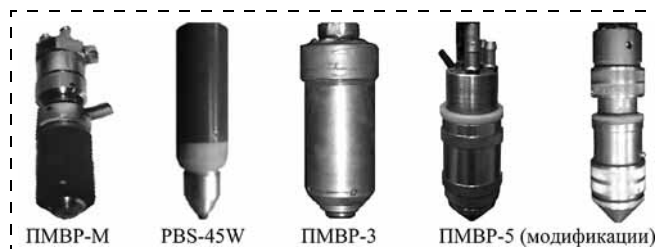


Рис. 5. Плазматроны для резки металлов

ряющий элемент и стабилизировать плазменную струю [6].

Плазмотрон Kjellberg PBS-45W (Германия) — один из наиболее востребованных на отечественном рынке продуктов зарубежных производителей, имеющий улучшенные показатели энергоэффективности при резке металлов малых толщин.

Плазмотрон ПМВР-5 — авторская проектная модель генератора плазмы, работающего по технологии "узкоструйной" или "сжатой" плазмы (аналога технологий HiFocus (Kjellberg) и EASYTHERM (Messer Greisheim) — Германия, а также NuPerformance (Hypertherm, США). При проектировании таких плазмотронов используется принцип двойного вихревого обжатия дуги за счет распределения плазмообразующего газа на два потока: формирующего струю и стабилизирующего дугу (рис. 6). По мнению авторов, внедрение данной технологии универсальным образом решает задачу оптимального проектирования плазмотронов по технологическим критериям и принципам безопасности, позволяя добиться наилучших параметров эффективности резки металлов толщиной до 30 мм при существенном снижении уровней акустических, световых и электромагнитных излучений.

В процессе исследований проводились измерения спектральных и энергетических характеристик звукового поля (уровня звукового давления (УЗД) L_m [дБ]; уровня звука (УЗ) L_A [дБА], уровня звуковой мощности (УЗМ) L_p [дБ]) в соответствии с ГОСТ 12.1.003—83, ГОСТ 12.4.077—79 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.583—96. Определение акустических ха-

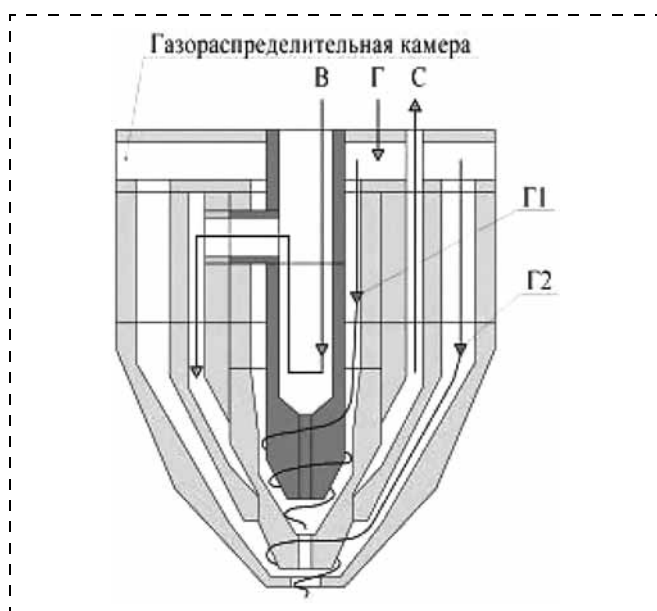


Рис. 6. Схема плазмотрона ПМВР-5: В и С — вход и слив охлаждающей жидкости; Г — подача ПОГ в газораспределительную камеру; Г1 — плазмообразующий поток; Г2 — стабилизирующий поток

рактеристик плазмотронов выполнено в соответствии с ГОСТ 12.1.028—80 по шести- или пятиточечной схеме, в зависимости от условий эксперимента (на "холодной" или "горячей" струе) при резке стали толщиной 10 мм в технологически сопоставимых режимах.

Помимо акустических измерений определялись освещенность (E , лк) в видимой области спектра (380...760 нм) и энергетическая освещенность (E_e , мВт/м²) в спектральном диапазоне УФ-излучения (280...400 нм, зоны А + В) в соответствии с рекомендациями ГОСТ 24940—96, СНиП 23-05—95 и СН 4557—88. Следует, однако, заметить, что на точность измерения характеристик излучения плазменной дуги сильно влияет характер и скорость движения плазмотрона в процессе резки, большое количество искр и брызг металла в зоне измерения, из-за чего значения определяемых величин могут изменяться в разы импульсным образом. По этой причине приходилось корректировать методику измерения, исключая из обрабатываемых данных пиковые значения, получаемые в процессе измерения, а также перемещая датчик параллельно движущемуся плазмотрону.

Результаты, представленные на рис. 7, показали, что улучшение профиля газозвудушного тракта плазмотрона ПМВР-3 позволяет помимо оцененных ранее преимуществ по энергоэффективности [5] добиться и снижения уровня шумового загрязнения в рабочей зоне. В характерном для большинства плазменных резаков диапазоне сверхнормативного излучения (1...20 кГц) данный плазмотрон имеет на 5...8 дБ меньшие уровни звукового давления в 1/3-октавных диапазонах спектра, чем серийно выпускаемый базовый плазмотрон ПМВР-М. В результате уровень суммарной звуковой мощности в нормируемом диапазоне слышимой части спектра (до 8 кГц) нового плазмотрона оказывается на 4...6 дБ меньше, чем у базового, что фактически означает увеличение допустимого времени работы для плазморезчика на 2...3 ч в смену. По всей видимости, подобный эффект достигается за счет эффекта улучшения стабилизации плазменной струи, а следовательно, снижения масштаба пульсаций скорости и ее радиальных градиентов, определяющих интенсивность шума турбулентных струй.

В качестве второго механизма, ответственного за пониженный уровень излучения, следует отметить фактическое исчезновение дискретных составляющих акустического спектра, появляющихся в диапазоне сверхнормативного излучения в результате резонансного усиления турбулентных пульсаций потока плазмообразующего газа в ГВТ плазмотрона. Данный эффект был открыт авторами ранее и детально исследован [1—3, 5—7], что по-

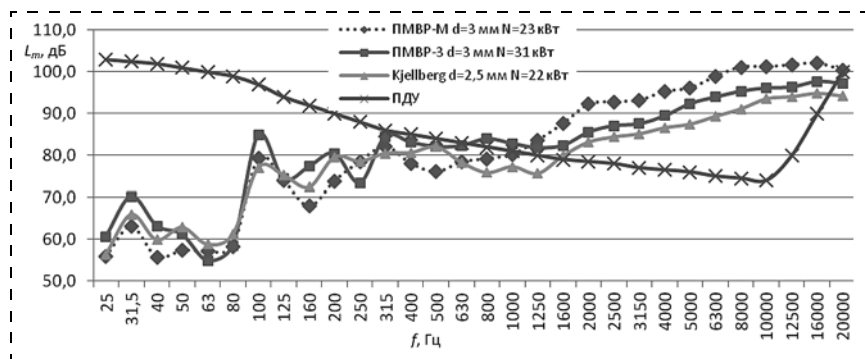


Рис. 7. УЗД в 1/3-октавных диапазонах спектра акустического излучения плазмотронов (d — диаметр сопла, N — электрическая мощность)

зволило оценить его вклад в 5...7 дБ в общий уровень звука. Часто появляющийся дискретный характер излучения на частоте 3,15 кГц у плазмотрона ПМВР-М в акустическом спектре плазмотрона ПМВР-3 оказывается гораздо менее выраженным, либо исчезает вовсе.

Следует, однако, отметить, что по сравнению с одним из лучших плазмотронов зарубежных производителей (Kjellberg PBS-45W) рассмотренный выше плазмотрон имеет, в целом, худшие (на 3...4 дБ) показатели шумоизлучения, что объясняется, по всей видимости, применяемым в данных плазмотронах эффектом дополнительного обжаривания струи, позволяющим резать металлы небольших толщин плазменной струей с меньшей скоростью истечения из сопла. К недостаткам плазмотрона PBS-45W можно отнести появляющийся в некоторых режимах работы эффект периодического появления резонансных пиков излучения в ультразвуковой части спектра, обусловленный резонансными явлениями в сопловой части плазмотрона [1]. В этом диапазоне спектра рассмотренные выше отечественные плазмотроны имеют более равномерный характер распределения интенсивности излучения, не превосходящий, как правило, нормативный уровень.

В связи с вышесказанным, авторы советуют обратить внимание на плазмотрон ПМВР-5, использующий двухконтурную схему подачи и стабилизации газа в плазменной струе. Подобная технология "узкоструйной плазмы" позволяет разделять металлы небольших толщин струей меньшего диаметра при существенно меньшем энергопотреблении, что в целом положительно сказывается и на характере негативного воздействия вредных факторов плазменной резки на рабочий персонал. Проектная модель такого плазмотрона была исследована авторами в режиме "холодного" (аэродинамического) истечения и показала существенно лучшие показатели по шумоизлучению.

Как видно из рис. 8, струя, формируемая при истечении из сопла главного (плазмообразующего) контура, во всем диапазоне акустического спектра генерирует шум ниже нормируемых уровней звукового давления. При максимальной газодинамической нагрузке вторичного (формирующего) контура акустическое излучение практически во всех диапазонах спектра оказывается ниже, чем у базового плазмотрона. При этом в спектре нового плазмотрона отсутствуют появляющиеся при различной геометрии соплового

узла базового плазмотрона дискретные составляющие, существенно меньше оказывается излучение и в ультразвуковом диапазоне спектра (за счет меньшей скорости истечения из широкого сопла вторичного контура). Учитывая известные результаты исследований шумоизлучения, характерного для двухконтурных реактивных двигателей [8], данный плазмотрон может быть оптимизирован по акустическим показателям путем выравнивания расходов газа в обоих контурах и подбора характерных диаметров сопел главного и вторичного контуров.

Проведенные исследования факторов освещенности рабочей зоны помимо упомянутых выше особенностей измерения (влияния характера и скорости движения плазмотрона, искр и брызг металла) выявили существенный динамический характер излучения как в видимом, так и в ультрафиолетовом диапазоне электромагнитного спектра, влияние объема открытой части плазменной дуги и площади ее излучающей поверхности. Например, фиксируемое импульсное воздействие в начальный момент врезки плазменной дуги в металл в 4—5 раз превосходило средние значения освещенности в процессе резки, когда зазор сопло—металл составлял минимальное значение (~5 мм). Существенно (в разы) возрастал уровень освещенности и при увеличении диаметра сопла, а, следовательно, объема и поверхности излучения. Отметим в этой связи, что излучение плазменной дуги в среднем оказалось по упомянутым причинам примерно в 2 раза менее интенсивным, чем при сварке плавящимся электродом.

В целом, измерения освещенности в видимом диапазоне спектра показали значения от 200 до 1000 лк на расстоянии 0,4 м от плазменной дуги. При этом наименьшая освещенность (менее 250 лк) была зафиксирована при резке на соплах диаметром 2 мм плазмотроном ПМВР-3, что оказалось даже меньше уровня, регистрируемого при работе Kjellberg PBS-45W и ПМВР-М (около 300 лк) на

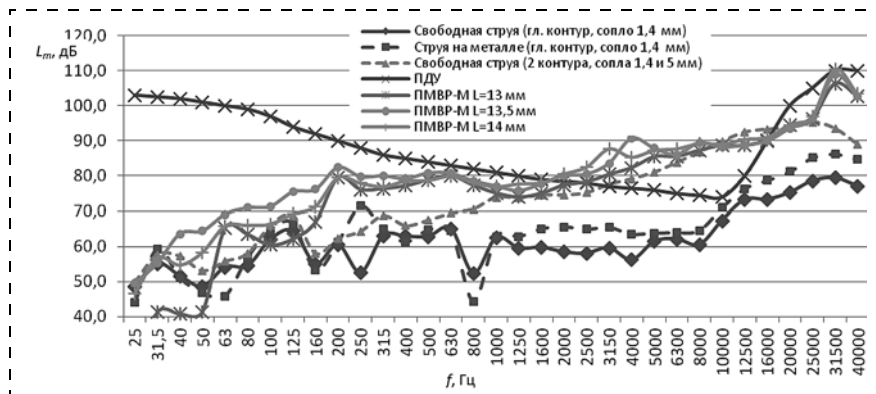


Рис. 8. УЗД в 1/3-октавных диапазонах слышимого и низкочастотного ультразвукового спектров акустического излучения плазматронов (режим "холодной" струи, L — расстояние от катода до среза сопла, см. рис. 4)

соплах с сопоставимыми диаметрами. Освещенность при работе на соплах диаметром 3 мм составила порядка 500...600 лк, диаметром 4 мм — 800...1000 лк.

В ультрафиолетовом диапазоне минимальные уровни излучения были зафиксированы также при резке на соплах диаметром 2...2,5 мм (300...400 мВт/м²) с общей тенденцией к увеличению при возрастании диаметра сопла (400...600 мВт/м² для сопел диаметром 3 мм и 600...1500 мВт/м² для сопел 4 мм).

Очевидно, что учет упомянутых результатов свидетельствует о необходимости перехода на современные технологии "узкоструйной" разделки металла, когда применение упомянутых выше принципов проектирования дает оптимальный ре-

зультат как с точки зрения эффективности, так и безопасности процесса.

Список литературы

1. Анахов С. В., Пыкин Ю. А. Плазматроны: проблема акустической безопасности. — Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. — 224 с.
2. Пыкин Ю. А., Анахов С. В., Стеклов О. И. Шумообразующие факторы в технологиях высокоэнергетического воздействия на материалы // Сварочное производство. — 2004. — № 10. — С. 47—50 (Welding International. 2005. Vol. 19. № 3. P. 246—248).
3. Матушкин А. В., Матушкина И. Ю., Анахов С. В., Пыкин Ю. А. Плазменные электротехнологии: диагностика по критериям акустической безопасности // Сварка и диагностика. — 2012. — № 1. — С. 40—45.
4. Занько Н. Г., Малаян К. Р., Русак О. Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. 13-е изд. / Под ред. О. Н. Русака. — СПб.: Изд-во "Лань", 2010. — 672 с.
5. Анахов С. В., Пыкин Ю. А., Матушкин А. В. Особенности профилирования газозвудушных трактов малощумных плазматронов // Сварочное производство. — 2011. — № 6. — С. 40—44 (Welding International. 2012. Vol. 26. № 10. P. 819—822).
6. Анахов С. В., Пыкин Ю. А., Матушкин А. В., Шакуров С. А. Газодинамические особенности проектирования плазматронов // Сварочное производство. — 2011. — № 12. — С. 10—15.
7. Анахов С. В., Пыкин Ю. А., Матушкин А. В., Шакуров С. А. Принципы безопасного проектирования газозвудушных трактов плазматронов // Сварочное производство. — 2012. — № 3. — С. 39—43.
8. Кузнецов В. М. Основы теории шума турбулентных струй. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 240 с.

S. V. Anakhov, Head of the Chair, sergej.anahov@rsvpu.ru, Russian State Vocational Professional University, Ekaterinburg,

Yu. A. Pykin, Professor, Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg

Plasma Technologies: Designing in View of Safety Factors

Principles and factors of plasma technologies designing are considered. It is paid attention on the multifactor problem and necessity to take into account the principles of functionality, an optimally and systematization at plasmatrons designing. Principles and the methods of designing directed on the increase of plasma technologies safety are separately considered. Mainstream of such designing — the air-gas path profiling of plasmatrons, introduction of modern narrow jet plasma technologies with two-planimetric submission of gas streams.

The results of plasmatrons research under factors of safety presented to acoustic, visible and ultra-violet radiation. It is shown, that profiling of air-gas pathes of plasmatrons can lower a level of their negative influence.

Keywords: plasmatron, electroplasma technologies, designing, factors of safety, noise, radiation, functionality, optimization, systematization

References

1. Anakhov S. V., Pykin Yu. A. Plazmotrony: problema akusticheskoy bezopasnosti. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2012. 224 p.

2. Pykin Yu. A., Anakhov S. V., Steklov O. I. Shumoobrazujushhie faktory v tehnologijah vysokoenergeticheskogo vozdeystvija na materialy. Svarochnoe proizvodstvo. 2004. N. 10. P. 47—50 (Welding International. 2005. V. 19. N. 3. P. 246—248).

3. Matushkin A. V., Matushkina I. Yu., Anakhov S. V., Pykin Yu. A. Plazmennyye elektrotehnologii: diagnostika po kriterijam akusticheskoj bezopasnosti. *Svarka i diagnostika*. 2012. N. 1. P. 40—45.
4. Zan'ko N. G., Malajan K. R., Rusak O. N. Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti: Uchebnik / Pod red. O. N. Rusaka. SPb.: Izd-vo "Lan", 2010. 672 p.
5. Anakhov S. V., Pykin Yu. A., Matushkin A. V. Osobennosti profilirovaniya gazovozdushnyh traktov maloshumnyh plazmotronov. *Svarochnoe proizvodstvo*. 2011. N. 6. P. 40—44 (Welding International. 2012. V. 26. N. 10. P. 819—822).

6. Anakhov S. V., Pykin Yu. A., Matushkin A. V., Shakurov S. A. Gazodinamicheskie osobennosti proektirovaniya plazmotronov. *Svarochnoe proizvodstvo*. 2011. N. 2. P. 10—15.
7. Anakhov S. V., Pykin Yu. A., Matushkin A. V., Shakurov S. A. Principy bezopasnogo proektirovaniya gazovozdushnyh traktov plazmotronov. *Svarochnoe proizvodstvo*. 2012. N. 3. P. 39—43.
8. Kuznetsov V. M. Osnovy teorii shuma turbulentnyh struj. — M.: FIZMATLIT, 2008. 240 p.

УДК 658.382

С. О. Белинский, канд. техн. наук, доц. кафедры, докторант, e-mail: SBelinsky@usurt.ru, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург

Воздействие электромагнитных полей низкочастотного диапазона на работников железнодорожного транспорта

Приведены сведения о результатах теоретических и экспериментальных исследований параметров электромагнитных полей на рабочих местах электротехнического персонала. Выявлены существенные особенности распространения электромагнитных полей в электроустановках тягового электроснабжения, а именно на контактной сети и на тяговых подстанциях. Получены и проанализированы результаты экспериментальных исследований спектральных характеристик, которые показали, что параметры магнитного поля частотой более 50 Гц существенно зависят от величины тягового тока и могут достигать высоких значений. Представлены данные о нормировании электромагнитных полей, особенно в диапазоне частот более 50 Гц как в России, так и за рубежом. На основе анализа полученных данных выполнена оценка степени вредного воздействия электромагнитных полей низкочастотного диапазона на разные категории обслуживающего персонала.

Ключевые слова: электромагнитные поля, электротехнический персонал, тяговые подстанции, тяговое электроснабжение, гармоники, спектр частот, нормирование, допустимые уровни, индукция магнитного поля, профессиональный риск, доза магнитного поля

Введение

Электроустановки (ЭУ) тягового электроснабжения железнодорожного транспорта являются мощным техногенным источником электромагнитных полей (ЭМП). Такие ЭУ преобразуют не только один уровень напряжения в другой, но и один род тока в другой. Тяговые подстанции постоянного тока оборудованы распределительным устройством тягового электроснабжения 3,3 кВ, в состав которого входят: тяговые трансформаторы, преобразователи (выпрямительные или выпрямительно-инверторные) и фидеры 3,3 кВ контактной сети. Наличие мощных выпрямителей и инверторов на подстанциях приводит к появлению в цепях гармоник тока и напряжения, которые являются источниками электромагнитного влияния на персонал в широком диапазоне частот от 0 Гц до 10 кГц. Преобразование на подстанциях или на электроподвижном составе электрической энер-

гии переменного тока в энергию выпрямленного тока и обратно с помощью статических полупроводниковых преобразователей связано со значительным потреблением реактивной энергии. Полупроводниковые преобразователи потребляют из сети несинусоидальный ток, искажая кривую напряжения питающих энергосистем.

Проводимые в УрГУПС исследования [1—5] показывают, что уровни параметров ЭМП могут быть близки к предельно допустимым уровням или превышать их в отдельных случаях в рабочих зонах персонала ЭУ тягового электроснабжения, при этом персонал может одновременно подвергаться воздействию напряженностей электрического (E) и магнитного (H) полей частотой 50 Гц (рис. 1).

Теоретические исследования параметров ЭМП

С целью теоретической оценки уровней ЭМП в ЭУ железнодорожного транспорта были проведе-

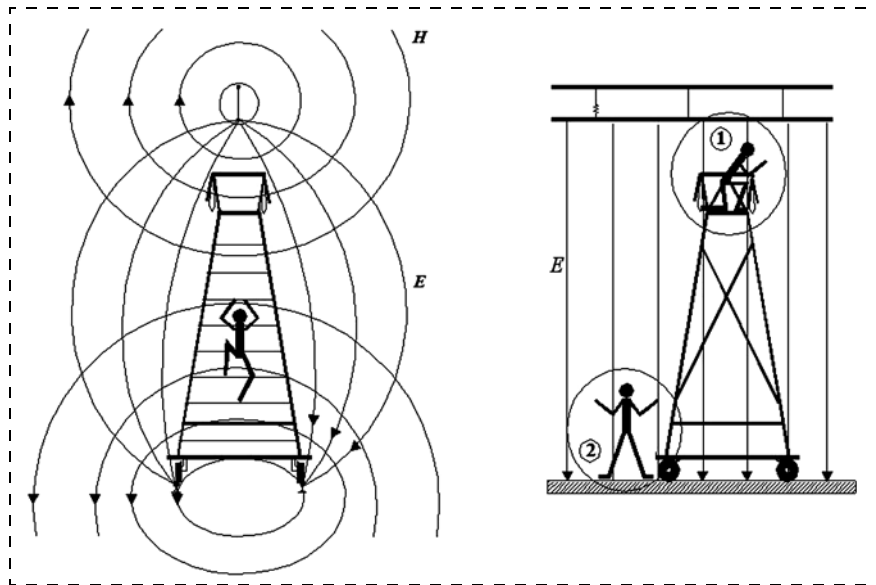


Рис. 1. Распространение параметров ЭМП на рабочих местах персонала контактной сети:
1 — рабочее место на съемной изолирующей вышке; 2 — рабочее место на жел. дор. пути

ны исследования с помощью компьютерного моделирования для типичных условий воздействия ЭМП на персонал. Для моделирования использовалась программа EFC-400 компании Narda STS (Германия).

Так, например, на рис. 2 (см. 2-ю стр. обложки) показаны результаты моделирования распределения индукции B магнитного поля (МП) частотой 50 Гц двухпутного участка контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ при токе 1000 А.

Из рис. 2 видно, что максимальные уровни индукции МП частотой 50 Гц могут превышать нормируемые значения [6, 7] при длительном нахождении персонала в зоне воздействия ЭМП (100 мкТл для работников, связанных с эксплуатацией источников ЭМП и 20 мкТл для лиц, не связанных с эксплуатацией источников ЭМП, а также для населения).

Кроме того, с помощью моделирования можно создать условия и оценить степень воздействия ЭМП на персонал при нахождении в вагоне или локомотиве на электрифицированном участке.

На рис. 3 (см. 2-ю стр. обложки) показано распределение индукции МП и напряженности электрического поля (ЭП) частотой 50 Гц при нахождении персонала внутри вагона с металлическим корпусом. Расчет выполнен для контактной сети напряжением 25 кВ и при токе 1000 А. Из рис. 3 видно, что силовые линии напряженности ЭП полностью замыкаются на вагоне, что не создает уровней, которые могут оказывать влияние на человека в процессе трудовой деятельности и население. МП проникает в вагон без существенного ослабления и создает уровни индукции, превышаю-

щие допустимые при длительном воздействии на работников и пассажиров. Индукция МП составляет от 320 до 400 мкТл на уровне головы человека, на уровне верхней полки купе значения могут достигать 640 мкТл (значения получены при условии протекания тока величиной 1000 А).

Эти уровни превышают ПДУ до 20 раз для персонала пассажирских поездов (персонал, не связанный с эксплуатацией источников ЭМП, но подвергающийся их воздействию в процессе трудовой деятельности) и для населения. При этом, надо отметить, что это максимальные значения индукции. В течение времени индукция МП резко меняется в зависимости от величины тягового тока, и соответственно человек подвергается постоянно меняющемуся во времени вредному производственному фактору.

На рис. 4 (см. 2-ю стр. обложки) показаны результаты моделирования распределения индукции МП частотой 100 Гц под шинами 3,3 кВ тяговой подстанции. По данным рис. 4 можно отметить, что персонал в ЭУ находится под воздействием магнитного поля частотой 100 Гц с уровнем от 5 до 20 мкТл. Оценить риск такого воздействия не представляется возможным, так как в российском законодательстве нормирование индукции МП частотой 100 Гц для персонала ЭУ отсутствует.

Обобщенные результаты моделирования представлены ниже. Результаты теоретических исследований параметров ЭМП в ЭУ железнодорожного транспорта также рассмотрены в работах [1–5].

Экспериментальные исследования параметров ЭМП в диапазоне частот более 50 Гц

С целью получения спектральных характеристик ЭМП в диапазоне до 10 кГц были проведены серии экспериментов на ряде тяговых подстанций Свердловской и Южно-Уральской железных дорог. Получены параметры ЭМП в диапазоне частот до 10 кГц на рабочих местах персонала ЭУ железнодорожного транспорта. Измерения проводились в соответствии с методикой эксперимента с использованием анализатора электромагнитных полей EFA-300 компании Narda STS (Германия).

С помощью анализатора проводились измерения напряженности ЭП и индукции МП на частотах 50, 100, 150, 200, 250, 300 Гц и т. д. через каждые 50 Гц в виде спектральной характеристики, а также в виде графика изменения во времени

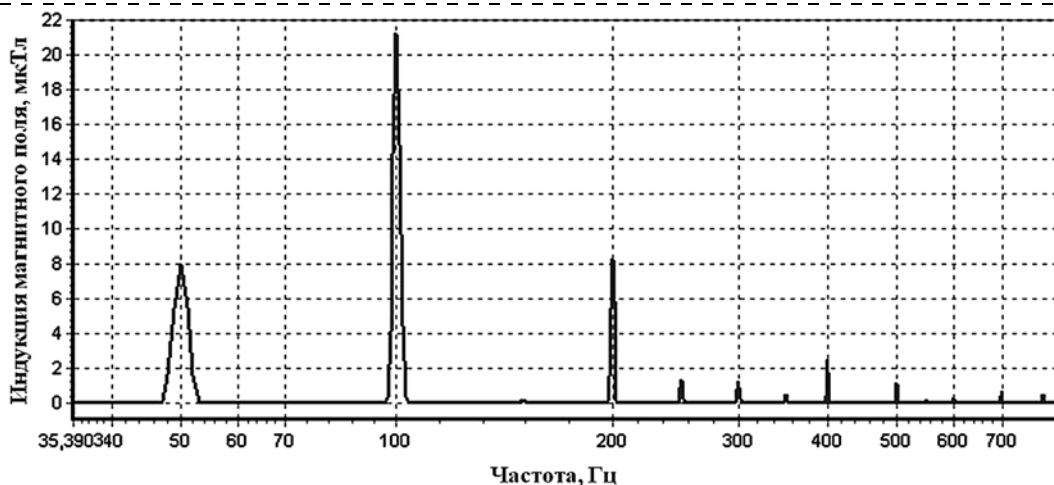


Рис. 5. Спектр индукции МП в диапазоне до 1 кГц при токе тяги 1400 А

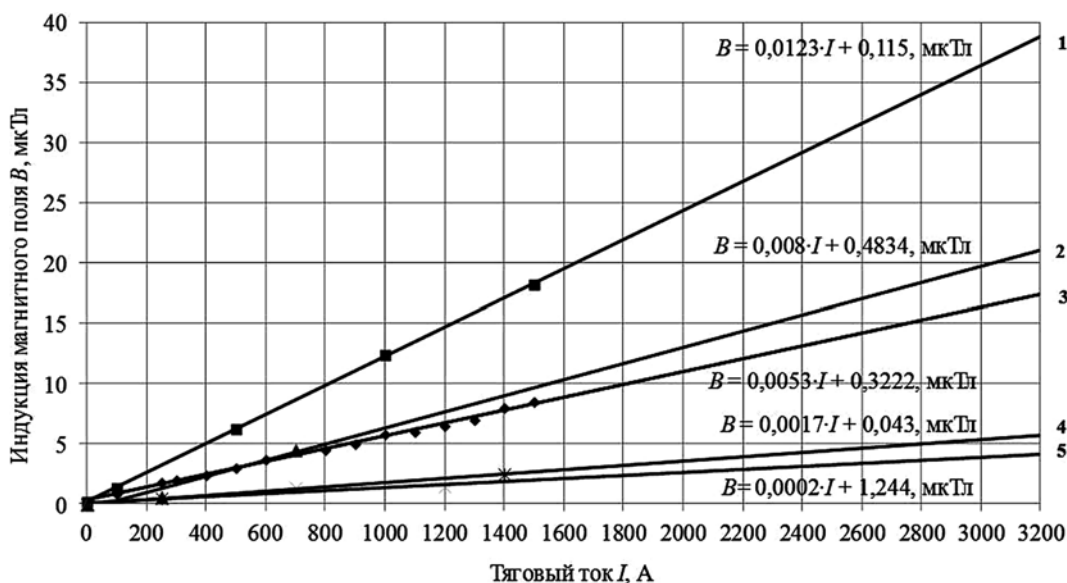


Рис. 6. Зависимость индукции МП от величины тока под шинным мостом тяговой подстанции на частоте: 1 — 100 Гц; 2 — 200 Гц; 3 — 50 Гц; 4 — 400 Гц; 5 — 300 Гц

амплитуды напряженности ЭП и индукции МП конкретной частоты. Одной из главных задач была оценка изменений параметров ЭМП при изменении тока тяговой подстанции.

Следует отметить, что полученные значения напряженности ЭП частотой более 50 Гц показали, что их уровни незначительные (до 50 В/м) и далее в этой публикации не рассматриваются.

В результате длительных наблюдений были получены спектральные характеристики индукции МП при разном тяговом токе. Так, на рис. 5 представлена спектральная характеристика индукции МП под шинным мостом тяговой подстанции при токе тяги 1400 А.

По спектральной характеристике видно, что преобладает амплитуда индукции МП частотой 100 Гц, а амплитуда индукции при частоте 300 Гц близка к значению индукции при частоте 50 Гц (≈ 9 мкТл). Так, при больших токах было получено, что индукция МП на частоте 300 Гц становится значительно ниже по амплитуде, чем на частоте 50 и 200 Гц. В результате анализа спектральных характеристик при разных токах установлено, что при изменении тягового тока значительно меняются параметры индукции МП.

Для наглядности на рис. 6 построена зависимость индукции магнитного поля разных частот от тока тяги под шинным мостом.

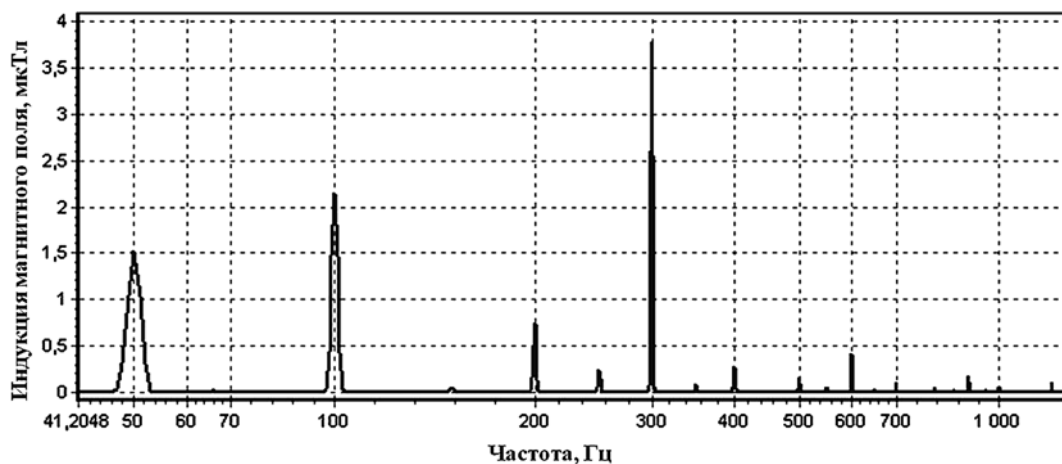


Рис. 7. Спектральные характеристика индукции МП под шинами 3,3 кВ при токе тяги 500 А

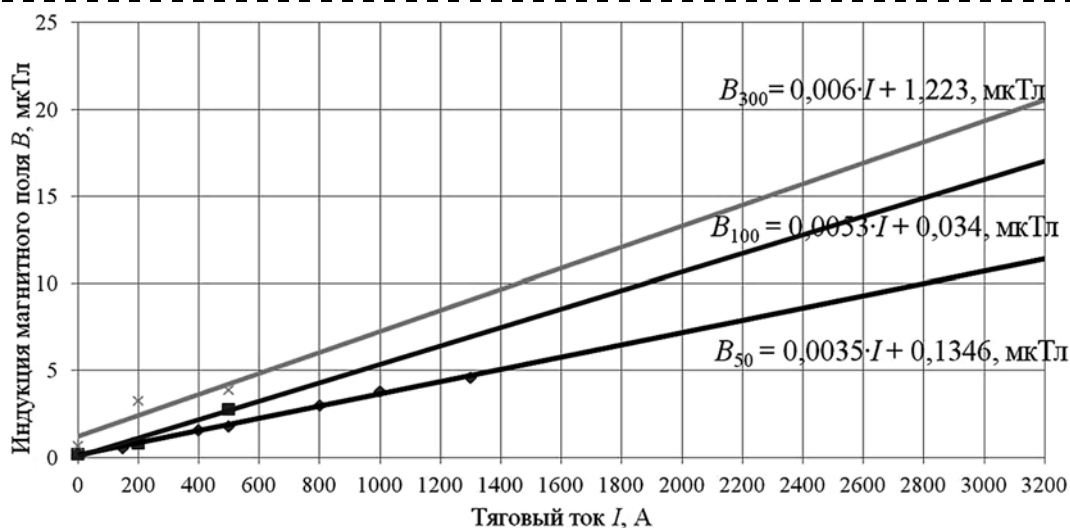


Рис. 8. Зависимость индукции МП частотой 50, 100 и 300 Гц от тока тяги под шинами 3,3 кВ

При исследовании был получен спектр индукции МП при разных токах под шинами 3,3 кВ, по которым протекает выпрямленный тяговый ток. На рис. 7 представлена спектральная характеристика индукции МП при токе тяги 500 А, а на рис. 8 — зависимость индукции МП разных частот от тока тяги.

Из сравнения рис. 5 и 7 видно, что под шинным мостом максимальная амплитуда достигается на частоте 100 Гц, а под шинами — 300 Гц.

Исследования индукции МП вблизи ячейки 3,3 кВ при разных токах показали, что в течение отдельных рассматриваемых в эксперименте интервалов времени амплитуда индукции может изменяться в широких пределах от единиц мкТл (при небольших тяговых токах) до достаточно высоких уровней в 30 мкТл при токах около 1000 А. На рис. 9

показан график изменения индукции, полученный за 5 мин.

Из рис. 9 видно, что изменение индукции носит случайный характер и зависит от изменения тягового тока (ток изменялся в диапазоне от 200 до 600 А), персонал, в свою очередь, подвергается меняющемуся во времени вредному фактору, который требует учета.

Кроме указанных рабочих зон были получены спектральные характеристики индукции МП вблизи выпрямителя, в реакторной, в ячейке 3,3 кВ и под фидером контактной сети. Отдельные спектры индукции МП представлены на рис. 10, 11.

По результатам анализа спектральных характеристик можно сделать вывод, что для ЭУ тяговых подстанций характерным является присутствие МП частотой 100, 200 и 300 Гц значительных уровней индукции.

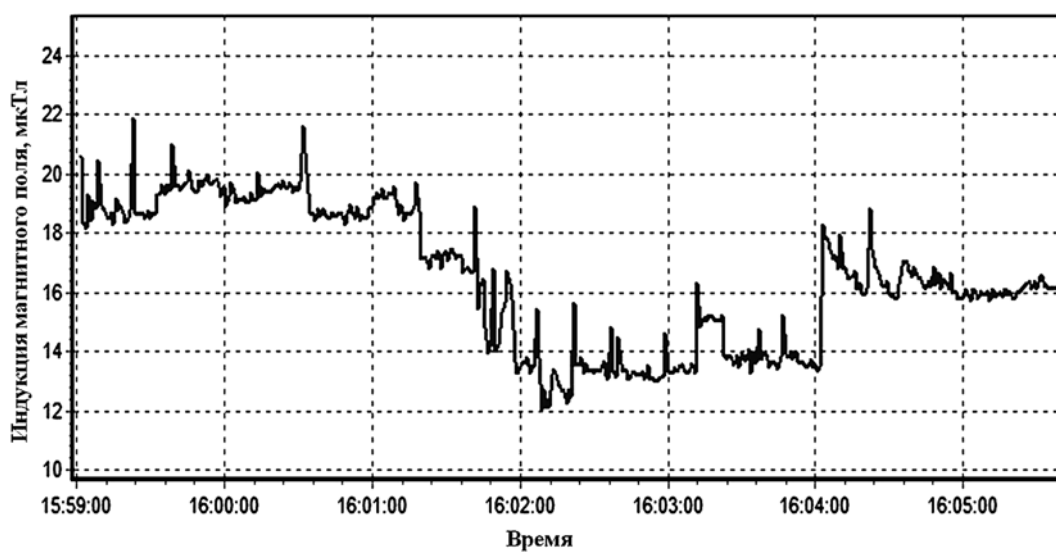


Рис. 9. Изменение во времени индукции МП в диапазоне частот 5 Гц...2 кГц вблизи ячейки фидера

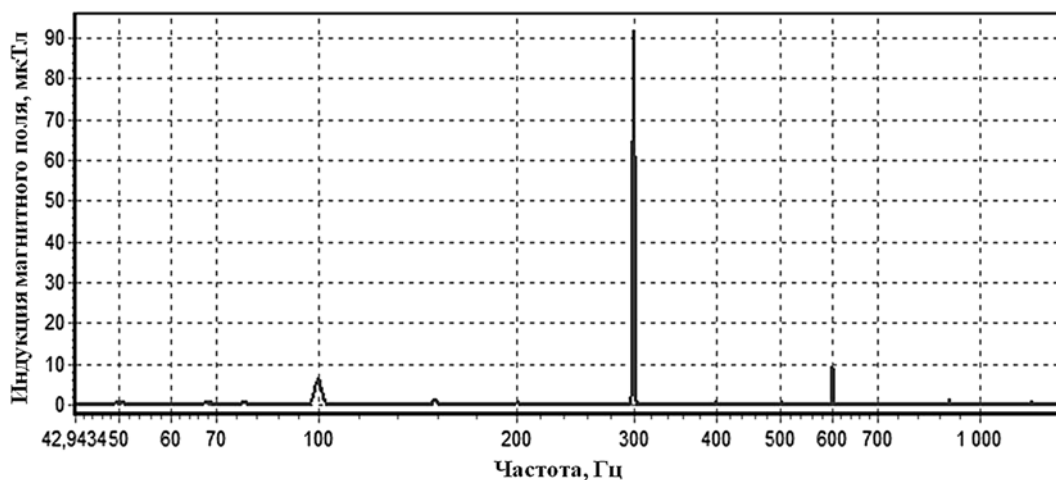


Рис. 10. Спектр индукции МП вблизи помещения реакторной

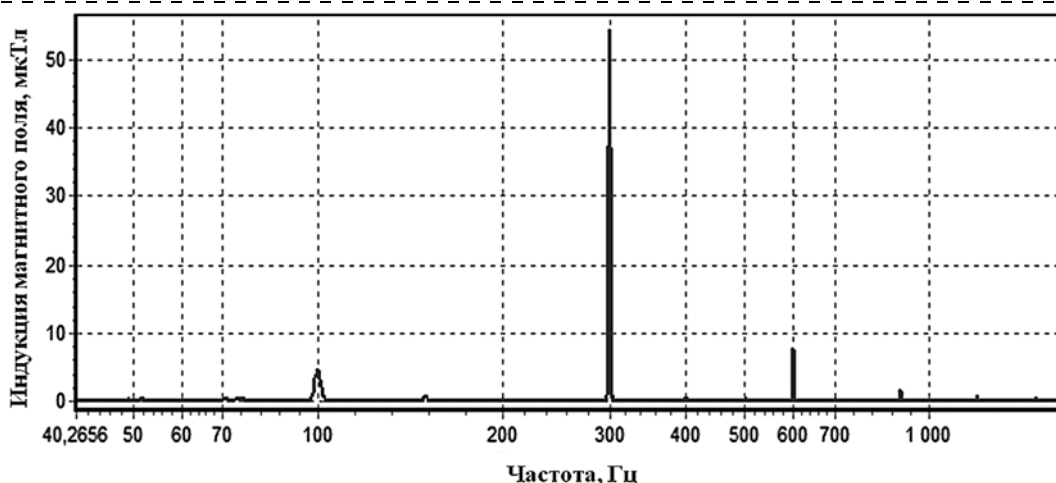


Рис. 11. Спектр индукции МП на улице под фидером



Таблица 1

Параметры ЭМП частотой 50 Гц на рабочих местах персонала

Характерные места	Теоретические значения		Экспериментальные значения		
	E , кВ/м	H , А/м	$E_{\max} \pm \Delta_1$, кВ/м	$E_{\text{ср}} \pm \varepsilon_1$, кВ/м	$H_{\max} \pm \Delta_2$, А/м
Ось пути на высоте 1,8 м	1,7...2,4	80...120	2,519 ± 0,418	2,209 ± 0,394	На расстоянии 2 м от оси пути при токе $I = 1000 \text{ А}$ 86,665 ± 13,399
На расстоянии 3 м от оси пути на высоте 1,8 м	1,3...1,8	40...60	1,936 ± 0,294	1,519 ± 0,316	
На уровне контактного провода без шунтирующих штанг	10...14	360...420	19,987 ± 3,038	19,226 ± 1,191	—
На расстоянии 0,5 м от оборудования 110 кВ на высоте 1,8 м	—	—	4,367 ± 0,695	1,472 ± 0,161	При токе $I_{\max} = 500 \text{ А}$ 17,491 ± 2,664
Крайняя фаза ВЛ-110 кВ	2...2,7	—	4,367 ± 0,695	1,714 ± 0,321	
Между разъединителем и выключателем 110 кВ	—	—	5,223 ± 0,824	2,235 ± 0,639	
РУ-35 кВ	—	—	0,478 ± 0,076	0,365 ± 0,168	При токе $I_{\max} = 100 \text{ А}$ 0,876 ± 0,135
На расстоянии 0,5 м от ячеек 10 кВ тяговой подстанции	0,5...0,8	20...50	0,496 ± 0,078	0,253 ± 0,071	При токе $I = 1000 \text{ А}$ 47,043 ± 7,456
Ввод 27,5 кВ	2...4	80...160	3,155 ± 0,513	1,528 ± 0,421	При токе $I = 1000 \text{ А}$ 159,76 ± 24,364
Под шинами 27,5 кВ	4...9		6,528 ± 1,019	4,029 ± 0,928	

Примечание: Δ_1 и Δ_2 — погрешность средства измерения для напряженности электрического и магнитного полей соответственно;
 ε_1 — двухсторонние доверительные границы для средней при доверительной вероятности 0,99 на основе критерия Стьюдента.

В табл. 1 показаны результаты моделирования и измерений параметров ЭМП промышленной частоты 50 Гц на рабочих местах персонала ЭУ тягового электроснабжения.

В табл. 1 полужирным выделены значения параметров ЭМП, превышающие ПДУ в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191—03 [7] при 8-часовом воздействии.

Обобщенные результаты проведенных экспериментальных исследований, с учетом результатов представленных в работах [2, 3], а именно уровни

индукции МП в сравнении на разных рабочих местах персонала ЭУ, представлены в табл. 2.

Как видно наибольшие значения индукции МП получены на частоте 50, 100, 200 и 400 Гц под шинным мостом, на частоте 300 Гц — в реакторной, под фидером контактной сети и вблизи ячейки фидера.

С целью оценки степени вредного воздействия ЭМП на персонал электрифицированного транспорта с учетом результатов моделирования, инструментальных измерений и оценки времени нахождения персонала в рабочих зонах были определе-

Таблица 2

Индукция МП в ЭУ тяговых подстанций постоянного тока при токе 3000 А

Частота, Гц	Максимальная с учетом погрешности прибора индукция МП, мкТл, на разных рабочих местах персонала						
	Шинный мост	Под шинами 3,3 кВ	Вблизи выпрямителя	Вблизи ячейки фидера	Внутри ячейки фидера	В реакторной	Под фидером контактной сети
50	16 ± 0,8	11 ± 0,55	11 ± 0,55	<1	1,5 ± 0,07	3 ± 0,15	<1
100	37 ± 1,85	16 ± 0,8	15 ± 0,55	6 ± 0,3	<1	25 ± 1,25	8 ± 0,4
200	25 ± 1,25	4 ± 0,2	5 ± 0,25	<1	<1	<1	<1
300	3 ± 0,15	19 ± 0,95	12 ± 0,6	72 ± 3,6	20 ± 1	180 ± 9	120 ± 6
400	5 ± 0,25	1,8 ± 0,09	1,6 ± 0,8	<1	<1	<1	<1
600	<1	2,5 ± 0,13	3 ± 0,15	13 ± 0,65	2,5 ± 0,13	30 ± 1,5	16 ± 0,8
>600	<1	<1	<1	<1	1,2 ± 0,06	<1	<1

Таблица 3

Средневзвешенные параметры ЭМП 50 Гц в рабочих зонах персонала электрифицированного транспорта переменного тока

ЭУ	Параметры ЭМП 50 Гц	
	E_{50} , кВ/м	E_{50} , мкТл
КС переменного тока на уровне 1,8 м	1,9	35
КС переменного тока на высоте контактного провода	4	300
ТП переменного тока	4	60

Таблица 4

Средневзвешенные параметры ЭМП в рабочих зонах персонала электрифицированного транспорта постоянного тока

ЭУ	Параметры постоянного электрического и магнитного полей		ЭМП частотой 50 Гц	
	$E_{\text{пост}}$, кВ/м	$B_{\text{пост}}$, мкТл	E_{50} , кВ/м	B_{50} , мкТл
КС постоянного тока на уровне 1,8 м	0,5	400	0,1	1,0
КС постоянного тока на высоте контактного провода	0,8	2000	0,3	3
ТП постоянного тока	1,0	300	0,05	6

ны средневзвешенные значения параметров ЭМП (табл. 3—5). В таблицах приняты сокращения: КС — контактная сеть и ТП — тяговая подстанция.

Нормирование параметров ЭМП и оценка профессионального риска

В настоящее время оценка профессионального риска при воздействии на персонал вредного производственного фактора осуществляется путем сопоставления фактических значений параметра вредного фактора с нормируемыми в соответствии с действующими нормативно-правовыми документами. Нормирование параметров ЭМП для персонала ЭУ осуществляется в России в соответствии с [6, 7]. Оценить уровень профессионально-

го риска воздействия ЭМП на персонал ЭУ по указанным документам можно только отдельно для постоянных магнитных полей, электростатических полей, переменных электрического и магнитного полей частотой 50 Гц. Нормируемые параметры в РФ не охватывают низкочастотный диапазон от 50 Гц до 10 кГц.

С точки зрения нормирования этого диапазона важно выделить принятую Европарламентом и советом ЕС директиву Directive (2004/40/EU) [11], в которой содержатся ПДУ ЭМП частот, для которых в России отсутствуют нормативы (от 0 до 50 Гц и от 50 Гц до 10 кГц). Данная директива в июне 2013 г. была отменена введением новой директивы (Directive 2013/35/EU), в соответствии с которой установлены минимальные требования по нормированию и защите от ЭМП персонала и являются обязательными для применения странами ЕС с 1 июля 2016 года в виде законодательных актов своих стран. Страны ЕС могут устанавливать более жесткие требования по защите персонала. Учитывая, что допустимые значения параметров ЭМП в директиве 2004/40/EU были основаны на рекомендациях Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP), для оценки профессионального риска в данной работе используются ПДУ в соответствии с рекомендациями ICNIRP (табл. 6).

В последние годы в России появились предложения по нормированию ЭМП в диапазоне частот до 10 кГц. Так, для гигиенической оценки ЭМП, генерируемых современным физиотерапевтическим оборудованием в диапазонах частот и режимах генерации, не имеющих в РФ гигиенических регламентов, предложена частичная экстраполяция ближайших действующих гигиенических нормативов для производственного воздействия. Эти данные вошли как норматив для организаций, осуществляющих медицинскую деятельность, в СанПиН 2.1.3.2630—10 [8] и представлены в табл. 7 и 8.

В 2011 г. специалистами НИИ "Медицины труда" РАМН [9] предложено установить ПДУ в диапазоне частот от 0 Гц до 30 кГц для профессионального воздействия. На данный момент (июль

Таблица 5

Средневзвешенные параметры ЭМП частотой 100...600 Гц в рабочих зонах персонала электрифицированного транспорта постоянного тока

ЭУ	ЭМП частотой более 50 Гц									
	100 Гц		200 Гц		300 Гц		400 Гц		600 Гц	
	E_{100} , кВ/м	B_{100} , мкТл	E_{200} , кВ/м	B_{200} , мкТл	E_{300} , кВ/м	B_{300} , мкТл	E_{400} , кВ/м	B_{400} , мкТл	E_{600} , кВ/м	B_{600} , мкТл
ТП постоянного тока	<0,01	15	<0,01	5	0,015	55	<0,01	1,5	0,01	<1
КС постоянного тока	<0,01	<1	<0,01	<0,1	<0,01	<1	<0,01	<0,1	0,01	<0,1



Таблица 6

ПДУ ЭМП в соответствии с рекомендациями ICNIRP

Диапазон частот, Гц	ПДУ E, В/м	ПДУ B, мкТл
0...1	—	$2 \cdot 10^5$
1...8	20 000	$2 \cdot 10^5/f^{2*}$
8...25		$2 \cdot 10^4/f^*$
25...820	$500/f^*$	$25/f^*$
820...2500	610	30,7
2500...65 000		

*f** — частота подставляется в кГц

Таблица 7

Ориентировочные контролируемые уровни ЭМП в диапазонах частот, не имеющих в РФ гигиенических регламентов

Диапазон частот <i>f</i>	ПДУ E, кВ/м	ПДУ B, мкТл
1...50 Гц	$250/f$	$5000/f$
50 Гц...10 кГц	0,5	62,5

2014 г.) нормативный документ не принят, поэтому указанные ниже нормируемые значения используются как ориентировочные (табл. 9).

Исходя из анализа указанных выше нормативных документов, можно сделать вывод, что параметры ЭМП частотой от 0 до 10 кГц должны рассматриваться как вредный производственный фактор на рабочих местах персонала ЭУ и требуют исследования, а также более четкого нормирования и разработки средств защиты персонала ЭУ.

Учитывая современные данные о биологическом воздействии ЭМП и аддитивном эффекте при воз-

Таблица 8

Допустимые уровни физических факторов, создаваемые изделиями медицинской техники

Диапазон частот	E, кВ/м	B, мкТл
0 Гц (в числителе — общее воздействие, в знаменателе — локальное воздействие)	—	1000/1500
1...50 Гц	$25/f$	$250/f$
50 Гц	0,5	5
50 Гц...10 кГц	0,050	5

Таблица 9

ПДУ для ЭМП в диапазоне частот от 100 Гц до 3 кГц

Диапазон частот, Гц	ПДУ E, кВ/м			ПДУ H, А/м		
	при воздействии					
	>2 ч	до 2 ч	до 0,2 ч	>2 ч	до 2 ч	до 0,2 ч
100	2,5	5	12,50	40	80	800
200	1,25	2,5	6,25	20	40	400
300...3000	0,8	1,6	4	15	30	270

действию ЭМП разных частот [9—11] можно определить степень комплексного воздействия на персонал МП различных частот на основании выражения (суммарный коэффициент индукции МП):

$$\sum_{i=50\text{Гц}}^{10\text{кГц}} \frac{B_i}{B_{\text{ПДУ}i}} \leq 1, \quad (1)$$

где B_i — фактическое значение индукции магнитного поля частотой i ; $B_{\text{ПДУ}i}$ — ПДУ индукции магнитного поля частотой i .

Таблица 10

Результаты расчета суммарного коэффициента индукции МП для оценки вредного воздействия на персонал

Частота, Гц	Нормируемые значения индукции МП, мкТл		Максимальная с учетом погрешности прибора индукция МП, мкТл, на разных рабочих местах персонала						
	$B_{\text{ПДУ}i}$ (ЕС)	$B_{\text{ПДУ}i}$ (РФ)	Шинный мост	Под шинами 3,3 кВ	Вблизи выпрямителя	Вблизи ячейки фидера	Внутри ячейки фидера	В реакторной	Под фидером КС на улице
50	500,00	100,00	16,8	11,55	11,55	0	1,57	3,15	0
100	250,00	50,00	38,85	16,8	15,75	6,3	0	26,25	8,4
200	125,00	25,00	26,25	4,2	5,25	0	0	0	0
300	83,33	18,75	3,15	19,95	12,6	75,6	21	189	126
400	62,50	18,75	5,25	1,81	1,68	0	0	0	0
600	41,67	18,75	0	2,63	3,15	13,65	2,63	31,5	16,8
> 600	30,70	18,75	0	0	0	0	1,26	0	0
Суммарный коэффициент по проекту норм РФ $B_{\text{обоб}}^{\text{РФ}}$			2,44	1,92	1,57	4,89	1,34	12,32	7,78
Суммарный коэффициент по нормам ЕС $B_{\text{обоб}}^{\text{ЕС}}$			0,52	0,46	0,38	1,26	0,36	3,14	1,95

Используя (1) и нормируемые параметры в соответствии с табл. 9 значение суммарного коэффициента индукции МП по нормам РФ должно удовлетворять условию:

$$B_{\text{обоб}}^{\text{РФ}} = \frac{B_{50}}{100} + \frac{B_{100}}{50} + \frac{B_{200}}{25} + \frac{B_{300} + B_{400} + B_{600} + B_{>600}}{18,75} \leq 1. \quad (2)$$

Аналогично определяется значение суммарного коэффициента индукции МП для нормируемых параметров ЕС в соответствии с табл. 3.

Для оценки воздействия на персонал ЭУ МП широкого диапазона частот был выполнен расчет суммарного коэффициента индукции МП. Результаты расчетов представлены в табл. 10.

По данным табл. 10 при учете одновременного воздействия на персонал МП разных частот, показатель суммарного воздействия в отдельных рабочих зонах не удовлетворяет условию (1), причем как в сравнении с предлагаемыми в РФ нормами, так и с нормами ЕС и рекомендациями ICNIRP. Для отдельных рабочих зон установлено превышение нормируемых параметров для индукции МП отдельной частоты (например, частота 300 Гц) без учета одновременного воздействия.

По нормам РФ оценка выполнена для времени воздействия более 2 ч. Если время воздействия меньше 2 ч, суммарный коэффициент индукции МП для отдельных рабочих мест будет удовлетворять условию (1) и можно осуществить защиту временем.

Расчет показателей дозовой нагрузки

Персонал ЭУ тягового электроснабжения подвергается воздействию ЭМП широкого спектра частот. При этом, как было установлено, параметры МП значительно меняются от величины тягового тока и других параметров. Для оценки риска вредного воздействия ЭМП на персонал необходимо учесть, что персонал подвергается слабоизменяющемуся во времени действию ЭП частотой 50 Гц и более и резкоизменяющимся уровням индукции МП частотой 50 Гц и более.

С учетом вышесказанного можно отметить, что в рассматриваемом интервале времени индукция МП является функцией тягового тока для каждой частоты i , а напряженность ЭП является функцией напряжения и, как правило, не изменяется

$$B_i = f(I_i); E_i = f(U_i) \approx \text{const}, \quad (3)$$

где I_i — величина тока i -й гармоники, А; U_i — величина напряжения i -й гармоники, А; i — частота, Гц.

В общем виде для оценки воздействия ЭМП с учетом спектра частот, а также изменения во времени предлагается ввести показатель дозы ЭМП по составляющим:

$$D_E = \sum_{i=50\text{Гц}}^{10\text{кГц}} \int_0^T E_i(t) dt; D_B = \sum_{i=50\text{Гц}}^{10\text{кГц}} \int_0^T B_i(t) dt, \quad (4)$$

где E_i , B_i — напряженность ЭП, В/м, и индукция МП, мкТл, i -й частоты; i — частота воздействующей гармоники параметра ЭМП, Гц; T — рассматриваемый интервал времени, час (день, месяц, год).

Расчет по данным формулам может быть произведен только для отдельных частот, т. е. выполнить суммирование доз ЭП и МП разных частот нельзя, так как не учитывается степень влияния ЭМП каждой частоты в общем (суммарном) воздействии.

На основании полученных экспериментальных данных изменение индукции МП частотой 50 Гц и выше, как правило, не поддается математическому описанию в виде функции от времени. Поэтому для оценки дозы могут использоваться средневзвешенные значения параметров ЭМП, полученные за определенные интервалы времени (час, смену), по методике, предложенной в работе Токарского А. Ю. [12].

Предложено перейти к определению фактической и предельно допустимой дозы индукции МП с расчетом коэффициента дозы, приведенного к частоте 50 Гц.

Фактическая доза и доза ПДУ индукции МП определяется в среднем за 1 час в течение года.

$$D_B^{\text{факт}} = \frac{N_{\text{факт}} \int_0^T B(t) dt}{365 \cdot 24} = \frac{N_{\text{факт}} B_{\text{факт}} T_{\text{факт}}}{365 \cdot 24}, \text{ мкТл};$$

$$D_B^{\text{ПДУ}} = \frac{N_{\text{норм}} \int_0^T B^{\text{ПДУ}}(t) dt}{365 \cdot 24} = \frac{N_{\text{норм}} B_{\text{ПДУ}} T_{\text{норм}}}{365 \cdot 24}, \text{ мкТл}; \quad (5)$$

$$K_{D_B}^{\text{прив.50 Гц}} = \sum_{i=50\text{Гц}}^{1\text{кГц}} \frac{D_B^{\text{факт}i} / \alpha_i}{D_B^{\text{ПДУ}50\text{Гц}}};$$

$$K_{D_B} = \sum_{i=50\text{Гц}}^{1\text{кГц}} \frac{D_B^{\text{факт}i}}{D_B^{\text{ПДУ}i}};$$

где $B_{\text{факт}}$ и $B_{\text{ПДУ}}$ — фактическая и допустимая индукция МП, мкТл; $T_{\text{факт}}$ и $T_{\text{норм}}$ — фактическая и нормативная продолжительность воздействия ЭМП в течение суток, ч; $N_{\text{факт}}$ и $N_{\text{норм}}$ — факти-



Таблица 11

Результаты расчета дозы МП в среднем за 1 час в течение года для оперативно-ремонтного персонала тяговых подстанций постоянного тока

Частота, Гц	Доза фактическая, мкТл	Доза ПДУ, мкТл	Коэффициент дозы
0	50,75	2045,66	0,025
50	1,02	20,46	0,050
100	2,54	10,23	0,248
200	0,85	5,11	0,165
300	9,30	3,84	2,426
400	0,25	3,84	0,066
600	0,17	3,84	0,044
Суммарный коэффициент дозы			3,024

ческое и нормативное число рабочих дней за год; i — частота воздействующей гармоника параметра ЭМП, Гц; α_i — коэффициент, учитывающий степень влияния ЭМП i -й частоты.

Расчеты по указанным критериям показали, что, например, для оперативно-ремонтного персонала тяговых подстанций постоянного тока доза и коэффициент дозы с учетом спектра частот составляют значения, указанные в табл. 11.

Доза МП частотой 300 Гц превышает дозу ПДУ, а по остальным частотам превышения нет. Коэффициент дозы для 300 Гц составил 2,43, а суммарный коэффициент 3,02. При значительной разнице между коэффициентами дозы для отдельных частот целесообразно ограничиться коэффициентом

дозы одной частоты (в данном случае 300 Гц) с максимальным значением.

Аналогично были выполнены расчеты дозы и коэффициента дозы для разных категорий работников участков постоянного и переменного тока (табл. 12, рис. 12).

По результатам исследований дозовой нагрузки ЭМП на персонал установлено, что на участках постоянного тока наибольшую дозу имеет оперативно-ремонтный персонал и персонал ремонтно-ревизионного участка дистанций электроснабжения, на участках переменного тока — персонал контактной сети и оперативно-ремонтный персонал.

Наименьшая дозовая нагрузка ЭМП у административно-управленческого персонала, мастеров и бри-

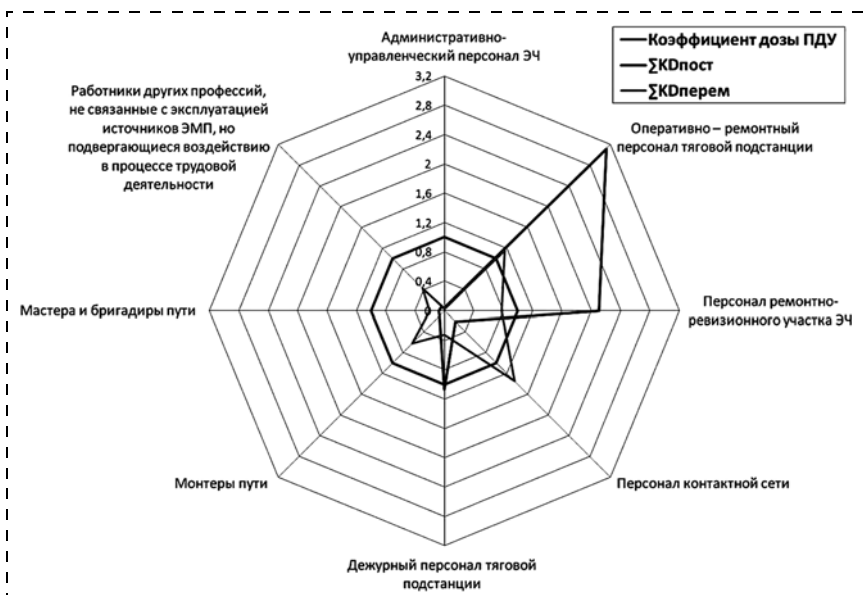


Рис. 12. Значения коэффициента дозы для персонала электрифицированного транспорта на переменном и постоянном токе

Таблица 12

Результаты расчета суммарного коэффициента дозы

Категория персонала	Суммарный коэффициент дозы					
	Участки постоянного тока			Участки переменного тока		
	K_{DE}	K_{DB}	$\Sigma K_{D\text{пост}}$	K_{DE}	K_{DB}	$\Sigma K_{D\text{перем}}$
Административно-управленческий персонал дистанции электроснабжения	0,003	0,037	0,040	0,017	0,014	0,031
Оперативно-ремонтный персонал тяговой подстанции	0,096	3,024	3,120	0,662	0,496	1,158
Персонал ремонтно-ревизионного участка дистанции электроснабжения	0,065	2,041	2,105	0,446	0,335	0,781
Персонал контактной сети	0,072	0,135	0,207	0,579	0,772	1,351
Дежурный персонал тяговой подстанции	0,069	1,004	1,073	0,214	0,107	0,320
Монтеры пути	0,043	0,048	0,092	0,331	0,289	0,620
Мастера и бригадиры пути	0,037	0,041	0,079	0,110	0,096	0,207
Работники других профессий, не связанные с эксплуатацией источников ЭМП, но подвергающиеся воздействию в процессе трудовой деятельности	0,030	0,033	0,064	0,223	0,195	0,419

гадиров пути как на участках переменного, так и постоянного тока, у монтеров пути и работников других профессий, не связанных с эксплуатацией источников ЭМП, но подвергающихся воздействию в процессе трудовой деятельности на участках постоянного тока.

Выводы

Полученные результаты исследований с учетом данных в [13] позволяют сделать перечисленные ниже выводы.

1. В ЭУ железнодорожного транспорта помимо ЭМП постоянного тока, ЭМП 50 Гц присутствуют ЭМП с частотой более 50 Гц, которые требуют учета при оценке воздействия на персонал, особенно учета воздействия МП с частотой более 50 Гц.

2. Выявлены частоты МП и рабочие зоны, требующие особого рассмотрения с точки зрения безопасности труда персонала, а именно на тяговых подстанциях постоянного тока: в помещении реакторной, вблизи ячейки фидера 3,3 кВ, под фидером контактной сети и др.

3. Впервые экспериментально установлено и графически показано, что уровни параметров ЭМП с частотой 100, 200, 300, 600 Гц имеют высокие амплитуды и требуют учета при оценке влияния ЭМП на персонал.

4. Установлено, что при изменении величины тягового тока прямо пропорционально изменяются амплитуды гармонических составляющих индукции МП, при этом изменение во времени носит случайный характер и зависит от тяговой нагрузки.

5. Выполнена оценка дозовой нагрузки ЭМП на персонал электрифицированного транспорта, который показал, что наибольшую дозу имеет оперативно-ремонтный персонал и персонал ремонтно-ревизионного участка дистанций электроснабжения, на участках переменного тока — персонал контактной сети и оперативно-ремонтный персонал.

6. Персонал ЭУ железнодорожного транспорта подвергается комплексному воздействию МП широкого диапазона частот значительных уровней, что требует учета, гигиенического нормирования, а также технических средств и способов защиты.

Список литературы

1. **Белинский С. О.** Риск вредного воздействия электрических и магнитных полей на персонал электроустановок

тягового электроснабжения // *Электробезопасность*. — 2005. — № 4. — С. 3—11. Челябинск: ЮУрГУ.

2. **Белинский С. О., Кузнецов К. Б.** Оценка параметров электромагнитных полей низкочастотного диапазона в электроустановках тягового электроснабжения // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика*. — 2012. — № 16 (275). — С. 62—69.
3. **Белинский С. О., Кузнецов К. Б.** Оценка параметров электромагнитных полей частотой 50 Гц в РУ-3,3 кВ тяговых подстанций // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2012. — № 7. — Приложение. — С. 12—17.
4. **Кузнецов К. Б., Белинский С. О., Ширшов А. Б.** Система защиты от электромагнитного загрязнения среды электроустановками тягового электроснабжения электрического рельсового транспорта // *Транспорт. Наука, техника, управление: Научный информационный сборник*. — М.: ВНИИТИ РАН. — 2006. — № 11. — С. 27—31.
5. **Кузнецов К. Б., Белинский С. О.** Электромагнитные поля устройств тягового электроснабжения частотой до 10 кГц. Проблемы нормирования и защиты // *Электробезопасность*. — 2004. — № 1—2. — С. 11—17.
6. **ГН 2.1.8/2.2.4.2262—2007.** Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях // *Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти*. М., 2007. — № 41. — 5 с.
7. **СанПиН 2.2.4.1191—03.** Электромагнитные поля в производственных условиях. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. — 2011. — 38 с.
8. **СанПиН 2.1.3.2630—10.** Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность // *Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти*. — 2010. — № 36. — 25 с.
9. **Рубцова Н. Б., Пальцев Ю. П., Походзей Л. В., Перов С. Ю.** Проблемы и перспективы международной гармонизации гигиенических нормативов электромагнитных полей: Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" — Санкт-Петербург. — 2011. — С. 573—576.
10. **Закирова А. Р., Кузнецов К. Б., Белинский С. О.** Нормирование допустимой энергетической нагрузки электромагнитного поля в диапазоне частот до 10 кГц // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2012. — № 7. Приложение. — С. 21—24.
11. **Directive 2004/40/EC—2004** (аутентичный перевод). — М.: Стандартиформ, 2005. — 27 с.
12. **Токарский А. Ю.** Обеспечение электромагнитной безопасности электросетевых объектов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.14.02. — Иваново, 2011. — 51 с.
13. **Белинский С. О.** Проблемы оценки профессионального риска при воздействии электромагнитных полей частотой 50 Гц и выше на персонал железнодорожного транспорта // *Охрана и экономика труда*. — М.: ВНИИ Охраны и экономики труда. — 2014. — № 1. — (14). — С. 36—48.



S. O. Belinsky, Associate Professor, e-mail: SBelinsky@usurt.ru, Ural State University of Railways Transport, Ekaterinburg

Exposure to Electromagnetic Fields Low Frequency Range For Railway Workers

Provides information about the results of theoretical and experimental investigations of the parameters of electromagnetic fields in the working places of the electrotechnical personnel. Significant features of propagation of electromagnetic fields in electrical traction electric supply, namely contact networks and traction substations. Received and reviewed the results of experimental studies of the spectral characteristics, which showed that the parameters of the magnetic field frequency of more than 50 Hz significantly depend on the size of traction current, and can reach high values. Presents data on the regulation of electromagnetic fields, especially in the frequency range of 50 Hz, both in Russia and abroad. On the basis of the obtained data analysis assesses the harmful effects of electromagnetic fields low frequency range for different categories of staff. Calculations dose loading of the electromagnetic field on the staff electrified transport showed that the highest dose load on the sites DC has the operational and maintenance staff, and the personnel of repair of the internal audit section of range power supply in areas with AC — staff contact network and operational and maintenance staff.

Keywords: electromagnetic field, electrical engineering staff, traction substation, electric power, harmonics, frequency spectrum, regulation, permissible levels, a magnetic field induction, professional risk, the dose of the magnetic field

Reference

1. **Belinskij S. O.** Risk vrednogo vozdejstviya jelektricheskikh i magnitnyh polej na personal jelektrostanovok tjagovogo jelektronsabzhenija *Jelektrobezopasnost'*. 2005. N. 4. P. 3—11. Cheljabinsk: JuUrGU.
2. **Belinskij S. O., Kuznecov K. B.** Ocenka parametrov jelektromagnitnyh polej nizkочastotnogo diapazona v jelektrostanovkah tjagovogo jelektronsabzhenija. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Jenergetika*. 2012. N. 16 (275). P. 62—69.
3. **Belinskij C. O., Kuznecov K. B.** Ocenka parametrov jelektromagnitnyh polej chastotoj 50 Gc v RU-3,3 kV tjagovyh podstancij. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2012. N. 7. Prilozhenie. P. 12—17.
4. **Kuznecov K. B., Belinskij S. O., Shirshov A. B.** Sistema zashhity ot jelektromagnitnogo zagryaznenija srede jelektrostanovkami tjagovogo jelektronsabzhenija jelektricheskogo rel'sovogo transporta. *Transport. Nauka, tehnika, upravlenie: Nauchnyj informacionnyj sbornik*. — M.: VNIIT RAN. — 2006. N. 11. P. 27—31.
5. **Kuznecov K. B., Belinskij S. O.** Jelektromagnitnye polja ustrojstv tjagovogo jelektronsabzhenija chastotoj do 10 kGc. Problemy normirovanija i zashhity. *Jelektrobezopasnost'*. 2004. N. 1—2. P. 11—17.
6. **GN 2.1.8/2.2.4.2262—2007.** Predel'no dopustimye urovni magnitnyh polej chastotoj 50 Gc v pomeshhenijah zhilyh, obshhestvennyh zdaniy i na selitebnyh territorijah. *Bjulleten' normativnyh aktov federal'nyh organov ispolnitel'noj vlasti*. 2007. N. 41. 5 p.
7. **SaNPiN 2.2.4.1191—03.** Jelektromagnitnye polja v proizvodstvennyh uslovijah. M.: Federal'nyj centr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii. 2011. 38 p.
8. **SanPiN 2.1.3.2630—10.** Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k organizacijam, osushhestvlyajushhim medicinskiju dejatel'nost'. *Bjulleten' normativnyh aktov federal'nyh organov ispolnitel'noj vlasti*. 2010. N. 3. 25 p.
9. **Rubcova N. B., Pal'cev Ju. P., Pohodzej L. V., Perov S. Ju.** Problemy i perspektivy mezhdunarodnoj garmonizacii gigienicheskikh normativov jelektromagnitnyh polej: *Trudy 9-go mezhdunarodnogo simpoziuma po jelektromagnitnoj sovместimosti i jelektromagnitnoj jekologii. Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj jelektrotehnicheskij universitet "LJeTI"*. Sankt-Peterburg. 2011. P. 573—576.
10. **Zakirova A. R., Kuznecov K. B., Belinskij S. O.** Normirovanie dopustimoj jenergeticheskoj nagruzki jelektromagnitnogo polja v diapazone chastot do 10 kGc. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2012. N. 7. Prilozhenie. P. 21—24.
11. **Directive 2004/40/EC—2004** (autentichnyj perevod). M.: Standartinform, 2005. 27 p.
12. **Tokarskij A. Ju.** Obespechenie jelektromagnitnoj bezopasnosti jelektrosetevykh ob'ektov. Avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk: 05.14.02. Ivanovo, 2011. 51 p.
13. **Belinskij S. O.** Problemy ocenki professional'nogo riska pri vozdejstvii jelektromagnitnyh polej chastotoj 50 Gc i vyshe na personal zheleznodorozhnogo transporta. *Ohrana i jekonomika truda*. 2014. N. 1. (14). P. 36—48. VNII Ohrany i jekonomiki truda.

О. М. Кодолов, канд. техн. наук, зам. директора, ООО "РОС-Л", Люберцы, Моск. обл.,
Г. О. Кодолов, инж., ст. науч. сотр., **З. К. Петрова**, канд. арх., вед. науч. сотр.,
e-mail: petrovaz777@mail.ru, ЦНИИП градостроительства РААСН, Москва

Твердеющая закладка в градостроительстве

Обобщен положительный опыт применения закладки выработанного пространства твердеющими смесями на основе отходов производства при разработке месторождений полезных ископаемых со сложными горно-геологическими условиями под застроенными и охраняемыми территориями.

Приведены примеры применения системы разработки месторождений слабонаклонными слоями в нисходящем порядке с литой твердеющей закладкой на урановых рудниках бывшей ГДР. Этот опыт был использован при разработке технологии отработки мощных крупных угольных пластов на шахте "Коксовая" производственного объединения "Прокопьевскуголь" (ныне ассоциации).

Применение твердеющей закладки при разработке урановых руд и угольных пластов позволяет повысить безопасность и механизацию горных работ, обеспечить полноту выемки, снизить потери ископаемых в недрах, обеспечить сохранность поверхностных и подземных сооружений, улучшить экологические и технико-экономические показатели.

Ключевые слова: закладка выработанного пространства, твердеющие смеси, отходы производства, искусственная кровля, заполнение пустот в градостроительстве, провалы грунта, нарушенные территории

Развитие многих городов и поселений в районах добычи полезных ископаемых во многом происходило спонтанно без учета геологических и геофизических факторов, без долговременного планирования объектов добычи полезных ископаемых и соответственно районов жилой и промышленной застройки. В ряде случаев это можно объяснить недостаточной разведанностью запасов месторождений полезных ископаемых, постоянным их приращением. В результате многие строительные сооружения оказываются в зоне влияния горных работ на подрабатываемой территории. Такие территории относятся к нарушенным. Для градостроительного использования этих территорий необходимо проведение дополнительных геологических исследований и восстановление нарушенных территорий. В качестве примеров можно привести такие крупные города бывшего СССР, как Прокопьевск, Киселевск, Белово, Ленинск-Кузнецк, районы города Новокузнецка и Междуреченска в Кузбассе, Караганда и Лениногорск в Казахстане, города Донецк, Горловка, Енакиево, Луганск в Украине. И еще много аналогичных городов и поселений как в России, так и других странах СНГ.

Чаще всего под ответственными объектами и сооружениями оставляют для сохранения поверхности целики, что экономически и технически затратно и ведет к потере запасов полезных ископаемых. Иногда применяют гидравлическую закладку выработанного пространства, как, например, на некоторых шахтах города Прокопьевска и Енакиево под металлургическим и цементным заводами

соответственно. Однако гидравлическая закладка породами имеет значительную усадку до 30...40 % от объема выработок, что ограничивает условия ее применения. В некоторых случаях производят усиление фундаментов и стяжку зданий металлическими лентами, как, например, в г. Горловке при укреплении здания кинотеатра "Шахтер", что, однако, не исключило возникновение трещин и деформаций в здании. Засыпка провалов в г. Прокопьевске не дает надежного решения проблемы, ибо деформации поверхностных сооружений могут возникать через много лет вследствие усадки пород.

Например, в Москве за последние 20 лет высота домов возросла до 40...60 этажей и увеличилась плотность застройки. Ведется застройка опасных геологических зон, которые ранее исключались из строительства, — застраиваются овраги, их склоны и поймы рек и водоемов. До 80 % высотных зданий, построенных в последние годы, расположены на зонах разломов по протерозойскому фундаменту под Москвой. Высотное строительство привело к подвижке 400 малых речек и ручейков в геологической среде. В результате в старых зданиях, расположенных рядом с высотными домами, наблюдаются трещины. Эти дома могут поплыть, поэтому выселяют жильцов и разрушают существующие здания, а на их месте строят высотные здания, что усугубляет состояние геологически опасных зон [1].

Для обеспечения безопасности столицы от возможных техногенных и природных катастроф и соответственно гибели людей следует срочно ме-



нять отношение к фундаментальным и прикладным исследованиям, в первую очередь, геологии. Необходима постановка мониторинговых геодезических, геофизических, сейсмологических и других исследований. Иначе неизбежны провалы грунта и обрушение зданий и сооружений, связанные с гибелью людей.

Эффективную и безопасную разработку месторождений полезных ископаемых, со сложными горно-геологическими условиями под застроенными и охраняемыми территориями, с минимальными потерями необходимо производить с твердеющей закладкой выработанного пространства, так как она характеризуется минимальной усадкой (2...5 %), возможностью применения при разных способах разработки и средствах механизации вплоть до схем без присутствия людей в очистном пространстве.

В мировой практике накоплен большой опыт применения твердеющей закладки при добыче железорудных, урановых и полиметаллических руд.

Железорудные месторождения характеризуются довольно устойчивыми горными породами, что позволяет обрабатывать руду камерными системами разработки с объемом камер в несколько десятков тысяч кубометров. Подача в отработанные камеры литых твердеющих смесей по трубам и скважинам позволяет получить технический, экологический и экономический эффекты за счет снижения потерь руды, механизации горных работ, снижения затрат на крепление подготовительных горных выработок, использования пород терриконов от добычи и переработки руды.

Урановые месторождения характеризуются крайне разнообразными по форме, размерам и условиям залегания рудных тел с неустойчивыми горными породами и рудами, приуроченными к разломам и сдвигам. В начальные периоды разработки урановых месторождений использовались различные варианты камерно-столбовой системы разработки, в том числе с обрушением; камерно-целикотной системы с применением гидрозакладки.

На урановых рудниках бывшей ГДР в рамках советско-германского акционерного общества "Висмут" получила развитие система разработки месторождений слабонаклонными слоями в нисходящем порядке с литой твердеющей закладкой, которая стала доминирующей [2]. Такая система разработки предполагает создание искусственной кровли, нормативная прочность которой должна составлять 40 кгс/см^2 (3920 кПа). На практике же допускалась прочность 15 кгс/см^2 (1470 кПа) при ширине пролета обнажения не более 4,5 м. Главное требование к качеству искусственной кровли состоит в укладке твердеющих смесей без рассло-

ний, т. е. массив должен быть однородным. Благодаря этому, закладочный массив в кровле оказывается более устойчивым и безопасным. Соответственно значительно уменьшается объем деревянного крепления или оно вообще заменяется на анкерное крепление, которое дешевле и позволяет механизировать все работы по креплению и очистной выемке руды с помощью самоходного оборудования.

Безопасность работ, хорошие технико-экономические показатели, обеспечение сохранности дневной поверхности, подземных и поверхностных сооружений, промышленных объектов, уменьшение и почти полное исключение подземных пожаров, уменьшение потерь руды, высокая степень механизации выемочных работ, постоянное совершенствование технологии приготовления и самотечной подачи литых твердеющих смесей в выработанное пространство по трубам диаметром 175 и 200 мм на расстояние до 2,5 км способствовали развитию этих способов и систем на других рудниках и шахтах.

После объединения ГДР и ФРГ урановые рудники были законсервированы, а их территория и территория перерабатывающего предприятия с отвалами пород и прудами — отстойниками радиоактивных стоков были полностью рекультивированы и превращены в зеленую зону, пригодную для жизнедеятельности людей. Это удачные примеры положительного преодоления экологических проблем горных разработок.

Во всех случаях применения закладки выработанного пространства разработчики технологии стремятся использовать в составах твердеющих смесей породы терриконов, горелые породы, отходы обогатительных фабрик, золошлаки и золы уноса тепловых электростанций, гранулированные шлаки металлургических заводов, отходы химпроизводств и другие материалы с тем, чтобы снизить стоимость смесей и утилизировать отходы промышленности.

Институтом ИГД им. А. А. Скочинского и КузНИУИ, Институтом горного дела СО Академии наук при некотором участии Сибгипрогормаша и КузПИ в 1986 г. была разработана технология обработки мощных крутых угольных пластов механизированными горизонтальными слоями в нисходящем порядке с литой твердеющей закладкой согласно изобретению [3]. Были определены составы твердеющих смесей и их сырьевая база.

Институтом Сибгипрошахт был разработан проект комплекса твердеющей закладки Куз-120 производительностью $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ с шаровой мельницей МС-4,5 \times 13 мощностью 3000 кВт, который был реализован шахтой "Коксовая" и производствен-

ным объединением (ассоциацией) "Прокопьевск-уголь" при выемке пласта Горелый мощностью 9 м в целике под обогатительной фабрикой шахты и в непосредственной близости к федеральной железной дороге. С 1989 по 1993 г. было уложено более 350 тыс. м³ твердеющих смесей на основе гранулированного шлака Западносибирского металлургического завода (ЗСМЗ), зол уноса Красноярской ТЭЦ-1 (вяжущее), добавки ускорителя твердения хлорида—сульфата—теосульфата натрия (ХСТН) — отхода Кемеровского ПО "Азот".

В результате благодаря мощной мельнице было обеспечено возведение качественного закладочного массива с прочностными показателями 290...490 кПа (через 3 суток) и 2900...4900 кПа (через 14 суток). Таким образом была полностью доказана эффективность предложений схемы выемочных и закладочных работ.

Ввиду дефицита гранулированного шлака на ЗСМЗ был разработан состав смеси с использованием в качестве заполнителя красного горельника с повышенным содержанием зольного вяжущего:

Заполнитель — горельник красный, кг/м ³	920
Вяжущее — зола уноса Красноярской ТЭЦ-1, кг/м ³	920
Ускоритель твердения ХСТН, % от массы вяжущего.	20
Вода, кг/м ³	410

В процессе испытаний были получены следующие прочностные показатели, МПа: через 3 суток — 0,5; 7 суток — 2,7; 14 суток — 4,8; 28 суток — 8,7, вполне достаточные для обеспечения работ по закладке твердеющих смесей.

Качество твердеющей закладки зависит от многих факторов и поэтому важно постоянно контролировать весь технологический процесс путем отбора образцов через 3, 7, 14 и 28 суток твердения, которые фиксируют отклонения по составу смеси при испытании образцов на прочность. Качество закладки в массиве оценивается путем отбора кернов и их испытания на прочность. Однако это трудоемко, поэтому более эффективен метод оценки образцов твердеющих смесей и бетонов по магнитной восприимчивости [4], которая обусловлена содержанием в смесях зольных и цементных вяжущих. Магнитная восприимчивость образцов изменяется в процессе твердения, т. е. зависит от времени твердения. По тарировочной зависимости для каждого конкретного состава можно установить параметры твердеющей смеси и оценить ее качество.

К сожалению, поставки закладочных материалов на рассматриваемую шахту прекратились и разработка передовой технологии с твердеющей закладкой не получила продолжения.

Несмотря на закрытие части объектов, где применялась твердеющая закладка, передовой и положительный опыт ее использования остался и может быть распространен на другие объекты, например в градостроительстве.

Выводы

1. Применение твердеющей закладки на нарушенных территориях относится к новому актуальному направлению исследований в градостроительстве. Это относится, в первую очередь к городам и поселениям в районах подземной добычи ископаемых.

2. Использование твердеющей закладки на нарушенных территориях направлено на снижение риска обвалов и оседания грунта, соответственно разрушений зданий и гибели людей в районах жилой и промышленной застройки, а также сельскохозяйственных и других территорий.

3. Твердеющую закладку необходимо применять на территориях городов, расположенных на зонах разломов по протерозойскому фундаменту и более глубоким границам раздела в земной коре, где многоэтажное строительство приводит к подвижке подземных малых речек и ручейков в геологической среде.

4. Применение твердеющей закладки при разработке полезных ископаемых позволяет повысить безопасность и механизацию горных работ, обеспечить полноту выемки, снизить потери ископаемых в недрах, обеспечить сохранность поверхностных и подземных сооружений, улучшить экологические и технико-экономические показатели.

5. Предлагаемая для применения твердеющая закладка обеспечивает возведение качественного закладочного массива. Опыт ее использования может быть распространен на различные типы нарушенных территорий в градостроительстве.

Список литературы

1. Померанцев И. В., Солодилов Л. П., Момзиков В. Я., Рудаков В. П. Недр столицы. Точка зрения // Строительство и бизнес. — 2006. — № 7 (71). — С. 10—11.
2. Чесноков Н. И., Петросов А. А., Шевченко Б. Ф. Системы разработки урана с твердеющей закладкой. — М.: Атомиздат, 1975.
3. Авторское свидетельство № 866 194 (1981). "Способ разработки мощных крутых пластов угля горизонтальными слоями в нисходящем порядке" // Бюллетень. — 1981. — № 35.
4. Кодолов О. М. Применение капнометрии для качественной оценки технологических процессов твердеющей закладки // Научные сообщения. Институт горного дела им. А. А. Скочинского. Московская область, г. Люберцы. — 1977. — Вып. 146.



O. M. Kodolov, Deputy Director, OOO "ROS-L", Moscow Region, Lyubertsy Town, **G. O. Kodolov**, Engineer, Senior Researcher, **Z. K. Petrova**, Leading Researcher, e-mail: petrovaz777@mail.ru, Central scientific Research and Planning Institute on Town-Planning of Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow

Hardening Filling in Town Planning

The main focus is on the generalization of positive experience in filling the working out spaces with hardening mixtures based on the production wastes generated in the course of developing mineral deposits in difficult mining and geological conditions to be applied in the built-up and protected areas.

Positive examples are given of the relevant systems based on the use of low-inclined layers with cast hardening mixtures in uranium mines of the former GDR. This experience was applied to propose the relevant technologies for working out the large-scale, strong coal seams through the use of mechanized horizontal layers put in the descending order with cast hardening layers in "Coke" mine of "Prokopievskugol" (production association).

The composition and raw-material base of hardening mixtures were specified, KUZ-120 — a hardening filling complex with 120 cub. m/hour capacity and a ball mill MS-4,5 × 13 with 3,000 kW efficiency. The complex was built and all technology was implemented in the course of extracting a seam with 9-m capacity under the concentrator mine. More than 350,000 cub. m of solidification mixtures of the relevant quality were laid to carry out the works under the artificial roof. Methodology was proposed to evaluate the quality of hardening filling mass. The use of hardening mixtures in the course of developing uranium mines and coal seams makes it possible to improve the safety and mechanization of mining works, to enable efficient full-scale extraction, to reduce mineral losses in the subsoil and to ensure safety of surface and underground facilities, to improve ecological and technical-economic indices. Many of the aforementioned indices are assessed only partially which influences the managerial decision-making not in favor of filling. It is not a complete list of problems solved in the course of laying hardening mixtures; the process could be constantly improved to result in lower costs.

Keywords: stowing worked-out area, hardening mixtures, wastes of production, artificial roof, filling in emptiness in town-planning, to fall in earth, disturbed territory

References

1. **Pomerancev I. V., Solodilov L. N., Momzikov V. Y., Rudakov V. P.** Nedra stolitsy Tochka zreniya. *Stroitelstvo i biznes*. 2006. N. 7 (71). P. 10—11.
2. **Chesnokov N. I., Petrosov A. A., Shevchenko B. F.** Sistemi razrabotki urana s tverdeushei zakladkou. M.: Atomizdat, 1975.

3. **Avtorskoe svidetelstvo № 866 194.** "Sposob razrabotki moshnih krutih plastov uglja gorizontalnimi sloyami v nizhodyashem poryadke". *Bulleten*. 1981. N. 35.
4. **Kodolov P. M.** Primenenie kappometrii dlya kachestvennoi ocenki tehnologicheskikh processov tverdeushei zakladki. *Nauchnie soobshenia. Institut gornogo dela im. A. A. Skochinskogo*. Moscovskaya oblast, g. Lubertsy. 1977. V. 146.

УДК 681.5:658.382

З. Х. Павлова, канд. техн. наук, декан, e-mail: zpravlova@mail.ru, Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Х. А. Азметов, д-р техн. наук, гл. науч. сотр., Институт проблем транспорта энергоресурсов РБ, Уфа

Обеспечение безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов на участках соединения труб с запорной арматурой в условиях изменения режима перекачки

Рассмотрены обеспечение безопасности магистральных нефтепроводов в условиях изменения режима перекачки с применением магистральных насосных агрегатов с частотно-регулируемым электроприводом. Установлено, что при изменении режима перекачки включением (отключением) магистральных насосных агрегатов в стенке труб нефтепровода возникают высокие механические напряжения. Проведен анализ и

дана количественная оценка влияния на уровень напряжений применения вставки промежуточной толщины между трубопроводом и арматурой. Показано, что применение насосных агрегатов с частотно-регулируемым электроприводом обеспечивает плавное изменение давления при изменениях режима перекачки, снижение напряжений в сечении соединения труб с арматурой и безопасную эксплуатацию нефтепровода. Установлены рациональные параметры изменения давления, обеспечивающие наибольший эффект.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, режим перекачки, повышение давления, напряжения в стенке труб, рациональная протяженность изменения давления, безопасность нефтепровода

Обеспечение безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов является наиболее важной проблемой в системе технической эксплуатации этого сложного сооружения. Магистральные нефтепроводы относятся к опасным производственным объектам. В связи с этим и с учетом проектирования и строительства магистральных нефтепроводов с рабочим давлением до 10 МПа, а также снижением несущей способности труб и оборудования длительно эксплуатируемых нефтепроводов требуются новые исследования по совершенствованию технологических и технических мероприятий обеспечения надежности и безопасности магистрального нефтепровода (МН).

Высокий уровень механического напряжения в металле труб из-за действия повышенного давления в полости нефтепровода и ухудшение несущей способности труб и оборудования приводят к снижению надежности и безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов. Наиболее высоким уровнем механического напряжения от действия внутреннего давления в полости нефтепровода характеризуются соединения труб с запорной арматурой. Это вызвано тем, что под действием внутреннего давления происходит деформация стенки трубопровода в радиальном направлении, т. е. увеличение радиуса трубопровода, а корпус запорной арматуры при этом, имея большую жесткость, не деформируется. В связи с этим в сечении соединения трубы с арматурой возникает локальный изгиб стенки трубы с возникновением дополнительных напряжений. В условиях высоких внутренних давлений указанные напряжения возрастают, что приводит к снижению ресурса труб и всего магистрального нефтепровода [1–3]. При наличии дефектов в стенке труб длительно эксплуатируемых нефтепроводов высокие напряжения могут привести к аварийным ситуациям.

По разным причинам в ходе эксплуатации МН происходят изменения режима перекачки. В условиях изменения режима перекачки отключением (включением) насосного агрегата из работы (в работу) возникают волны повышенного давления в полости нефтепровода. При этом повышенное давление существенно превышает рабочее [4].

С целью разработки мероприятий по снижению уровня напряженного состояния трубопровода и

обеспечения безопасности эксплуатации магистрального нефтепровода проведены исследования влияния процесса изменения режима перекачки на напряженное состояние трубопровода.

Исследования по определению напряжений в сечении соединения трубы с запорной арматурой выполнены на основе положений, изложенных в работах [5, 6]. Примем, что в полости нефтепровода вследствие включения одного или более насосных агрегатов в работу давление в трубопроводе повысилось от p до $(p + \Delta p)$. Возникающие при этом напряжения изгиба $\sigma_{и}$ в сечении соединения трубы с арматурой определяются по формуле

$$\sigma_{и} = \sigma_{кц} \bar{\sigma}_{и}, \quad (1)$$

где $\sigma_{кц}$ — кольцевые напряжения от действия рабочего давления p ;

$$\sigma_{кц} = \frac{pR}{\delta}, \quad (2)$$

R — радиус срединной поверхности стенки трубы; δ — толщина стенки трубопровода.

Безразмерный параметр напряжения изгиба

$$\bar{\sigma}_{и} = 1,8157 \left(1 + \frac{\Delta p}{p} \right). \quad (3)$$

Напряжение изгиба $\sigma_{и}$ вызывает появление кольцевых напряжений $\sigma_{кц.с}$, определяемых по формуле

$$\sigma_{кц.с} = \sigma_{кц} \bar{\sigma}_{кц.с}, \quad (4)$$

где $\bar{\sigma}_{кц.с}$ — безразмерный параметр кольцевых напряжений;

$$\bar{\sigma}_{кц.с} = 0,5447 \left(1 + \frac{\Delta p}{p} \right). \quad (5)$$

Кольцевые напряжения в сечении соединения трубы с арматурой от радиальных перемещений стенки трубы отсутствуют, так как увеличение радиуса под действием внутреннего давления в указанном сечении равно нулю.

В исследуемом сечении одновременно действуют напряжения изгиба $\sigma_{и}$ и кольцевые напряжения $\sigma_{кц.с}$. Поэтому проверку прочности трубопровода необходимо производить по энергетической теории прочности [7, 8] с определением максималь-



Таблица 1

Зависимости $\bar{\sigma}_И$, $\bar{\sigma}_{кц.с}$ и $\bar{\sigma}_{эқв.м}$ от $\frac{\Delta p}{p}$

$\frac{\Delta p}{p}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\bar{\sigma}_И$	1,8157	1,9973	2,1788	2,3604	2,5420	2,7235
$\bar{\sigma}_{эқв.м}$	2,1407	2,3548	2,5688	2,7829	2,9970	3,2110
$\bar{\sigma}_{кц.с}$	0,5447	0,5992	0,6536	0,7081	0,7626	0,8171

ных эквивалентных напряжений, определяемых в рассматриваемой задаче по формуле

$$\sigma_{эқв.м} = \sigma_{кц} \bar{\sigma}_{эқв.м}, \quad (6)$$

где $\bar{\sigma}_{эқв.м}$ — безразмерный параметр максимальных эквивалентных напряжений;

$$\bar{\sigma}_{эқв.м} = 2,1407 \left(1 + \frac{\Delta p}{p} \right). \quad (7)$$

Анализ полученных аналитических зависимостей показывает, что закономерности изменений безразмерных параметров $\bar{\sigma}_И$, $\bar{\sigma}_{кц.с}$ и $\bar{\sigma}_{эқв.м}$ от $\frac{\Delta p}{p}$ в полной мере характеризуют закономерности изменений напряжений $\sigma_И$, $\sigma_{кц.с}$ и $\sigma_{эқв.м}$ от $\frac{\Delta p}{p}$.

В табл. 1 даны зависимости $\bar{\sigma}_И$, $\bar{\sigma}_{кц.с}$ и $\bar{\sigma}_{эқв.м}$ от $\frac{\Delta p}{p}$, где видно, что увеличение $\frac{\Delta p}{p}$ приводит к существенному росту $\bar{\sigma}_И$ и $\bar{\sigma}_{эқв.м}$. Параметр $\bar{\sigma}_{кц.с}$ увеличивается незначительно.

Проведем анализ уровня напряжений $\sigma_И$ и $\sigma_{эқв.м}$ при $p = 4,0$ МПа для диаметров и толщин стенки труб $\varnothing 720 \times 10$ мм и $\varnothing 1220 \times 14$ мм и пределе текучести металла трубы $\sigma_T = 390$ МПа. В соответствии с требованиями СП 36.13330.2012 [7] максимальные эквивалентные напряжения $\sigma_{эқв.м}$ не должны превышать предел текучести металла трубы. Увеличение диаметра труб и $\frac{\Delta p}{p}$ приводит к

росту напряжений. Так, например, при $\frac{\Delta p}{p} = 0,1$ для трубы $\varnothing 720 \times 10$ мм имеем $\sigma_И = 283,6$ МПа и $\sigma_{эқв.м} = 334,6$ МПа, а для трубы $\varnothing 1220 \times 14$ мм — $\sigma_И = 344,1$ МПа и $\sigma_{эқв.м} = 405,7$ МПа. При $\frac{\Delta p}{p} = 0,3$ для трубы $\varnothing 720 \times 10$ мм имеем $\sigma_И = 335,2$ МПа и $\sigma_{эқв.м} = 395,2$ МПа, а для трубы $\varnothing 1220 \times 14$ мм — $\sigma_И = 406,7$ МПа и $\sigma_{эқв.м} = 479,5$ МПа. Таким образом, для некоторых вариантов напряжения близки или превышают предел текучести металла

трубы, что снижает ресурс и безопасность МН. Данные анализа указывают на то, что требуется разработка мер по снижению высоких напряжений. В некоторых работах, например [9], отмечается, что снижение напряжения на 25 % повышает ресурс сооружения до 2 раз.

С целью снижения локальных напряжений в сечениях соединения труб с деталями с большей разностью толщин стенок используется вставка промежуточной толщины. Рассмотрим соединение трубы с арматурой с применением между трубопроводом с номинальной толщиной стенки и арматурой вставки промежуточной толщины. В соответствии с нормативными требованиями [7] длина вставки должна быть не менее 250 мм. Таким образом, трубопровод будет иметь номинальную толщину стенки δ_H . Между арматурой и трубопроводом установлена вставка длиной l_B и толщиной стенки δ_1 , которая больше δ_H . Анализ показал, что для существующих условий сооружения и эксплуатации магистральных нефтепроводов напряжения в сечении сопряжения трубопровода с арматурой больше, чем напряжения в сечении сопряжения вставки с трубопроводом.

Используя изложенные выше положения, определим напряжения в сечении сопряжения вставки с арматурой. Напряжение изгиба $\sigma_{И.В}$ в указанном сечении будет

$$\sigma_{И.В} = \pm \sigma_{кц} \bar{\sigma}_{И.В}, \quad (8)$$

где $\bar{\sigma}_{И.В}$ — безразмерный параметр напряжения изгиба при использовании вставки;

$$\bar{\sigma}_{И.В} = 1,8157 \left(1 + \frac{\Delta p}{p} \right) \left(\frac{\delta_H}{\delta_1} \right)^2 F; \quad (9)$$

F — безразмерный параметр, определяемый в зависимости от геометрических характеристик вставки и трубопровода, длины вставки l_B . В расчетах параметр F учитывает влияние деформации вставки в сечении соединения с трубопроводом на деформацию вставки в сечении соединения с арматурой.

Кольцевые напряжения $\sigma_{кц.с}$ могут быть определены по формуле (4), где $\bar{\sigma}_{кц.с} = 0,3 \bar{\sigma}_{И.В}$.

Зависимости параметров напряжений $\bar{\sigma}_{и.в}$, $\bar{\sigma}_{кц.с}$ и $\bar{\sigma}_{экв.м}$ в сечении соединения вставки с арматурой от параметра длины вставки

α_0	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	10,0	20,0
$\bar{\sigma}_{и.в}$	1,4151	2,0120	2,1128	1,8198	1,7698	1,8129	1,8156	1,8156
$\bar{\sigma}_{экв.м}$	1,6684	2,3721	2,4909	2,1455	2,0866	2,1374	2,1406	2,1406
$\bar{\sigma}_{кц.с}$	0,4245	0,6036	0,6338	0,5459	0,5309	0,5439	0,5447	0,5447

Максимальные эквивалентные напряжения $\sigma_{экв.м}$ определяются по формуле (6), где

$$\bar{\sigma}_{экв.м} = 2,1407 \left(1 + \frac{\Delta p}{p} \right) \left(\frac{\delta_H}{\delta_1} \right)^2 F. \quad (10)$$

В табл. 2 даны значения $\bar{\sigma}_{и.в}$, $\bar{\sigma}_{кц.с}$ и $\bar{\sigma}_{экв.м}$ при $\frac{\Delta p}{p} = 0,5$ и $\frac{\delta_H}{\delta_1} = 0,67$ для различных значений α_0 . Параметр α_0 для конкретной трубы характеризует длину вставки и определяется по формуле

$$\alpha_0 = 1,2854 \frac{l_B}{(R\delta)^{0,5}}. \quad (11)$$

Сравнение значений параметров напряжений, вычисленных по полученным расчетным формулам и представленных в табл. 1 и 2 показывает, что использование толстостенной вставки достаточной длины между арматурой и трубой с номинальной толщиной стенки δ_H снижает напряжения. Так, например, для трубопровода $\varnothing 1220 \times 14$ мм при $p = 4,0$ МПа, $\frac{\Delta p}{p} = 0,5$ и отсутствии вставки $\sigma_{и.в} = 469,3$ МПа и $\sigma_{экв.м} = 553,3$ МПа, а при наличии вставки длиной $l_B = 230$ мм ($\alpha_0 = 3,2$) и $\frac{\delta_H}{\delta_1} =$

$= 0,67$ имеем $\sigma_{и.в} = 251,7$ МПа и $\sigma_{экв.м} = 359,2$ МПа. Эти напряжения достаточно высокие. Кроме того, с увеличением рабочего давления p напряжения повысятся, и поэтому необходима разработка технологических и технических мероприятий по снижению механических напряжений в стенке труб.

Анализ методов и средств снижения амплитуды волн повышенного давления, возникающих при изменениях режима перекачки, показывает, что применение магистральных насосных агрегатов с частотно-регулируемым электроприводом обеспечивает плавное прямолинейное изменение внутреннего давления в нефтепроводе.

Для оценки эффективности плавного изменения давления на уровень напряжений и безопасность нефтепровода определим напряжения в сечении соединения трубы с арматурой, возникающие в указанных условиях. Примем, что начиная от сечения соединения трубы с арматурой на участке нефтепровода длиной l_0 давление меняется от p до $(p + \Delta p)$. Для решения задач получены расчетные формулы для определения напряжений изгиба $\sigma_{и}$, кольцевых $\sigma_{кц.с}$ и эквивалентных $\sigma_{экв.м}$ напряжений в сечении соединения трубы с арматурой, которые соответственно имеют вид (1), (4) и (6), где

$$\bar{\sigma}_{и} = 1,8157 \left(1 + \frac{\Delta p}{pa_0} \right); \quad (12)$$

Таблица 3

Значения параметров напряжений $\bar{\sigma}_{и}$, $\bar{\sigma}_{кц.с}$ и $\bar{\sigma}_{экв.м}$ при различных α_0 и $\frac{\Delta p}{p}$

α_0	0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
	$\frac{\Delta p}{p} = 0,10$						
$\bar{\sigma}_{и}$	1,9973	1,8520	1,8339	1,8281	1,8248	1,8230	1,8218
$\bar{\sigma}_{экв.м}$	0,5992	0,5556	0,5502	0,5484	0,5474	0,5469	0,5465
$\bar{\sigma}_{кц.с}$	2,3548	2,1835	2,1622	2,1553	2,1514	2,1493	2,1479
	$\frac{\Delta p}{p} = 0,5$						
$\bar{\sigma}_{и}$	2,7235	1,9973	1,9065	1,8762	1,8611	1,8520	1,8460
$\bar{\sigma}_{экв.м}$	0,8171	0,5991	0,5720	0,5629	0,5583	0,5556	0,5538
$\bar{\sigma}_{кц.с}$	3,2110	2,3548	2,2478	2,2120	2,1942	2,1835	2,1764



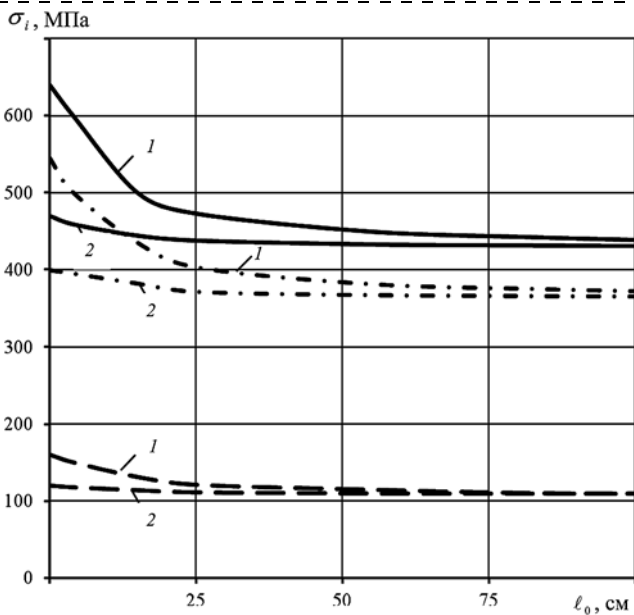
$$\bar{\sigma}_{\text{кц.с}} = 0,5447 \left(1 + \frac{\Delta p}{p a_0} \right); \quad (13)$$

$$\bar{\sigma}_{\text{экв.м}} = 2,1407 \left(1 + \frac{\Delta p}{p a_0} \right); \quad (14)$$

a_0 — безразмерный параметр, характеризующий длину l_0 . Зависимость a_0 от l_0 имеет вид (11).

В табл. 3 даны значения параметров $\bar{\sigma}_i$, $\bar{\sigma}_{\text{кц.с}}$ и $\bar{\sigma}_{\text{экв.м}}$ для различных значений a_0 и $\frac{\Delta p}{p}$. Представленные значения показывают, что увеличение a_0 приводит к снижениям параметров напряжений $\bar{\sigma}_i$, $\bar{\sigma}_{\text{кц.с}}$ и $\bar{\sigma}_{\text{экв.м}}$, а увеличение $\frac{\Delta p}{p}$ — к повышению указанных параметров.

На рисунке приведены графические зависимости напряжений в сечении сопряжения трубопровода с арматурой σ_i , $\sigma_{\text{кц.с}}$ и $\sigma_{\text{экв.м}}$ от длины участка l_0 при $p = 4,0$ МПа, различных $\frac{\Delta p}{p}$ для трубопровода с наружным диаметром 1020 мм и толщиной стенки 11 мм. На рисунке индекс i обозначает индексы и, кц.с и экв.м.



Графические зависимости напряжений σ_i , $\sigma_{\text{кц.с}}$ и $\sigma_{\text{экв.м}}$ от l_0 при $p = 4,0$ МПа, различных $\frac{\Delta p}{p}$ для трубопровода с наружным диаметром 1020 мм и толщиной стенки 11 мм:

1 — $\frac{\Delta p}{p} = 0,5$; 2 — $\frac{\Delta p}{p} = 0,1$

— — $\sigma_{\text{экв.м}}$; - · - · - σ_i ; - - - $\sigma_{\text{кц.с}}$

Из рисунка видно, что увеличение длины l_0 приводит к снижению уровня напряжений в стенке труб. Причем в области малых значений l_0 изменения этой длины на уровень напряжений более существенны.

Проведем анализ напряженно-деформированного состояния стенок труб разных диаметров: $\varnothing 720 \times 10$ мм и $\varnothing 1220 \times 14$ мм при давлении $p = 4,0$ МПа и $\frac{\Delta p}{p} = 0,5$. Расчеты показали, что увеличение длины участка l_0 существенно снижает напряжение для труб разных диаметров. Так, например, для трубопровода $\varnothing 720 \times 10$ мм при $l_0 = 25$ см напряжения $\sigma_i = 281,8$ МПа и $\sigma_{\text{экв.м}} = 332,3$ МПа, при $l_0 = 100$ см — $\sigma_i = 263,8$ МПа и $\sigma_{\text{экв.м}} = 311$ МПа. Для трубопровода $\varnothing 1220 \times 14$ мм при $l_0 = 25$ см напряжения $\sigma_i = 357,5$ МПа и $\sigma_{\text{экв.м}} = 421,5$ МПа, при $l_0 = 100$ см — $\sigma_i = 325,0$ МПа и $\sigma_{\text{экв.м}} = 382,0$ МПа. Как видно, увеличение диаметра труб, при одних и тех же нагружениях внутренним давлением, приводит к повышению уровня напряжений. Установлено, что имеется такая рациональная длина l_{0p} , больше которой напряжения практически не снижаются. Анализ показал, что длина l_{0p} может быть определена из следующего аналитического выражения

$$l_{0p} = 15,5594 \left(2 \frac{\Delta p}{p} + 1 \right) \sqrt{R \delta}. \quad (15)$$

В табл. 4 приведены значения рациональной длины l_{0p} при различных значениях $\frac{\Delta p}{p}$ для некоторых диаметров трубопроводов, используемых при сооружении магистральных нефтепроводов.

Выражение (15) для конкретного МН устанавливает зависимость между l_{0p} и $\frac{\Delta p}{p}$, при которых

Таблица 4
Значения рациональной длины l_{0p} (см) для различных $\Delta p/p$, диаметров труб D (см) и толщин стенки δ (см)

$D \cdot \delta$, см	53 · 0,9	72 · 1,0	102 · 1,1	122 · 1,4
l_{0p}	$\Delta p/p = 0,1$			
	90,4	111,2	139,1	171,6
l_{0p}	$\Delta p/p = 0,25$			
	113,0	139,1	173,9	214,4
l_{0p}	$\Delta p/p = 0,5$			
	150,7	185,4	231,8	285,9

достигается наибольший эффект снижения напряжений и обеспечения безопасности эксплуатации магистрального нефтепровода.

Выводы

Проведена оценка влияния изменений режима перекачки нефти по магистральному нефтепроводу на его безопасную эксплуатацию. Получены расчетные формулы для определения напряжений в сечении соединения труб с запорной арматурой при изменениях режима перекачки включением (отключением) магистральных насосных агрегатов и применением насосных агрегатов с частотно-регулируемым электроприводом. Выполнен анализ влияния на уровень напряжений применения толстостенной вставки трубы между арматурой и трубопроводом с номинальной толщиной стенки. Установлена рациональная длина участка изменения давления, при которой достигается наибольшее снижение напряжений и обеспечение безопасности эксплуатации магистрального нефтепровода.

Список литературы

1. Ясин Э. М., Березин В. Л., Ращепкин К. Е. Надежность магистральных трубопроводов. — М.: Недра, 1972. — 184 с.
2. Гумеров А. Г., Зайнуллин Р. С., Ямалеев К. М., Росляков А. В. Старение нефтепроводов. — М.: Недра, 1995. — 222 с.
3. Зайнуллин Р. С., Гумеров А. Г. Повышение ресурса нефтепроводов. — М.: Недра, 2000. — 494 с.
4. Шабанов В. А., Алексеев В. Ю., Павлова З. Х. Обеспечение бесперебойной работы частотно-регулируемых электроприводов магистральных насосов и технологического режима перекачки при кратковременных нарушениях электроснабжения: монография. — Уфа: Нефтегазовое дело, 2012. — 171 с.
5. Биргер И. А., Мавлютов Р. Р. Сопrotivление материалов. — М.: Недра, 1986. — 560 с.
6. Феодосьев В. И. Сопrotivление материалов. — М.: Недра, 1970. — 544 с.
7. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы / Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 2013. — 100 с.
8. Бородавкин П. П., Синюков А. М. Прочность магистральных трубопроводов. — М.: Недра, 1984. — 245 с.
9. Гумеров А. Г., Ямалеев К. М., Гумеров Р. С., Азметов Х. А. Дефектность труб нефтепроводов и методы их ремонта. — М.: Недра, 1998. — 252 с.

Z. Kh. Pavlova, Dean of faculty, e-mail: zpavlova@mail.ru, Ufa State Petroleum Technological University,

Kh. A. Azmetov, Chief Researcher, Institute of Problems of Transportation of Energy Resources" RB, Ufa

Main Oil Pipeline Safe Operation Ensure in Section of Pipe Connection with Stop Valve Under Pumping Mode Change

In the article main oil pipelines safety ensure in the conditions of transfer mode change by use of the main pump units with the frequency-control electric drive is considered. It is established that at change of transfer mode by turning on (or off) of the main pump units in a wall of pipes of oil pipeline there is high mechanical tension. The analysis is carried out and the quantitative assessment of influence on level of tension by application of an insert of intermediate thickness between the pipeline and fittings is given. It is shown that use of pump units with the frequency-control electric drive provides smooth change of pressure at transfer mode changes, decrease in tension in the section of connection of pipes with fittings and safe operation of the oil pipeline. Rational parameters of change pressure providing the greatest effect are established.

Keywords: main pipeline, transfer mode, pressure increase, stress in the wall of the pipes, a rational extension of pressure change, safety of the pipeline

References

1. Yasin E. M., Berezin V. L., Rashchepkin K. E. Nadezhnost' magistral'nyh truboprovodov. M.: Nedra, 1972. 184 p.
2. Gumerov A. G., Zaynullin R. S., Yamaleev K. M., Roslyakov A. V. Starenie nefteprovodov. M.: Nedra, 1995. 222 p.
3. Zaynullin R. S., Gumerov A. G. Povyshenie resursa nefteprovodov. M.: Nedra, 2000. 494 p.
4. Shabanov V. A., Alekseev V. Yu., Pavlova Z. Kh. Obespechenie bespereboynoy raboty chastotno-reguliruemyyh jelektroprivodov magistral'nyh nasosov i tehnologicheskogo rezhima perekachki pri kratkovremennyh narusheniyah yelektrosnabzheniya: Monografiya. Ufa: Neftgazovoe delo, 2012. 171 p.
5. Birger I. A., Mavlutov R. R. Soprotivlenie materialov. M.: Nedra, 1986. 560 p.
6. Feodos'ev V. I. Soprotivlenie materialov. M.: Nedra, 1970. 544 p.
7. SP 36.13330.2012 Magistral'nye truboprovody / Gosstroy Rossii. M.: GUP CPP, 2013. 100 p.
8. Boroдавкин P. P., Sinukov A. M. Prochnost' magistral'nyh truboprovodov. M.: Nedra, 1984. 245 p.
9. Gumerov A. G., Yamaleev K. M., Gumerov R. S., Azmetov Kh. A. Defektnost' trub nefteprovodov i metody ih remonta. M.: Nedra, 1998. 252 p.

УДК 628.543

Б. С. Ксенофонтов, д-р техн. наук, проф., e-mail: kbsflot@mail.ru, **Е. С. Антонова**, инж. МГТУ им. Н. Э. Баумана

Модели флотационных и сопутствующих процессов очистки воды

Рассмотрены вопросы моделирования флотационной очистки сточных вод от ионов металлов и взвешенных веществ с гидрофобной и гидрофильно-гидрофобной поверхностью. Отдельные результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальными данными.

Описан также сочлененный процесс флотации и отстаивания, которые осуществляются независимо друг от друга. При этом в осадок выпадают частицы загрязнений не только из исходной сточной воды, но и из пенного слоя при отрыве частиц от газовых пузырьков. Учет этих явлений приводит к тому, что содержание частиц загрязнений в пенном слое с течением времени уменьшается. Получены решения в аналитическом виде, которые достаточно точно моделируют сопутствующий процесс.

Ключевые слова: очистка сточных вод, флотация, отстаивание, сочлененный процесс, моделирование

Для эффективного применения флотации для очистки сточных вод необходимо знание кинетики этого процесса [1–2]. Применение для описания кинетики флотации уравнения Белоглазова обсуждается давно и на этот счет имеются различные точки зрения. Например, одна из них: это уравнение применимо в случае флотации монодисперсных пульп, а при флотации полидисперсных пульп согласно этим же источникам целесообразно применять закон действующих масс [1]. Однако предлагаемые подходы не изменяют существа вопроса. А именно, эти подходы с точки зрения химической кинетики, служащей в этом случае аналогом математического описания флотационного процесса, основаны на представлении, что флотационный процесс аналогичен простой химической реакции. А как показал проведенный анализ, это не совсем правильно [1–2]. Дело в том, что флотационный процесс аналогичен сложной и обратимой химической реакции. В общем случае схема флотаци-

онного процесса может быть представлена в виде, показанном на рис. 1.

Представленные на рис. 1 состояния A , B и C предполагают нахождение извлекаемых из жидкости частиц соответственно в свободном состоянии, в состояниях флотокомплекса и в пене. Каждый такой переход характеризуется константой соответственно k_1 , k_3 , k_5 и переходами в обратном направлении с оценкой таких переходов величиной констант k_2 , k_4 и k_6 .

Трактовка флотационного процесса по аналогии со сложной обратимой химической реакцией в достаточной мере отражает основную сущность флотационного процесса, а именно образование флотокомплекса (необходимое условие), его переход (всплытие) в пенный слой (достаточное условие), при этом в отдельных случаях возможны и обратные переходы. Указанный подход приводит к тому, что система уравнений, описывающих флотационный процесс, схема которого представлена на рис. 1, имеет вид:

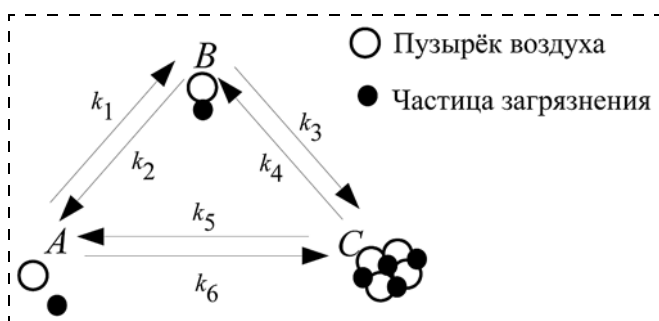


Рис. 1. Схема флотационного процесса

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1C_A + k_2C_B + k_5C_C - k_6C_A; & t = 0: \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1C_A - k_2C_B - k_3C_B + k_4C_C; & C_A(0) = C_{A_0}; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_3C_B - k_4C_C - k_5C_C + k_6C_A; & C_B(0) = 0; \\ & C_C(0) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где C_A , C_B , C_C — текущие концентрации взвешенных веществ в воде; t — время; $C(0)$ — начальные концентрации взвешенных веществ в начальный момент времени $t = 0$.

Решение этой системы в общем виде имеет вид:

$$C_A(t) = C_{A_0} \left[\frac{\beta}{\gamma_1 \gamma_2} + \frac{\alpha \gamma_1 - \gamma_1^2 - \beta}{\gamma_1 (\gamma_2 - \gamma_1)} e^{-\gamma_1 t} + \frac{\gamma_2^2 - \alpha \gamma_2 + \beta}{\gamma_2 (\gamma_2 - \gamma_1)} e^{-\gamma_2 t} \right];$$

$$C_B(t) = C_{A_0} \left[\frac{\varepsilon}{\gamma_1 \gamma_2} + \frac{k_1 \gamma_1 - \varepsilon}{\gamma_1 (\gamma_2 - \gamma_1)} e^{-\gamma_1 t} + \frac{\varepsilon - k_1 \gamma_2}{\gamma_2 (\gamma_2 - \gamma_1)} e^{-\gamma_2 t} \right];$$

$$C_C(t) = C_{A_0} \left[\frac{\delta}{\gamma_1 \gamma_2} + \frac{k_6 \gamma_1 - \delta}{\gamma_1 (\gamma_2 - \gamma_1)} e^{-\gamma_1 t} + \frac{\delta - k_6 \gamma_2}{\gamma_2 (\gamma_2 - \gamma_1)} e^{-\gamma_2 t} \right];$$

где

$$\alpha = k_2 + k_3 + k_4 + k_5; \quad \beta = k_2 k_4 + k_2 k_5 + k_3 k_5;$$

$$\delta = k_1 k_3 + k_2 k_6 + k_3 k_6; \quad \varepsilon = k_1 k_4 + k_1 k_5 + k_4 k_6;$$

$$\gamma_1 + \gamma_2 = \alpha + k_1 + k_6; \quad \gamma_1 \gamma_2 = \beta + \varepsilon + \delta.$$

Полученные решения отражают все особенности флотационного процесса и указывают пути его интенсификации, в частности выбор оптимальных размеров газовых пузырьков, уменьшение глубины флотокамеры, ускорение подъема флотокомплексов путем их коалиценции.

Рассматриваемый подход был использован при очистке сточных вод от ионов металлов и взвешенных веществ. Эта проблема является весьма сложной и в ряде случаев недостаточно разработанной. Отчасти это объясняется сложностью состава сточных вод, содержащих ионы металлов, взвешенные вещества и другие загрязнения, для извлечения которых необходимо использование отдельных режимов флотоочистки. Например, для извлечения ионов металлов из сточных вод целесообразно использование ионной флотации.

Для описания процессов ионной флотации целесообразно рассмотреть многостадийную модель ионной флотации [3], которую можно представить в виде последовательности следующих состояний системы:

- состояние *A* — ионы коллигенда и собирателя и газовые пузырьки существуют автономно;
- состояние *B* — образование сублата в результате взаимодействия собирателя и коллигенда;
- состояние *C* — образование флотокомплекса собиратель — газовый (воздушный) пузырек;
- состояние *D* — образование флотокомплекса ион коллигенда — собиратель — газовый пузырек;
- состояние *E* — образование пенного слоя, содержащего ионы коллигенда и собирателя и газовые пузырьки;

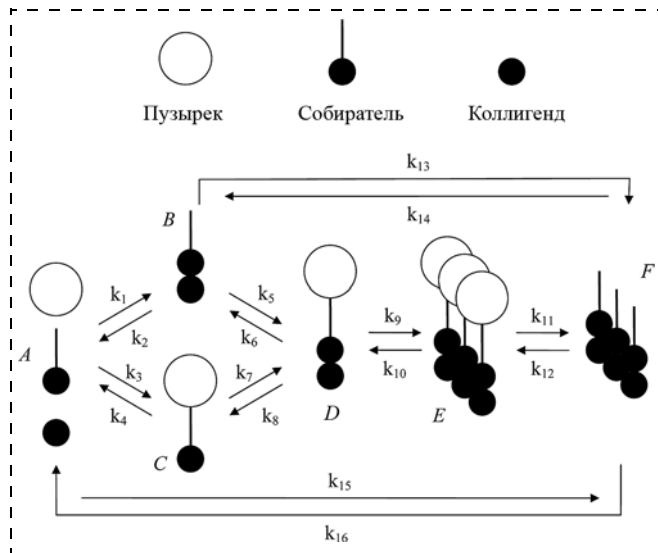


Рис. 2. Схема многостадийной модели ионной флотации

— состояние *F* — образование пенки, содержащей ионы коллигенда и собирателя без газовых пузырьков (концентрат сублата).

Схема многостадийной модели ионной флотации приведена на рис. 2. Математическое описание флотационного процесса, приведенного на рис. 2, может быть представлено следующей системой уравнений [1]:

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A + k_2 C_B - k_3 C_A + k_4 C_C - \\ -k_{15} C_A + k_{16} C_F; \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B - k_5 C_B + k_6 C_D - \\ -k_{13} C_B + k_{14} C_F; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_3 C_A - k_4 C_C - k_7 C_C + k_8 C_D; \\ \frac{dC_D}{dt} = k_5 C_B - k_6 C_D + k_7 C_C - k_8 C_D - \\ -k_9 C_D + k_{10} C_E; \\ \frac{dC_E}{dt} = k_9 C_D - k_{10} C_E - k_{11} C_E + k_{12} C_F; \\ \frac{dC_F}{dt} = k_{11} C_E - k_{12} C_F + k_{13} C_B - \\ -k_{14} C_F + k_{15} C_A - k_{16} C_F. \end{cases} \quad (2)$$

Предлагаемая система должна удовлетворять, по крайней мере, двум условиям, а именно в начальный момент времени концентрация коллигенда на первой

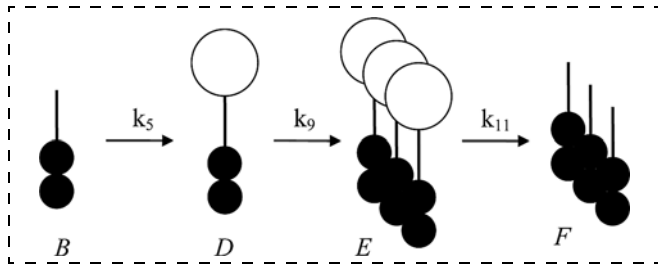


Рис. 3. Упрощенная схема процесса ионной флотации

стадии равна исходной концентрации в растворе и в любой момент времени сумма концентраций коллигенда по всем стадиям равна его исходной концентрации. Такая система, как правило, решается с использованием численных методов. Для практических случаев, как показали проведенные расчеты, вполне можно использовать упрощенные расчеты с использованием схемы, представленной на рис. 3. Считая, что собиратель полностью прореагировал с коллигендом, систему уравнений (2) можно представить в виде:

$$\begin{cases} \frac{dC_B}{dt} = -k_5 C_B; \\ \frac{dC_D}{dt} = k_5 C_B - k_9 C_D; \\ \frac{dC_E}{dt} = k_9 C_D - k_{11} C_E; \\ \frac{dC_F}{dt} = k_{11} C_E. \end{cases} \quad (3)$$

Эффективность извлечения отдельных металлов из сточных вод, полученная расчетным путем и определенная экспериментально, представлена в таблице. При этом в качестве собирателя использовалась биомасса бактерий рода *Pseudomonas* дозой 0,7 г/л, причем перед внесением в воду биомасса бактерий подвергалась дезинтеграции до отдельных фрагментов клеток бактерий.

Сравнение расчетных и экспериментальных значений эффективности извлечения ионов отдельных металлов из сточных вод показывает на небольшое расхождение, не превышающее примерно 7 %, что позволяет пользоваться расчетными данными для оценки эффективности очистки сточных вод, в том числе от металлов, с применением ионной флотации.

Отдельного внимания заслуживает сочетание различных процессов в одном корпусе аппарата, например кондиционирования разделяемой системы, флотации, отстаивания, фильтрации, обеззараживания и т. д. На рис. 4 представлена схема такого комбинированного процесса, сочетающего флотацию и отстаивание.

Показатели извлечения отдельных металлов из сточных вод с применением ионной флотации

Металл	Концентрация металла в сточной воде, мг/л	Время флотации, мин	Расчетная эффективность очистки, %	Экспериментально определенная эффективность очистки, %
Хром (общий)	2,2	15,5	97,7	91,4
Свинец	4,4	15,5	96,9	89,6
Никель	3,5	15,5	98,4	92,7
Вольфрам	2,9	15,5	97,8	93,3
Кобальт	4,1	15,5	96,5	89,6

Система дифференциальных уравнений в данном случае имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A + k_2 C_B - k_6 C_A; \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B - k_3 C_B + k_4 C_C; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_3 C_B - k_4 C_C - k_5 C_C; \\ \frac{dC_D}{dt} = k_6 C_A + k_5 C_C; \end{cases} \quad \begin{matrix} t = 0 : \\ C_A(0) = C_{A_0}; \\ C_B(0) = 0; \\ C_C(0) = 0. \end{matrix} \quad (4)$$

Указанные процессы могут осуществляться как параллельно, так и последовательно друг за другом. Выбор последовательности операций зависит, в первую очередь, от разделяемой системы, а также от поставленной цели и решаемых задач. Окончательный выбор последовательности технологических операций определяется путем проведения эксперимента, моделирующего в целом процесс разделения системы. Достаточно часто при очистке сточных вод встречается сочетание следующих технологических операций: отстаивание — флотация или отстаивание — флотация — фильтрация. При этом эти технологические операции могут осуществляться как последовательно, так и параллельно или

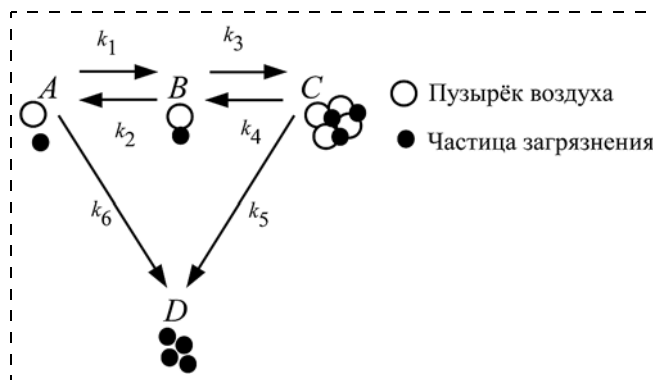


Рис. 4. Схема комбинированного процесса флотации и отстаивания

в комбинации параллельно, а затем последовательно и наоборот. Представленный на рис. 4 вариант наиболее часто встречается в процессах очистки, например, нефтесодержащих сточных вод, в которых загрязнения, как правило, представлены углеводородами нефти, минеральными частицами, солями металлов и т. п. В этом случае флотироваться могут не только углеводороды нефти в виде капель, но и минеральные частицы, которые в этих случаях покрываются нефтяной пленкой. Последнее приводит

к тому, что при флотации загрязнений могут происходить обратимые процессы. При этом те минеральные частицы, которые не покрылись нефтяной пленкой, выпадают в осадок, что и предполагает схема этого комбинированного процесса (см. рис. 4). Значения загрязнений в любой момент времени можно найти путем решения системы уравнений (4) при указанных выше начальных условиях. Полученное решение этой системы уравнений имеет вид:

$$C_A(t) = \frac{C_{A_0}}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_2 - \gamma_3)} \left\{ \begin{aligned} & \left[\gamma_1^2 \gamma_2 - \gamma_1^2 \gamma_3 + b(\gamma_2 - \gamma_3) + a(\gamma_1 \gamma_3 - \gamma_1 \gamma_2) \right] e^{-\gamma_1 t} - \\ & - \left[\gamma_1 \gamma_2^2 - \gamma_2^2 \gamma_3 + b(\gamma_1 - \gamma_3) + a(\gamma_2 \gamma_3 - \gamma_1 \gamma_2) \right] e^{-\gamma_2 t} + \\ & + \left[\gamma_1 \gamma_3^2 - \gamma_2 \gamma_3^2 + b(\gamma_1 - \gamma_2) + a(\gamma_2 \gamma_3 - \gamma_1 \gamma_3) \right] e^{-\gamma_3 t} \end{aligned} \right\};$$

$$C_B(t) = \frac{C_{A_0}}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_2 - \gamma_3)} \left\{ \begin{aligned} & -[\gamma_1 \gamma_2 k_1 - \gamma_1 \gamma_3 k_1 - \gamma_2 \gamma_1 k_4 - \gamma_2 k_1 k_5 + \gamma_3 k_1 k_4 + \gamma_3 k_1 k_5] e^{-\gamma_1 t} + \\ & + [\gamma_1 \gamma_2 k_1 - \gamma_2 \gamma_3 k_1 - \gamma_1 k_1 k_4 - \gamma_1 k_1 k_5 + \gamma_3 k_1 k_4 + \gamma_3 k_1 k_5] e^{-\gamma_2 t} - \\ & - [\gamma_1 \gamma_3 k_1 - \gamma_2 \gamma_3 k_1 - \gamma_1 k_1 k_4 - \gamma_1 k_1 k_5 + \gamma_2 k_1 k_4 + \gamma_2 k_1 k_5] e^{-\gamma_3 t} \end{aligned} \right\};$$

$$C_C(t) = \frac{C_{A_0}}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_2 - \gamma_3)} [\gamma_2 k_1 k_3 - \gamma_3 k_1 k_3] e^{-\gamma_1 t} - [\gamma_1 k_1 k_3 - \gamma_3 k_1 k_3] e^{-\gamma_2 t} + [\gamma_1 k_1 k_3 - \gamma_2 k_1 k_3] e^{-\gamma_3 t};$$

$$C_D(t) = \frac{C_{A_0}}{(\gamma_1 - \gamma_2)(\gamma_1 - \gamma_3)(\gamma_2 - \gamma_3)} \left\{ \begin{aligned} & - \left[\gamma_1^2 \gamma_3 - \gamma_1^2 \gamma_2 + \gamma_1 \gamma_2^2 - \gamma_1 \gamma_3^2 - \gamma_2^2 \gamma_3 + \gamma_2 \gamma_3^2 \right] + \\ & + \left[k_6 \gamma_1 \gamma_3 - k_6 \gamma_1 \gamma_2 + n \gamma_3 - n \gamma_2 - \gamma_2^2 \gamma_3 + \gamma_2 \gamma_3^2 \right] e^{-\gamma_1 t} - \\ & - \left[n \gamma_1 - k_6 \gamma_1 \gamma_2 - \gamma_1^2 \gamma_3 + k_6 \gamma_2 \gamma_3 - n \gamma_3 + \gamma_1 \gamma_3^2 \right] e^{-\gamma_2 t} + \\ & + \left[n \gamma_1 - k_6 \gamma_1 \gamma_1 + \gamma_1^2 \gamma_2 + k_6 \gamma_2 \gamma_3 - n \gamma_2 + \gamma_1 \gamma_2^2 \right] e^{-\gamma_3 t} \end{aligned} \right\};$$

где

$$\begin{aligned} \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 &= k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6; \\ \gamma_1 \gamma_2 + \gamma_1 \gamma_3 + \gamma_2 \gamma_3 - k_1 k_3 + k_1 k_4 + k_1 k_5 + k_2 k_4 + \\ & + k_2 k_5 + k_2 k_6 + k_3 k_5 + k_3 k_6 + k_4 k_6 + k_5 k_6; \\ \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 &= k_1 k_3 k_5 + k_2 k_4 k_6 + k_2 k_5 k_6 + k_3 k_5 k_6; \\ a &= k_2 + k_3 + k_4 + k_5; \\ b &= k_2 k_4 + k_2 k_5 + k_3 k_5; \quad n = k_6 a. \end{aligned}$$

Анализ полученного решения указывает на его сложность и определенную трудность его интерпретации. Однако оно представляет несомненный интерес для дальнейших практических задач с це-

лью оптимизации сочлененного процесса флотации и отстаивания.

Рассмотрим процесс очистки воды с использованием флотации и сопутствующего ей отстаивания, представляющего большой практический интерес (рис. 5).

На данном рисунке состояние *A* — частицы загрязнений в исходном состоянии. При флотационной очистке частицы гидрофобных загрязнений могут слипаться с более крупными пузырьками, образуя флотокомплексы (состояние *B*), а частицы гидрофобно-гидрофильных загрязнений образуют флотокомплексы с пузырьками более мелких размеров

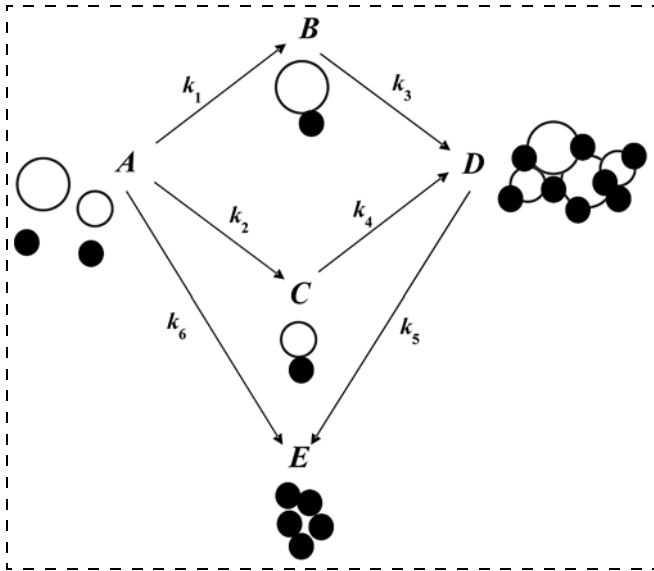


Рис. 5. Схема совмещенного процесса флотации и отстаивания

(состояние C). Далее флотокомплексы всплывают, образуя пенный слой (состояние D). Одновременно со всплытием флотокомплексов может происходить осаждение частиц (состояние E) как из исходного состояния A, так и из пенного слоя (состояние D). Переходы между состояниями характеризуется константами $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$.

Константы k_1, k_2 , характеризующие вероятность образования флотокомплекса, определяются из соотношения:

$$k_{1,2} = \frac{1,5qE}{k_0\bar{D}_{1,2}}, \quad (5)$$

где q — скорость барботирования, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; E — эффективность захвата частиц всплывающим пузырьком газа при флотации (безразмерная величина); $\bar{D}_{1,2}$ — средние диаметры крупных 1 и мелких 2 пузырьков во

флотационной ячейке, м; k_0 — фактор полидисперсности пузырьков (безразмерная величина).

Константы k_3, k_4 характеризуют перемещение флотокомплексов частица—пузырек из жидкости в пенный слой и определяются как:

$$k_{3,4} = \frac{v_{\text{под}1,2}}{h}, \quad (6)$$

где $v_{\text{под}1,2}$ — скорость всплытия флотокомплекса с крупными 1 и мелкими 2 пузырьками, м/с; h — расстояние от зоны аэрации до пенного слоя (глубина флотокамеры), м.

Константа k_5 характеризует выпадение частиц твердой фазы из пенного слоя в зону аэрации.

Константа k_6 характеризует осаждение частиц твердой фазы, находящихся в исходном состоянии.

Константы k_5, k_6 определяются по формуле:

$$k_{5,6} = \frac{v_{\text{ос}}}{h}, \quad (7)$$

где $v_{\text{ос}}$ — скорость осаждения частиц твердой фазы, м/с.

Система дифференциальных уравнений, описывающая процесс, протекающий во флотационной машине, будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -k_1C_A - k_2C_A - k_6C_A; & t = 0 \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1C_A - k_3C_B; & C_A(0) = C_{A_0}; \\ \frac{dC_C}{dt} = k_2C_A - k_4C_C; & C_B(0) = 0; \\ \frac{dC_D}{dt} = k_3C_B + k_4C_C - k_5C_D; & C_C(0) = 0; \\ \frac{dC_E}{dt} = k_6C_A + k_5C_D; & C_D(0) = 0; \\ & C_E(0) = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Ниже приведено решение данной системы:

$$\begin{aligned} C_A(t) &= C_{A_0} e^{-\alpha t}; & C_B(t) &= \frac{C_{A_0} k_1}{k_3 - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-k_3 t}); & C_C(t) &= \frac{C_{A_0} k_2}{k_4 - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-k_4 t}); \\ C_D(t) &= C_{A_0} \left\{ \frac{k_1 k_3}{k_3 - \alpha} \left[\frac{(e^{-\alpha t} - e^{-k_3 t})}{k_5 - \alpha} + \frac{(e^{-k_3 t} - e^{-k_4 t})}{k_5 - k_3} \right] + \frac{k_2 k_4}{k_4 - \alpha} \left[\frac{(e^{-\alpha t} - e^{-k_3 t})}{k_5 - \alpha} + \frac{(e^{-k_3 t} - e^{-k_4 t})}{k_5 - k_4} \right] \right\}; \\ C_E(t) &= C_{A_0} \left\{ 1 - \frac{k_6}{\alpha} e^{-\alpha t} + k_5 \left[\frac{k_1 k_3}{k_3 - \alpha} \left\{ \frac{e^{-k_3 t}}{k_5 (k_5 - \alpha)} - \frac{e^{-\alpha t}}{\alpha (k_5 - \alpha)} + \frac{e^{-k_3 t}}{k_3 (k_5 - k_3)} - \frac{e^{-k_4 t}}{k_5 (k_5 - k_3)} \right\} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{k_2 k_4}{k_4 - \alpha} \left\{ \frac{e^{-k_3 t}}{k_5 (k_5 - \alpha)} - \frac{e^{-\alpha t}}{\alpha (k_5 - \alpha)} + \frac{e^{-k_3 t}}{k_4 (k_5 - k_4)} - \frac{e^{-k_4 t}}{k_5 (k_5 - k_4)} \right\} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (9)$$

где $\alpha = k_1 + k_2 + k_6$.

Расчет констант, характеризующих вероятность образования флотокомплекса для крупных и мелких пузырьков k_1 и k_2 , производился по формуле (5). Принимаем

среднюю скорость барботирования $q = 1,6 \times 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

эффективность захвата частиц всплывающим пузырьком газа при флотации $E = 0,05$;

фактор полидисперсности пузырьков $k_0 = 1$;

средний диаметр пузырька

$$1) \bar{D}_1 = 500 \text{ мкм};$$

$$2) \bar{D}_2 = 60 \text{ мкм};$$

$$k_1 = \frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05}{1 \cdot 500 \cdot 10^{-6}} = 0,0024 \text{ 1/с};$$

$$k_2 = \frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05}{1 \cdot 60 \cdot 10^{-6}} = 0,02 \text{ 1/с}.$$

Расчет констант, характеризующих перемещение флотокомплекса в пенный слой, k_3, k_4 производился по формуле (6). Скорость всплытия для пузырьков средним диаметром 500 мкм: $v_{\text{под1}} = 0,07 \text{ м/с}$. Скорость всплытия для пузырьков средним диаметром 60 мкм можно приблизительно определить по формуле:

$$v_{\text{под2}} = \frac{\bar{D}_2^2 g (\rho_B - \rho_T)}{18\mu}, \quad (10)$$

где g — ускорение свободного падения, м/с^2 ; ρ_B — плотность воды, кг/м^3 ; ρ_T — плотность воздуха, кг/м^3 ; μ — динамический коэффициент вязкости воды, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Подставляя численные значения в формулу (10), получим:

$$v_{\text{под2}} = \frac{(60 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 9,81(1000 - 1,28)}{18 \cdot 10^{-3}} = 0,0019 \text{ м/с}.$$

В случае использования флотокамеры с рабочей глубиной $h = 1 \text{ м}$ значения констант

$$k_3 = \frac{0,07}{1} = 0,07 \text{ 1/с}; \quad k_4 = \frac{0,0019}{1} = 0,0019 \text{ 1/с}.$$

Константы k_5, k_6 , характеризующие процесс осаждения, определяют по формуле (7), приняв скорость осаждения частиц $v_{\text{ос}} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$

$$k_5 = k_6 = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,0002 \text{ 1/с}.$$

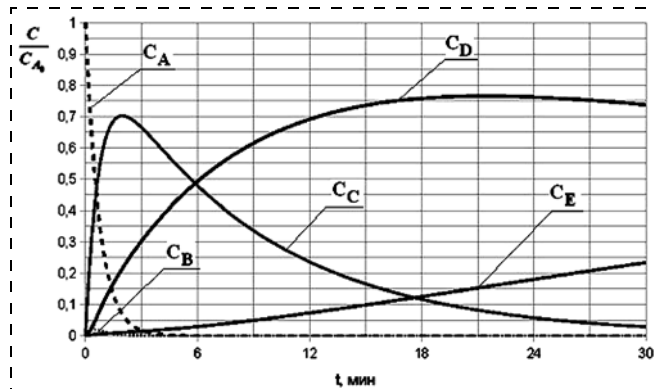


Рис. 6. Зависимость концентрации от времени процесса при $\bar{D}_1 = 500 \text{ мкм}$ и $\bar{D}_2 = 60 \text{ мкм}$

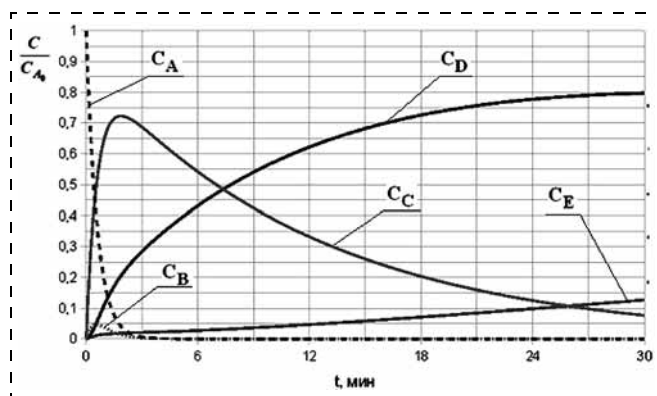


Рис. 7. Зависимость концентрации от времени процесса при $\bar{D}_1 = 300 \text{ мкм}$ и $\bar{D}_2 = 50 \text{ мкм}$

С использованием полученных констант построены графики зависимостей изменения концентраций от времени (рис. 6).

Варьируя различные параметры можно установить в какой степени их изменение влияет на процесс очистки.

На рис. 7 представлен график для следующих данных: $\bar{D}_1 = 300 \text{ мкм}$; $\bar{D}_2 = 50 \text{ мкм}$; $v_{\text{ос1}} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ — скорость осаждения частиц из пены; $v_{\text{ос2}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ — скорость осаждения частиц из исходного состояния; $k_1 = 0,004 \text{ 1/с}$; $k_2 = 0,024 \text{ 1/с}$; $k_3 = 0,035 \text{ 1/с}$; $k_4 = 0,0013 \text{ 1/с}$; $k_5 = 0,0001 \text{ 1/с}$; $k_6 = 0,0005 \text{ 1/с}$.

Представленные на рис. 6, 7 кривые показывают, как значения констант флотационного процесса влияют на его кинетику. Рассмотренная модель демонстрирует характерные особенности многостадийного процесса, в котором помимо флотации происходит осаждение. Вид кривых на графиках показывает, как изменение характерных параметров определяет течение процесса как на отдельных



стадиях, так и в целом: например на рис. 6 кривая C_D , характеризующая концентрацию частиц в пенном слое, начинает спадать после 24 мин. При этом можно сделать вывод от том, что процесс выпадения частиц из пенного слоя начиная с этого времени проходит интенсивнее, чем всплытия, но при других значениях параметров, входящих в константы, такого спада может не наблюдаться (см. рис. 7).

Таким образом, полученные графики дают возможность определить длительность процесса очистки. Процесс обычно прекращают, когда изменение концентрации не превышает 5 %, так как в этом случае ее изменение соизмеримо с погреш-

ностью измерения. Однако в каждом индивидуальном случае при определении времени очистки, необходимо учитывать характерные особенности конкретного процесса в конкретных условиях и нормативные требования, предъявляемые к качеству воды.

Список литературы

1. **Ксенофонов Б. С.** Очистка воды и почвы флотацией. — М.: Новые технологии, 2004. — 224 с.
2. **Ксенофонов Б. С.** Флотационная обработка воды, отходов и почвы. — М.: Новые технологии, 2010. — 272 с.
3. **Ксенофонов Б. С.** Возможности интенсификации извлечения ионов металлов из сточных вод // Безопасность жизнедеятельности. — 2013. — № 1. — С. 20—23.

B. S. Ksenofontov, Professor, e-mail: kbsflot@mail.ru, **E. S. Antonova**, Engineer, The Bauman Moscow State Technical University (Bauman MSTU)

Models of Flotation and Accompanying Processes of Water Purification

The paper discusses the issues of modeling flotation cleaning wastewater from the metal ions and suspended solids with a hydrophobic and hydrophilic-hydrophobic surface. Some of the results of theoretical investigations are confirmed by experimental data.

Described as articulated flotation and sedimentation, which are carried out independently of each other. Thus in a deposit particles of pollution not only drop out of initial sewage, but also of a foamy layer at a separation of particles from gas bubbles. The accounting of these phenomena leads to that the maintenance of particles of pollution in a foamy layer decreases eventually. The solutions are obtained in an analytical form, which is true enough model articulated process.

Keywords: wastewater treatment, flotation, sedimentation, articulated process modeling

References

1. **Ksenofontov B. S.** Ochistka vody i pochvy flotaciej. M.: Noveye tehnologii. 2004. 224 p.
2. **Ksenofontov B. S.** Flotacionnaja obrabotka vody, othodov i pochvy. M.: Noveye tehnologii. 2010. 272 p.

3. **Ksenofontov B. S.** Vozmozhnosti intensifikacii izvlechenija ionov metallov iz stocnyh vod. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2013. N. 1. P. 20—23.

Продолжается подписка на журнал

"Безопасность жизнедеятельности"

на первое полугодие 2015 г.

Оформить подписку можно через подписные агентства или непосредственно в редакции журнала.

Подписные индексы по каталогам:

Роспечать — 79963

Пресса России — 94032

Адрес реакции: 107076, Москва, Стромьинский пер. 4, редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"
Тел.: (499) 269-53-97. Факс: (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru

УДК 614.841.3 + 614.842.618

А. Л. Суркаев, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, **В. Ф. Каблов**, д-р техн. наук, проф., директор, **С. И. Благинин**, нач. сектора, e-mail: blaginin@volpri.ru, Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Тушение пожаров с использованием ударного воздействия

Рассмотрено техническое решение, позволяющее на базе наземного транспорта эффективно осуществлять тушение низового лесного и степного пожаров, а также создавать заградительную полосу непосредственным воздействием на кромку пожара противопожарной жидкостью с использованием ударного воздействия электрического взрыва проводника.

Ключевые слова: тушение пожаров, противопожарная жидкость, электрический взрыв проводника

Проблема лесных пожаров является актуальной для всего мирового сообщества. Как показывает анализ, в лесах РФ ежегодно возникает более 30 тыс. лесных и степных пожаров на площади более 1...2 млн га. Процесс предотвращения пожаров и непосредственно пожаротушения требует огромных людских и материальных ресурсов.

Целью данной работы является разработка модели технического решения, позволяющего на базе наземного транспорта наиболее эффективно осуществлять тушение низового лесного и степного пожаров, а также прокладывать заградительную полосу непосредственным воздействием на кромку пожара огнетушащей жидкостью с использованием ударного воздействия электрического взрыва проводника.

Методы пожаротушения

На сегодняшний день в соответствующей литературе описаны различные способы и механические устройства тушения пожаров с применением наземных средств и с использованием различных жидкостей, содержащих антипирен, а также тушение лесоматериалов с применением робототехнических средств (РТС). В работе [1] представлены данные о горении и тушении твердых веществ и материалов с использованием РТС — многофункциональных комплексов пожаротушения среднего и тяжелого класса, оборудованных лафетными пожарными стволами, а также даны соответствующие рекомендации, полученные по результатам испытаний. Применение аэрозолей растворов солей при пожаротушении представлено в работе [2], где приведены результаты проверки лабораторных экспериментов крупномасштабными натурными испытаниями по тушению двух типов модельных очагов пожаров. Эксперименты показали, что кратковременное воздействие аэрозольного обла-

ка водного раствора красной кровяной соли $K_3[Fe(CN)_6]$ на фронт пламени низового лесного пожара приводит к подавлению газофазного горения и к его полному гашению. При тушении пожара с помощью аэрозоля водного раствора $K_3[Fe(CN)_6]$ объемный расход такого пламегасителя в 30 раз меньше нормативного расхода чистой воды при тушении из брандспойта.

Одними из эффективных способов пожаротушения являются способы с применением жидкостных [3] ударных струй на основе воды. Вода как огнегасительное средство формируется в виде компактной, тонкораспыленной и мелкодисперсной струи. При подаче воды компактными струями горение вещества прекращается вследствие охлаждения или изоляции его, а также в результате ударной силы струй и сосредоточения больших масс воды на малой площади. Эффективность действия распыленной струи воды зависит от степени дисперсности, при этом интенсивность подачи ее не должна быть менее $I \approx 0,2 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}$. Установка для тушения и предотвращения распространения пожара состоит из лесохозяйственной машины, на которой установлен манипулятор на полноповоротной колонне [3]. На манипуляторе установлен распылитель огнетушащей жидкости, имеющий механический привод, обеспечивающий возможность поворота распылителя во взаимно перпендикулярных плоскостях. Распылитель огнетушащей жидкости представляет собой блок из соединенных между собой параллельных трубок, снабженных форсунками, расположенных в одной плоскости. Оператор машины дистанционно, используя манипулятор на полноповоротной колонне, подает распылитель в требуемую зону. Двигаясь параллельно относительно фронта лесного пожара, осуществляет его тушение либо создание огнезащитной полосы с помощью распылителя огнетушащей



жидкости с использованием механизма, например гидравлического, обеспечивающего поворот распылителя огнетушащей жидкости.

В настоящее время одними из перспективных направлений пожаротушения являются устройства и способы, в которых рассматриваются и разрабатываются возможности тушения пожаров взрывом [4, 5], используя взрывчатое вещество (ВВ). Данные способы имеют как достоинства, так и недостатки (в частности повышенные требования к технике безопасности при транспортировке и проведении пожаротушения). Сущность предлагаемых решений заключается в том, что по линии эквидистантной кривой фронта пожара располагают гибкий экран на расстоянии $30r_0 \leq l \leq 50r_0$, где r_0 — радиус заряда ВВ, который подвешивают в полого леса вдоль средней линии гибкого экрана, выполненного, например, из полимерной пленки, при этом энергия взрыва более эффективно фокусируется в горизонтальной плоскости, так как на фронт лесного пожара действует не только основная и отраженная от поверхности земли, но и отраженная от гибкого экрана ударная волна. При осуществлении взрыва ВВ подрываются газообразные горючие продукты разложения лесных горючих материалов в зоне перед экраном, приближенной к фронту пожара, срывается пламя, отрываются хвоя и тонкие веточки и создается заградительная полоса.

Применение ВВ требует соблюдения определенных условий при эксплуатации и повышенных требований техники безопасности. В этом случае применение электрического разряда, электрического взрыва, проводников для формирования ударного воздействия на объекты горения является перспективным и более предпочтительным направлением [6, 7].

Сущность электрического разряда заключается в создании импульса электрического поля высокого напряжения в межэлектродном пространстве, в результате чего возникает электрический пробой и в окружающем пространстве создается ударная волна. Для создания более надежной работы устройства межэлектродное пространство электрически закорачивается проводником, в частности металлической проволокой. При подаче высокого напряжения на электродную систему по металлическому проводнику протекает ток большой плотности, приводящий к высокоскоростному фазовому переходу металла, возникает собственно электрический взрыв проводника, формируется плазменное образование по продуктам взрыва и генерируется ударная волна.

Модель технического решения

Используемые энергетические установки разрядно-импульсных технологий для тушения пожаров и прокладки огнезаградительных полос, которые базируются на наземном транспорте, характе-

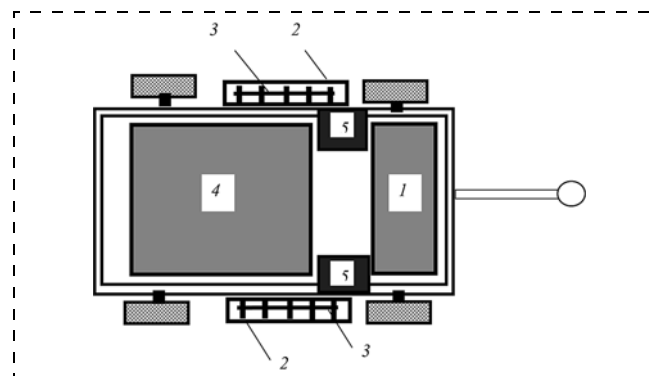


Рис. 1. Установка для тушения и предотвращения пожаров, расположенная на шасси рамного типа

ризуются высокой мобильностью и позволяют осуществлять быстрое и эффективное пожаротушение. На рис. 1 показана модель предлагаемого технического решения [8], представляющая собой установку для тушения и предотвращения пожаров. На прицепном шасси рамного типа установлены генератор импульсных токов конденсаторного типа 1, разрядные камеры 2, в полости которых установлены электродные системы с взрывающимися проводниками 3. Огнетушащая жидкость находится в емкости 4. Кроме того, имеются два блока подающих устройств 5. В качестве огнетушащей жидкости в данном случае предлагается использовать жидкости, содержащие антипирен в виде различных растворов солей [2], на основе фосфор-борсодержащих компонентов [9] и т. д.

Подающие устройства предназначены для автоматической подачи взрывающегося проводника, в частности проволоки, на электродную систему. Разрядные камеры установлены на боковых бортах шасси рамного типа и представляют собой толстостенные цилиндры со щелевидным продольным соплом, полость которых, как один из вариантов, (рис. 2) (смоделированный образец) выполнена с параболическим профилем. Наличие профиля внутренней поверхности камеры параболического вида обеспечивает, при условии расположения взрывающегося проводника в его фокусе, формирование плоского волнового фронта ударной волны, распространяющейся после отражения от стенки в сторону расположения щелевидного сопла.

Огнетушащая жидкость поступает в разрядные камеры, заполняя их до определенного уровня, ниже

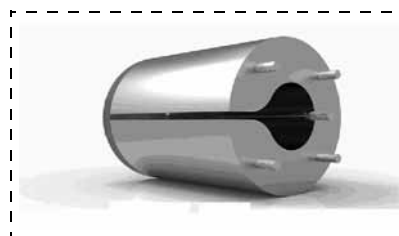


Рис. 2. Разрядная камера параболического профиля с щелевидным продольным соплом

продольного сопла, но выше расположения взрывающегося проводника. Посредством генератора импульсных токов вырабатывается высокое напряжение (для лабораторной модели $U = 2...10$ кВ), которое с использованием дистанционного устройства посредством коммутирующего разрядника игнитронного типа (ИРТ-6) подается на электродную систему.

При подаче высокого напряжения на проводник возникает импульс разрядного тока, достигающий $I_{\text{макс}} = 7,5$ кА, и происходит электрический взрыв, вследствие чего в разрядной камере возникает ударная волна, распространяющаяся через щелевидное продольное сопло в область очага возгорания. При этом огнетушащая жидкость под действием энергии взрыва превращается в мелкодисперсную аэрозоль, являющуюся составным компонентом аэрозольно-воздушной ударной волны, истекающей из щелевидного продольного сопла. Энергия и скорость распространения ударной волны, а также зона воздействия определяются физико-техническими параметрами энергетической установки и разрядной камеры.

При проведении пожаротушения в реальной ситуации (рис. 3) транспортное средство с прицепленным шасси рамного типа перемещается вдоль линии фронта пожара. В полости разрядной камеры 1 с огнетушащей жидкостью находится электродная система 2 и взрывающийся проводник 3. При подаче высокого напряжения от генератора импульсных токов (ГИТ) осуществляется электрический взрыв проводника и формируется расходящаяся ударная волна цилиндрической симметрии, которая создает аэрозольную огнетушащую смесь. Отражаясь от стенки разрядной камеры, аэрозольная ударная волна в пространстве разрядной камеры формирует область повышенного давления с большой плотностью энергии.

Аэрозольные потоки огнетушащей жидкости, выходящие из щелевидного продольного сопла разрядной камеры (показано стрелками), играющей роль массивного отражателя, обладают высокой энергией и скоростью. В окружающем пространстве формируется ударная волна направленного действия, которая сбивает пламя пожара, разрушает очаги пожара и отбрасывает горячие

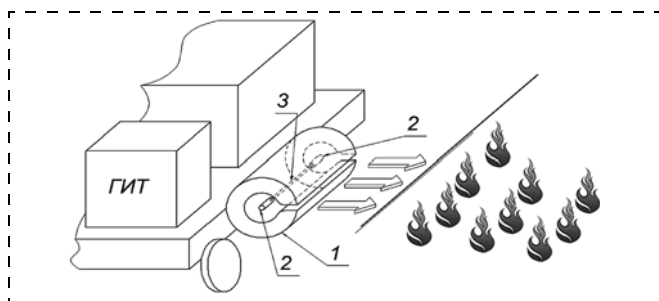


Рис. 3. Схема пожаротушения с использованием разрядно-импульсной технологии

материалы от кромки пожара. Кроме того, на горючих материалах образуется тонкая пленка огнетушащей жидкости, прекращающая доступ воздуха, понижающая температуру горючих материалов и приводящая к тушению пожара.

Экспериментальная установка и результаты исследований

Для проведения лабораторного эксперимента использовалась традиционная установка разрядно-импульсных технологий [10] с энергетическим накопителем конденсаторного типа — генератором импульсных токов. Генератор импульсных токов экспериментальной установки был набран из конденсаторов марки КБГ-П-2 кВ, емкостью $C = 10$ мкФ $\pm 10\%$ в количестве 32 шт., соединенных между собой параллельно. Общая электрическая емкость составляет $C = 320$ мкФ. При напряжении $U_0 = 2$ кВ максимальная запасенная энергия в накопителе составляет $W = 640$ кДж. Индуктивность L и активное сопротивление разрядного контура R определяли экспериментально и получили соответственно $L = 7,8$ мкГн, $R = 0,09$ Ом.

В процессе проведения эксперимента выбирался согласованный режим [11] электрического взрыва проводника (ЭВП) из металла (Cu), при котором запасенная энергия конденсаторного накопителя реализовывалась в первом полупериоде разряда, при этом разрядный ток имел так называемую "паузу тока". На рис. 4 представлена осциллограмма разрядного тока и напряжения при электрическом взрыве медного проводника. Данный режим электрического взрыва является наиболее эффективным в отношении генерации ударной волны с максимальной амплитудой давления ударной волны. Разрядная камера располагалась горизонтально, геометрические размеры взрываю-

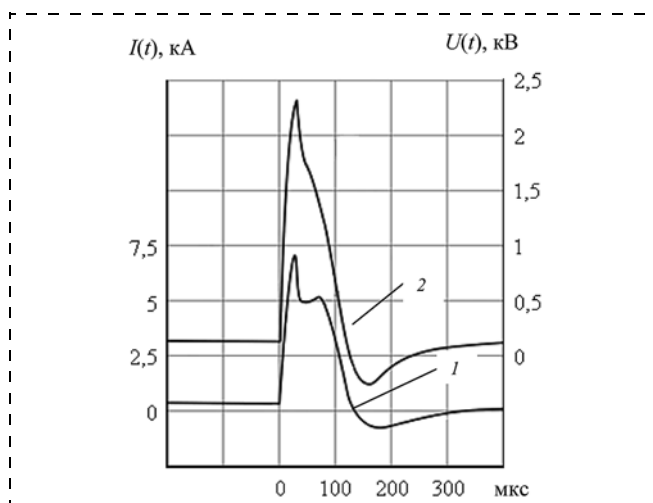


Рис. 4. Осциллограммы зависимости тока (1) и напряжения (2) от времени



шегося проводника: длина $l = 70$ мм, диаметр $d = 0,4$ мм.

Осуществляя электрический взрыв, генерируемая воздушная ударная волна (огнетушащая жидкость в данном эксперименте не использовалась) достаточно эффективно (до 85 % случаев) сбивала пламя горелки, находящейся на расстоянии $L \approx 600 \dots 800$ мм. Результат данного лабораторного эксперимента, моделирующий тушение пожара, можно рассматривать как принципиальную возможность применения разрядно-импульсной технологии для эффективного пожаротушения в реальной ситуации.

Таким образом, используя энергию электрического взрыва проводника, генерирующего ударную волну направленного действия за счет применения разрядных камер предлагаемой геометрии, достигается повышение эффективности пожаротушения, качества обработки объекта и эффективности действия огнетушащей жидкости.

Список литературы

1. **Савин М. В., Денисов А. А., Пеньков И. А.** Тушение твердых веществ (на примере лесоматериалов) с использованием робототехнических средств // Пожарная безопасность. — 2009. — № 2. — С. 65–68.
2. **Коробейничев О. П., Шмаков А. Г., Чернов А. А., Большова Т. А.** и др. Тушение пожаров с помощью аэрозольных растворов солей // Физика горения и взрыва. — 2010. — № 1. — Т. 46. — С. 20–25.

3. **Каблов В. Ф., Суркаев А. Л., Благинин С. И., Кабаков А. П.** Установка для тушения и предотвращения распространения пожара. Патент № 124161 РФ, МПК А62С3/02, 20.01.2013.
4. **Гришин А. М., Алексеев Н. А., Голованов А. Н.** Способ тушения лесных пожаров. А. с. СССР № 1644976, кл. А62С3/02, 1988.
5. **Стедьмахович С. В., Груманс В. М.** Способ предотвращения распространения лесного пожара. Патент № 2189263, МКИ А62С3/02 от 20.09.2002.
6. **Кривицкий Е. В.** Динамика электровзрыва в жидкости. — Киев: Наукова думка, 1986. — 205 с.
7. **Суркаев А. Л., Суркаев В. А.** Способ обработки материалов струей жидкости. Патент № 2355497, МПК В21D26/10, В2D39/04, 20.05.2009.
8. **Суркаев А. Л., Каблов В. Ф., Благинин С. И.** Способ предотвращения распространения лесного пожара. Патент № 2508141, МПК А62 С3/02, 27.02.2014.
9. **Гоншилов Д. Г., Каблов В. Ф., Кейбал Н. А., Бондаренко С. Н.** Новые пропиточные огнезащитные составы на основе фосфорборсодержащего олигомера и полиакриламида // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 8—3. — С. 627–630.
10. **Суркаев А. Л., Кумыш М. М., Усачев В. И.** Методика исследования электрического взрыва цилиндрического проводника и кольцевой фольги // Известия ВолгГТУ. Серия "Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь". 2012. Вып. 6: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград. — 2012. — № 6. — С. 74–78.
11. **Суркаев А. Л., Кумыш М. М., Усачев В. И.** Исследование миллисекундного электрического взрыва металлических проводников // Письма в журнал технической физики. — 2011. — Т. 36. — Вып. 23. — С. 97–104.

A. L. Surkaev, Associate Professor, Head of the Chair, **V. F. Kablov**, Professor, Director, **S. I. Blagin**, Head of Department, e-mail: blagin@volpi.ru, Volgograd State Technical University Volzhsky Polytechnic Institute (branch)

Suppression of Fires with Use of Shock Influence

Presented technical solution allows mobile and effectively extinguish the grassroots forest and steppe fires create barrier strip by direct effect on the edge of the fire extinguishing liquid with the impact of the electric explosion of wire. The fire fighting liquid under the action of the explosion energy is converted in finely divided spray, is an integral component of the aerosol-air extinguishing shock wave. Reflected from the wall of the discharge chamber, aerosol shock wave in the space of the discharge chamber forms an area with a high energy density. The aerosol fire-extinguishing liquid streams emerging from the nozzle slotted discharge chamber have high energy and speed. The directional shock wave knocks down flame fire destroys pockets of fire and discards flammable materials from the edge of the fire. Thin film of extinguishing liquid formed on combustible materials, terminate the access of air, lowering the temperature of combustible materials and leading to extinguish the fire. As a fire-extinguishing liquid used by phosphorus boron containing flame retardant.

Keywords: the fire fighting, phosphorus boron containing fire fighting liquid, electrical explosion of conductor, discharge-impulse technology

References

1. **Savin M. V., Denisov A. A., Pen'kov I. A.** Tushenie tverdyh veshchestv (na primere lesomaterialov) s ispol'zovaniem robototekhnicheskikh sredstv. *Pozharnaja bezopasnost'*. 2009. N. 2. P. 65–68.

2. **Korobejnichev O. P., Shmakov A. G., Chernov A. A., Bol'shova T. A.** i dr. Tushenie pozharov s pomosh'hju ajerozolej rastvorov solej. *Fizika goreniya i vzryva*. 2010. N. 1. V. 46. P. 20–25.
3. **Kablov V. F., Surkaev A. L., Blagin S. I., Kabakov A. P.** Ustanovka dlja tushenija i predotvrashhenija raspros-

- траненія пожара. Пат. N. 124161 RF, МРКА62С3/02, 20.01.2013.
4. **Grishin A. M., Alekseev N. A., Golovanov A. N.** Sposob tusheniya lesnyh pozharov. A. s. SSSR № 1644976, kl. A62S 3/02, 1988.
 5. **Stel'mahovich S. V., Grumans V. M.** Sposob predotvrashheniya rasprostraneniya lesnogo pozhara. Patent N. 2189263, MKI A62S3/02, ot 20.09.2002.
 6. **Krivickij E. V.** Dinamika jelektrovzryva v zhidkosti. Kiev: Naukova dumka, 1986. 205 p.
 7. **Surkaev A. L., Surkaev V. A.** Sposob obrabotki materialov struej zhidkosti. Patent N. 2355497, МРК V21D26/10, B2D39/04, 20.05.2009.
 8. **Surkaev A. L., Kablov V. F., Blagin S. I.** Sposob predotvrashheniya rasprostraneniya lesnogo pozhara. Patent № 2508141, МРК А62 С3/02, 27.02.2014.

9. **Gonoshilov D. G., Kablov V. F., Kejbal N. A., Bondarenko S. N.** Novye propitochnye ognезashhitnye sostavy na osnove fosforborsoder-zhashhego oligomera i poliakrilamida. *Fundamental'nye issledovanija*. 2011. N. 8—3. P. 627—630.
10. **Surkaev A. L., Kumysh M. M., Usachev V. I.** Metodika issledovanija jelektricheskogo vzryva cilindricheskogo provodnika i kol'cevoj fol'gi. *Izvestija VolgGTU. Serija "Jelektronika, izmeritel'naja tehnik, radiotehnika i svjaz"*. 2012. Vyp. 6: mezhvuz. sb. nauch. st. / VolgGTU. Volgograd. 2012. N. 6. P. 74—78.
11. **Surkaev A. L., Kumysh M. M., Usachev V. I.** Issledovanie millisekundnogo jelektricheskogo vzryva metallicheskikh provodnikov. *Pis'ma v zhurnal tehnicheckoj fiziki*. 2011. V. 36. Vyp. 23. P. 97—104.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ USE AND RECYCLING OF WASTE

УДК 581.522.5

В. Н. Бутырин, доц. кафедры, e-mail: butirin.vladimir@rambler.ru,
Политехнический институт Северо-Восточного государственного университета,
Магадан

Проблемы утилизации твердых бытовых отходов

В статье рассмотрено влияние человека на окружающую среду в процессе своей жизнедеятельности в условиях антропоцентризма, приведшее к глобальным экологическим проблемам. Предложен один из путей решения проблем утилизации продуктов жизнедеятельности человека, в частности, метод утилизации твердых бытовых отходов.

Ключевые слова: историческое развитие, окружающая среда, техническое влияние, экологические проблемы, кризис индустриальной цивилизации, отходы жизнедеятельности, утилизация отходов, твердые бытовые отходы, обогатительные фабрики, конечные продукты обогатительной фабрики, повторное и не-однократное использование

Человек в процессе своего исторического развития, осваивая окружающий мир, постепенно входил в противоречие с ним. И с середины XX века это противоречие не только стало очевидным, но и угрожающим самому человеку.

За последнее время неизмеримо возросли знания человека об окружающем мире и основанные на них технические средства воздействия на природу и самого человека. Влияние человеческой цивилизации на окружающую среду в условиях антропоцентризма стало сопоставимо с геологическими процессами. Никогда в прошлом судьба человеческой цивилизации и состояние окружающей среды не зависели в такой мере от деятельности самого человека.

На рис. 1 показана современная деятельность человека в условиях антропоцентризма как система отношений человека с окружающей средой. В ре-

зультате потребительского отношения человека к природе, когда, используя абсолютно чистые ее ресурсы, человек позволяет себе отдавать природе загрязненные токсическими веществами исполь-

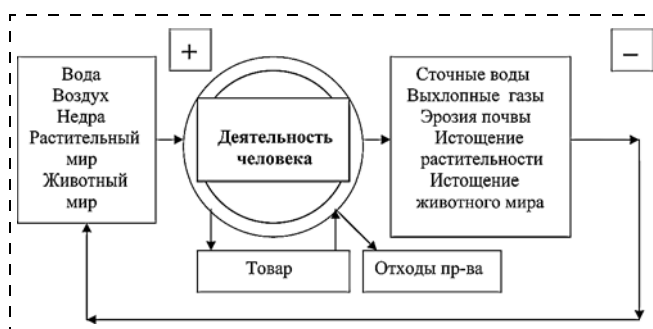


Рис. 1. Фактическое влияние человека на окружающий мир



зованные воду и воздух, оставлять не восстановленными после окончания использования отчужденные территории и ландшафты, а также в результате варварского отношения к биоресурсам генерируется отрицательная обратная связь в системе отношений природа—человек.

Следствием таких взаимоотношений является постепенно принимающая глобальный характер экологическая проблема, угрожающая существованию самого человека.

Осудив и осознав эту проблему только лишь в последнее время в условиях кризиса индустриальной цивилизации, человек начал предпринимать робкие шаги по ее решению в виде международных соглашений и договоренностей, которые в основном имеют декларативный, рекомендательный характер. В настоящее время эти меры недостаточны. Необходима международная координация радикальных, отраслевых мер по охране окружающей среды.

Идеальное состояние во взаимоотношениях человека с природой, показанное на рис. 2, является одним из асимптотических состояний, к которому должен стремиться человек в своей ежедневной деятельности. Таким образом человек обеспечит себе дальнейшее комфортное существование в окружающем мире.

Одной из основных проблем в современном мире является **утилизация отходов жизнедеятельности человека**. Эти отходы подразделяются на производственные и бытовые. Утилизация производственных отходов является составной частью технологических процессов современных производств. Более того, проблема утилизации таких отходов регулируется как на региональных и отраслевых уровнях, так и на международном уровне.

Бытовые отходы могут находиться в жидком и твердом агрегатных состояниях. Утилизация жидких бытовых отходов успешно решается строительством очистных сооружений по сбору и очистке всевозможных сточных вод в различных населенных пунктах. Возможно использовать шламовые фракции очистных сооружений после биологической обработки специальными бактериями как удобрения для сельхозпроизводств,

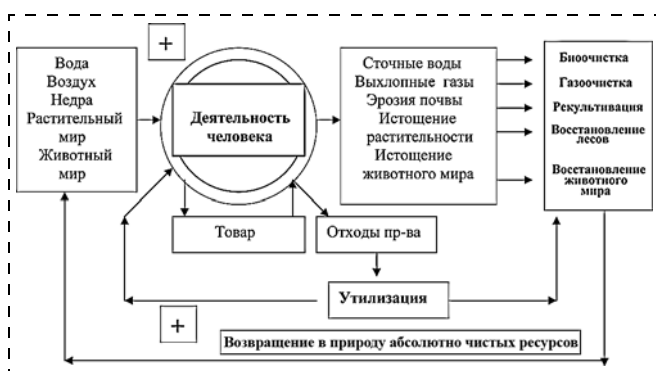


Рис. 2. Гармоническое состояние в системе человек—природа

а слив после специальной обработки возвращать в природную среду.

Проблема размещения твердых бытовых отходов (ТБО) становится все более актуальной. Это обусловлено как возрастающим количеством ТБО и площадей [2], занимаемых для их складирования, так и динамикой состава ТБО [2], в котором все больше места занимает различная современная упаковка товарной продукции. Состав ТБО все больше зависит от рода деятельности местного населения.

При складировании отходов происходит их разложение с выделением токсических веществ в окружающую среду. Выделение токсических веществ происходит не только в процессе разложения ТБО, но и вследствие их самовозгорания либо загорания при помощи человека.

При современных методах переработки отходов (предварительная сортировка, выщелачивание, сжигание, биотермическое компостирование, низкотемпературный пиролиз, высокотемпературный пиролиз и т. д.) формируются более токсичные отходы, для размещения которых требуются специально обустроенные полигоны. Количество отходов при этом уменьшается, а степень их воздействия на окружающую среду увеличивается.

Среднестатистический разрез [3] состава твердых бытовых отходов различных населенных пунктов показал их содержание. ТБО состоит из **целлюлозы** — бумаги, древесины, картона; **полимерных материалов** — полиэтилена, различных видов пластических масс, пластиковой упаковки и баллонов, текстиля, кожи, резины; **черных и цветных металлов, стекла и строительного мусора, пищевых отходов**, которые должны собираться и собираться одельно. Это те составляющие ТБО, которые должны попадать во вторичную переработку и использоваться неоднократно в жизнедеятельности человека. С этой точки зрения ТБО должны рассматриваться как смесь в различных пропорциях твердых компонентов с различными физическими свойствами.

Прежде всего необходимо разработать на базе действующего централизованного сбора ТБО сеть мусороперерабатывающих пунктов, фабрик, комбинатов (вместо ныне существующих полигонов твердых бытовых отходов, так называемых санкционированных и несанкционированных мусорных свалок возле каждого населенного пункта) с целью разделения многокомпонентной смеси на отдельные продукты, ее составляющие.

По мнению автора, одной из оптимальных сетей сбора и переработки ТБО может быть сеть, в которой первичное предприятие по комплексной переработке бытовых отходов, по сути — обогатительная фабрика по разделению твердых бытовых отходов (ОФРТБО), должна находиться в каждом ближайшем районном центре или городе областного (краевого) подчинения и являться одним из

его экологически чистых градообразующих предприятий.

Расстояние от самого отдаленного населенного пункта до ОФРТБО должно быть оптимальным, обеспечивающим разгрузку ТБО на приемную площадку ОФРТБО со всех населенных пунктов данного района по схеме: мусорный контейнер → → мусоросборочная машина → приемный двор ОФРТБО. При этом свалку ТБО в каком бы то ни было другом месте (санкционированном и несанкционированном) необходимо запретить и установить за это нарушение значительные штрафы. Производительность ОФРТБО должна обеспечить как переработку текущих ТБО так и переработку ТБО существующих полигонов, площади которых постепенно должны высвобождаться для дальнейшего использования.

Конечную продукцию ОФРТБО составят отдельные компоненты ТБО, которые подлежат вторичной переработке либо на месте (целлюлоза, строительные отходы), либо централизованно через действующие пункты приема, и транспортировке в регионы, традиционно занимающиеся данным видом деятельности. Черные и цветные металлы — в регионы с развитой металлургической промышленностью; битое стекло с требуемыми технологическими параметрами — на стекольные предприятия и т. д.

Вторичная переработка твердых компонентов на месте может производиться на участках (в отделениях, цехах), встроенных в ОФРТБО. Вид и номенклатура конечных продуктов этих участков должна зависеть прежде всего от рода деятельности населения данного района или региона в целом.

Подготовленная **целлюлозная масса** (макулатура, древесные отходы, натуральный текстиль) может быть использована на месте в зависимости от рода деятельности местных предприятий для производства: упаковочного картона для продукции местных предприятий; упаковочных ячеек для местных птицефабрик; листов ДВП (простых и ламинированных) для своего региона; и (почти беззатратно) горючих прессованных брикетов для местных котельных и населения.

Строительный мусор может использоваться в качестве сырья для производства материала для отсыпки при строительстве и ремонте местных дорог; тротуарной плитки; строительных кирпичей и блоков; цемента и т. д.

Пластмасса, полиэтилен и пластиковая упаковка, в свою очередь, могут быть разделены по физическим свойствам на компоненты, измельчены или гранулированы и либо упакованы как конечные продукты, либо использованы как сырье для местного производства изделий из пластмасс.

То же самое следует сказать и о **битом стекле**. В цехах ОФРТБО можно организовать производство стеклотары для местных перерабатывающих



Рис. 3. Технологическая схема обогатительной фабрики по разделению ТБО

предприятий либо утеплителя в виде стекловаты для подготовки к зиме местных теплотрасс и других трубопроводов.

Примерная технологическая схема обогатительной фабрики по разделению твердых бытовых отходов приведена на рис. 3.

Поступающие на приемный двор ОФРТБО твердые бытовые отходы должны подвергаться ручной подготовке перед процессом конвейерной транспортировки их в основной цех на сепарацию в водной среде. Ручная подготовка должна заключаться в отборке и разборе негабаритных отходов (фрагментов корпусной и мягкой мебели, бытовой техники и др.).

Все бытовые отходы должны приниматься в приемный бункер, откуда пластинчатым питателем должны подаваться в роторную молотковую дробилку для подготовки массы к дальнейшей обработке. Кондиционная масса из дробилки должна транспортироваться ленточным конвейером на сепаратор для разделения отходов в водной среде на легкую фракцию продуктов (плотность среды $\delta < 1 \text{ г/см}^3$) и тяжелую фракцию ($\delta > 1 \text{ г/см}^3$). На ленточном конвейере должна быть установлена магнитная шайба для постоянного отбора из транспортируемой массы



магнитных материалов как конечного продукта переработки ТБО — фрагментов из **черных металлов**. В качестве сепаратора для разделения отходов в водной среде можно применить колесный тяжелосредный сепаратор типа СКВ [1] без вспомогательного оборудования для регенерации среды разделения.

Легкая фракция гребковым механизмом сепаратора СКВ должна поступать через сушильную камеру для разделения в воздушном потоке на **целлюлозу и пластмассу**.

Тяжелая фракция элеваторным колесом СКВ должна разгружаться в приемное отверстие специальной дробилки. Глубина дробления должна определяться технологией дальнейшей переработки тяжелой фракции отходов.

Перед дроблением тяжелая фракция должна подвергнуться электростатической сепарации для удаления из нее фрагментов из цветных металлов как одного из конечных продуктов переработки ТБО.

После дробления тяжелую дробленую массу можно направить на один из видов обработки с выделением дробленой **стеклянной массы**, например: на флотацию стекла, либо иную, подходящую по технологическим параметрам, сепарацию.

Так как в технологическом процессе разделения ТБО предусматриваются мокрые методы, то на ОФРТБО должен быть замкнутый цикл технического водоснабжения с оборотным водоснабжением технологического процесса и закладкой шламов в так называемые компостные бассейны. По-

сле биологической обработки шламов в бассейнах (грунтовыми бактериями и дождевыми червями) их необходимо использовать как гумус для поддержания плодородной почвы в местных хозяйствах. Объем и количество бассейнов должны обеспечить закладку шламов, процесс их компостирования и выемку готового гумуса.

Таким образом, образовавшиеся в результате жизнедеятельности человека твердые бытовые отходы можно не складировать, не накапливать, а переработав предложенным способом использовать неоднократно. Необходима только воля местных властей к организации работы мелких и средних предпринимателей, которые на конкурсной основе займутся такой переработкой. Очевидно, что переработка ТБО может быть обоюдовыгодна из-за дешевизны сырья. Рекомендуется изучить способы утилизации ТБО за рубежом, обобщить их опыт и на его основе разработать и внедрить схемы переработки местных ТБО.

Список литературы

1. **Авдохин В. М.** Основы обогащения полезных ископаемых, том I. — М.: МГУ, 2006. — 417 с.
2. **Грязнов О. Н., Гуман О. М., Долина И. А.** Управление процессом захоронения твердых бытовых и промышленных отходов в геологических структурах среднего Урала // Геоэкология. — 2006. — № 5. — С. 56—67.
3. **Ширшов Б. П.** Переработка и складирование твердых и жидких бытовых отходов в Свердловской области // Тез. науч.-техн. конф. "Экологические проблемы промышленных регионов". — Екатеринбург: Урал-Принт, 2000. — С. 223—224.

V. N. Butirin, Associate Professor, e-mail: butirin.vladimir@rambler.ru, Polytechnic Institute of Northeastern State University, Magadan

Problems of Solid Domestic Waste Utilization

Human influence on the environment in the process of his vital activity in conditions of anthropocentrism which has led to global ecological problems is viewed in the article. One of the solutions of the arisen problems is offered. It is utilization of human vital activity products, namely solid domestic waste utilization.

The problem of solid domestic waste utilization is not new. All countries are doing it (storing, combustion, leaching, pyrolysis etc.) but the effectiveness of these methods is poor. Total amount of solid domestic waste is growing every year and this negatively influences the environment. The problem of this waste utilization in present conditions (in conditions of industrial civilization crisis) is getting more and more actual. One of the methods of solid domestic waste recycling is offered in the article.

Keywords: *historical development, environment, technical influence, ecological problems, crisis of industrial civilization, life activity waste, waste utilization, solid domestic waste, dressing works, termination product of dressing works, recycling and reiterated usage*

References

1. **Avdohin V. M.** Osnovi obogathenija poleznih iskopaemih. V. I. M.: MGU, 2006. 417 s.
2. **Griaznov O. N., Guman O. M., Dolina I. A.** Upravlenie protsesom zahoroneniya tveordih bitovih i promishlenih

othodov v geologiteskih strukturah srednego Urala. *Geoekologiya*. 2006. N. 5. P. 56—67.

3. **Shirshov B. P.** Pererabotka i skladirovanie tveordih i jidkih bitovih othodov v Sverdlovskoy oblasti. Tezisi nauthno-tehnicheskoy konpherentsii "Ekologiteskie problemi promishlenih regionov". Ekaterinburg: Ural-Print, 2000. P. 223—224.

УДК 627.522

В. А. Наумов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **Н. Р. Ахмедова**, канд. биол. наук, заместитель декана по научной работе, e-mail: isfendi@mail.ru, **Л. А. Белова**, асп., Калининградский государственный технический университет

Метод расчета усилий волнового давления в креплениях берегозащитного устройства

Штормовая активность на морском побережье Калининградской области приводит к значительной потере пляжной полосы, что негативно сказывается на туристическом и рекреационном потенциале региона. Существующие гидротехнические сооружения не справляются в полной мере со своей основной задачей — защитой пляжа от воздействия волн, поэтому поиск эффективных путей решения данной проблемы продолжается до сих пор. В данной статье рассматривается метод расчета усилий волнового давления в креплениях устройства, предназначенного для защиты морского пляжа от разрушения прибойными волнами.

Ключевые слова: волновое воздействие, берегозащитное сооружение, песчаный пляж, цилиндрическая оболочка, опорные блоки, линия уреза, обрушение волны, уклон дна, критическая волна, волновая нагрузка

В последние годы на морском побережье Калининградской области наблюдается ежегодное сокращение пляжной полосы из-за участившихся сильных штормов и хозяйственной деятельности человека. Частые последствия шторма — поваленные деревья, повреждения электрических кабелей, смыв берегозащитных конструкций и авантюн, пляжей (рис. 1).

Еще со времен Восточной Пруссии вопросу защиты морского берега уделялась достаточно много внимания: возводили берегозащитные сооружения, восстанавливали и наращивали авантюны на



Рис. 1. Берегозащитные сооружения на морском побережье после шторма (г. Зеленоградск, Калининградская область)

Вислинской и Куршской косах. В послевоенное время эти работы продолжались, и до сих пор проводится разработка конструкций берегозащитных сооружений, оценка их эффективности [1].

В данной работе рассмотрена методика расчета усилия в креплениях устройства для защиты песчаных пляжей от размыва волнами, которое состоит из оболочки, выполненной из тканевых материалов в форме цилиндра и наполненной жидкостью и воздухом. Опорами для оболочки служат элементы, выполненные в виде отдельных пустотелых блоков, конструктивно соединяемых между собой по длине оболочки. После установки блоков их заполняют водой, затем водой и воздухом заполняют и цилиндрическую оболочку (рис. 2) [2].

Данное устройство является мобильным и будет устанавливаться перед штормовой активностью на

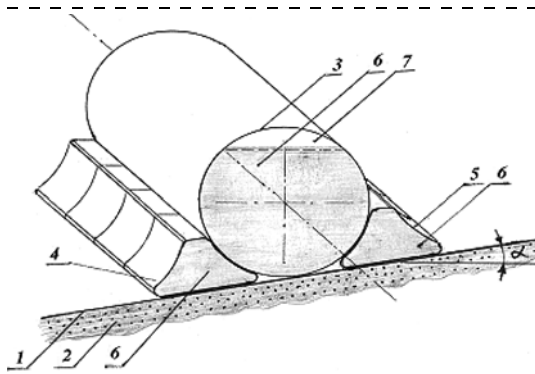


Рис. 2. Оболочка с жесткими пустотелыми заполняемыми водой опорными блоками [2]:

1 — напорный откос; 2 — песчаный пляж; 3 — оболочка; 4, 5 — опорные блоки; 6 — вода; 7 — воздух

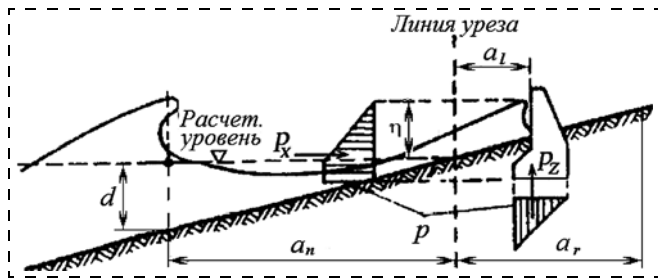


Рис. 3. Эпюры волнового давления на вертикальную волнозащитную стену при расположении сооружения за линией уреза [3]

размываемых участках пляжа как дополнительное к основным гидротехническим сооружениям.

Максимальные значения горизонтальной P_x (кН/м) и вертикальной P_z (кН/м) проекций равнодействующей нагрузки от разбивающихся волн на вертикальную волнозащитную стену принимают по эпюрам бокового и взвешивающего волнового давлений. При этом значения давления p (кПа) и превышение гребня волны η (м) определяются в зависимости от места расположения сооружения согласно СП 38.13330.2012 [3].

При расположении сооружения на берегу за линией уреза в пределах наката волн значения p и η (рис. 3) находят по формулам [3]:

$$p = 0,7 \left(1 - \frac{a_l}{a_r} \right) p_n, p_n = \rho g h \left(0,033 \frac{\lambda}{d} + 0,75 \right), \eta = \frac{p}{\rho g}, \quad (1)$$

где a_l — расстояние от линии уреза воды до сооружения, м; a_r — расстояние от линии уреза воды до условной границы наката на берег разбивающихся волн (при отсутствии сооружения), м; p_n — наибольшее давление волн в створе последнего обрушения прибойных волн, кПа; ρ — плотность воды, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; h — высота разбивающихся волн, м; λ — средняя длина волн, м; d — глубина воды в створе последнего обрушения прибойных волн, м; η — превышение гребня волны над расчетным уровнем в створе волнозащитной стены, м.

В случае, когда защитное сооружение установлено на линии уреза $a_l = 0$ и формула (1) упрощается.

Критическая глубина, при которой происходит обрушение волн d_c (м) при первом обрушении волн определяется для заданных уклонов дна i по графикам на рис. А.5 Приложения А СП 38.13330.2012 [3]. Ав-

торами статьи были получены формулы, аппроксимирующие графики. Для $i \leq 0,05$ погрешность аппроксимации не превышает 5%; отношение критической глубины (первого обрушения волн) к длине волны:

$$d_b = 0,0106 - 0,1452\delta + 1,6403 \cdot 10^{32}\delta^2 - 1,1442 \cdot 10^5\delta^3 + 2,7099 \cdot 10^6\delta^4, \quad (2)$$

$$d_b = d_c/\lambda, \delta = h_{1\%}/gT^2,$$

где $h_{1\%}$ — высота волны при 1 %-ной обеспеченности.

Средняя длина волны λ (м) и период волн T (с) связаны формулой $\lambda = gT^2/(2\pi)$ [3].

Критическая глубина, соответствующая последнему обрушению волн d (м), при заданном уклоне дна i определяется по формуле [3]

$$d = k^{n-1}d_c, \quad (3)$$

где k — коэффициент, принимаемый по табл. А.3 Приложения А СП 38.13330.2012 [3]; n — число обрушений волн. Значение n принимается из ряда $n = 2, 3$ и 4 при выполнении двух неравенств

$$k^{n-2} \geq 0,43 \text{ и } k^{n-1} < 0,43. \quad (4)$$

В таблице приведены данные для расчета числа обрушений волн n при различных значениях i .

Сравнение коэффициентов k^2 и k^3 в таблице с 0,43 позволило определить количество обрушений волны при заданном уклоне дна. Необходимо учитывать, что при уклонах дна более 0,05 принимают $d = d_c$ [3].

Рассмотрим случай, когда защитное сооружение установлено на линии уреза. На рис. 4–5 представлены результаты расчета величин d и d_c при $i = 0,03$.

При построении сил, действующих на защитное сооружение (рис. 6), можно пренебречь их отклонением от вертикали и горизонтали, так как косинусы углов наклонной плоскости $\cos\varphi$ близки к единице (см. таблицу).

Система уравнений равновесия при недеформированном объекте выглядит следующим образом:

$$aN_1 + 0,5aG - 0,667aP_z - z_pP_x = 0, \quad (5)$$

$$-aN_2 - 0,5aG + 0,333aP_z - z_pP_x = 0, \quad (6)$$

$$F_1 + F_2 + P_x = 0, \quad (7)$$

где F_1, F_2 — горизонтальные составляющие сил реакции переднего и заднего крепления (на погонный

Число обрушений волн n

Показатель	Уклон дна i								
	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
k	0,75	0,63	0,56	0,5	0,45	0,42	0,4	0,37	0,35
k^2	0,563	0,397	0,314	0,25	0,202	0,176	0,16	0,137	0,122
k^3	0,423	0,250	0,176	0,125	0,091	0,074	0,064	0,051	0,043
n	4	3	3	3	3	2	2	2	2
$\cos\varphi$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,999	0,999	0,999	0,999

метр защитного сооружения), соответственно, Н/м; N_1, N_2 — вертикальные составляющие сил реакции переднего и заднего крепления (на погонный метр), соответственно, Н/м; G — сила тяжести защитного сооружения (на погонный метр), Н/м, приложенная в центре тяжести (на оси симметрии); P_x — горизонтальная составляющая силы давления воды (на погонный метр), Н/м, приложенная в центре тяжести трапеции давления на расстоянии z_p от основания защитного сооружения; P_z — вертикальная составляющая силы давления

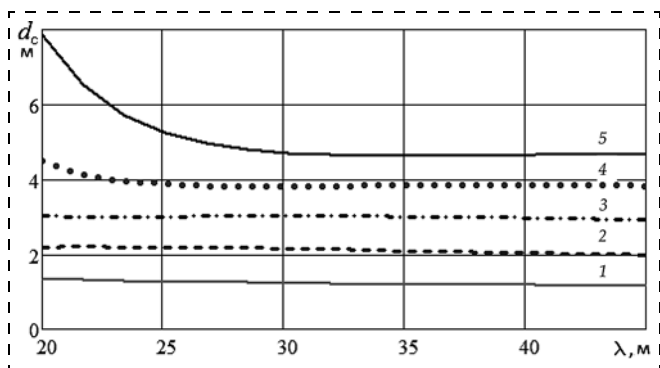


Рис. 4. Зависимость глубины в створе первого обрушения волны от ее длины при различных значениях высоты волн h :
1 — 1 м; 2 — 1,6 м; 3 — 2,2 м; 4 — 2,8 м; 5 — 3,4 м

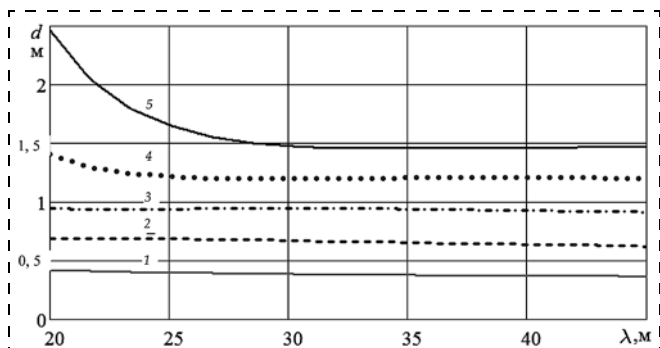


Рис. 5. Зависимость глубины в створе последнего обрушения волны от ее длины при различных значениях высоты волн h :
1 — 1 м; 2 — 1,6 м; 3 — 2,2 м; 4 — 2,8 м; 5 — 3,4 м

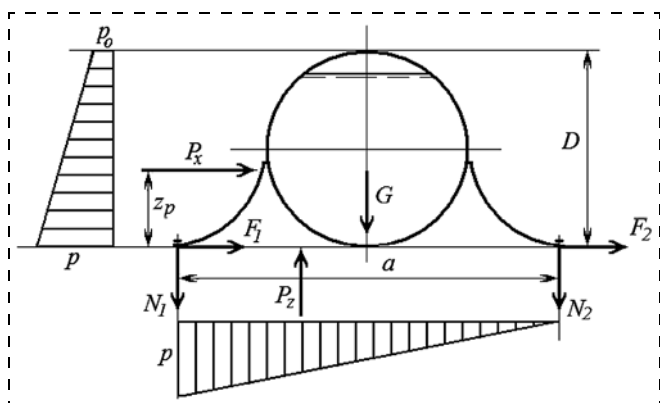


Рис. 6. Схема сил, действующих на защитное сооружение

воды (на погонный метр), Н/м, приложенная на расстоянии $a/3$ от левого крепления.

Из уравнения (7) суммарная горизонтальная составляющая сила реакции $F = -(F_1 + F_2) = P_x$. Из уравнений (5), (6) вертикальные составляющие сил реакции:

$$N_1 = (-0,5G + 0,667P_z + z_p P_x)/a, \quad (8)$$

$$N_2 = (-0,5G + 0,333P_z - z_p P_x)/a. \quad (9)$$

Значение расстояния z_p определяется по формуле центра тяжести трапеции:

$$z_p = \frac{D}{3} \frac{2p_0 + p}{p_0 + p}, \quad (10)$$

где D — диаметр оболочки, м.

Пусть $\eta \geq D$, тогда избыточное давление в верхней точке вычисляется по формуле $p_0 = p(1 - D/\eta)$.

Результаты расчета наибольшего давления, превышения гребня волны и составляющих сил реакции в креплениях при $h = 2,5$ м при значениях уклона дна i : 1 — 0,01; 2 — 0,015; 3 — 0,02; 4 — 0,025; 5 — 0,03 представлены на рис. 7–11. Составляющие сил реакции N_1, N_2, F (кН/м) были рассчитаны при следующих параметрах: $D = 1,5$ мм; $a = 1,7D$.

Данные расчеты позволяют подобрать размеры и количество креплений, препятствующих отрыву рассматриваемого берегозащитного сооружения в зависимости от уклона дна и нагрузок во время

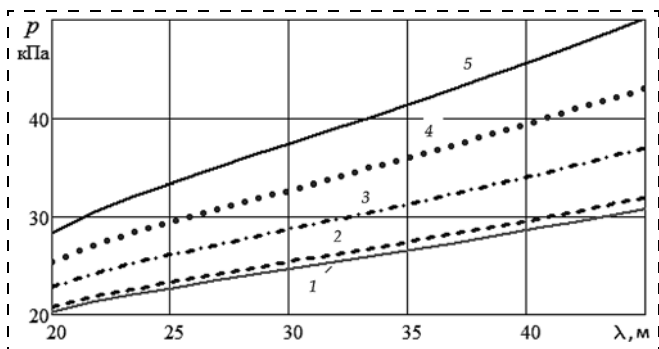


Рис. 7. Зависимость наибольшего давления волн на линии уреза от длины волны

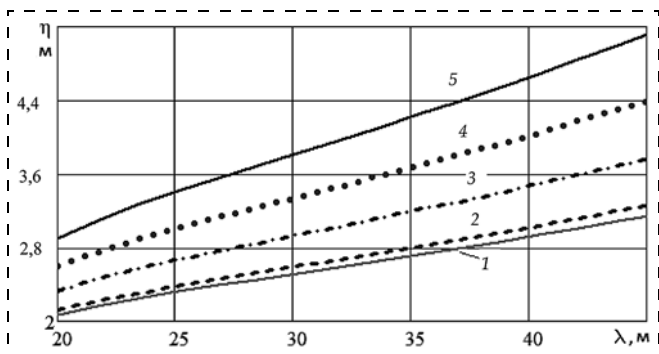


Рис. 8. Зависимость превышения гребня волны над расчетным уровнем на линии уреза от длины волны

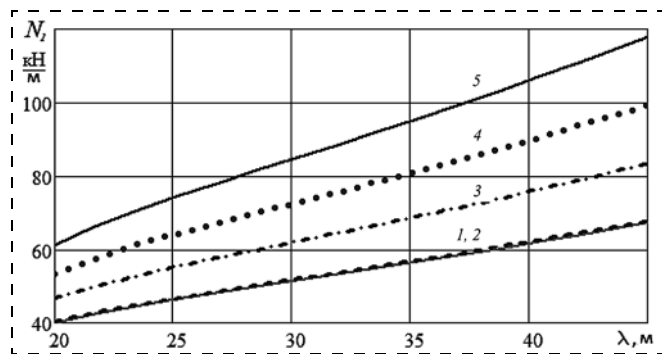


Рис. 9. Зависимость вертикальной составляющей сил реакции в передних креплениях (на погонный метр) от длины волны

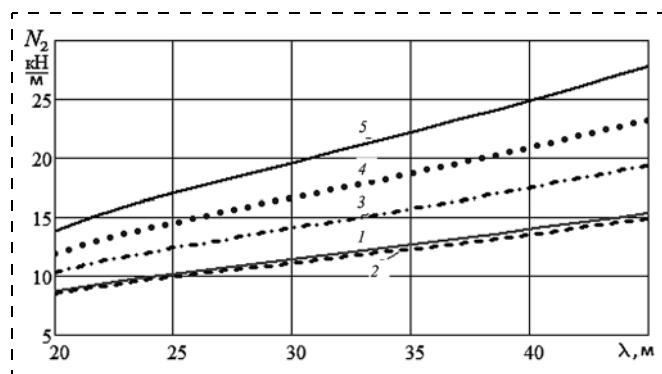


Рис. 10. Зависимость вертикальной составляющей сил реакции в задних креплениях (на погонный метр) от длины волны

шторма. Например, для $D = 1,5$ м; $a = 2,55$ м; $i = 0,03$; $\lambda = 30$ м; $h = 2,2$ м в результате расчета получим значения составляющих сил реакции: $F = 42,83$ кН/м; $N_1 = 33,39$ кН/м; $N_2 = -4,93$ кН/м.

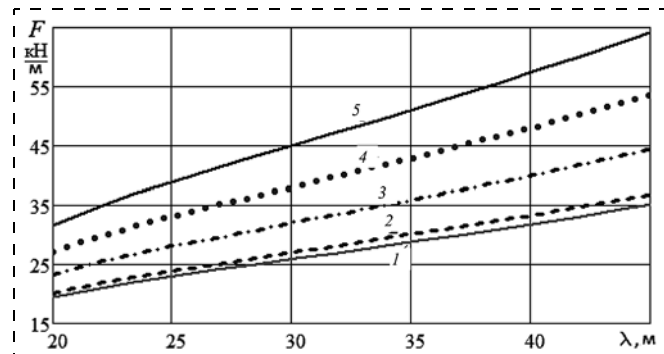


Рис. 11. Зависимость горизонтальной составляющей сил реакции в креплениях (на погонный метр) от длины волны

По знаку N_2 видно, что задние крепления могут быть не рассчитаны на большие усилия (защитное устройство в задней точке прижато к поверхности). Передние крепления должны выдерживать большие усилия; их расчет и подбор — это отдельный вопрос, на основании решения которого патент на защитное устройство [2] может быть усовершенствован.

Список литературы

1. Ахмедова Н. Р., Терешенко Л. А. Устройство для защиты песчаных пляжей от размыва прибойными волнами // Комплексное использование водных объектов Калининградской области: сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО "КГТУ". — Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2013. — С. 5—9.
2. Патент России № 2458202. Ведяшкин А. С., Терешенко Л. А. Устройство для защиты песчаных пляжей от размыва прибойными волнами. Бюл. № 22, 2012.
3. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/12 и введен в действие с 01 января 2013 г. — М., 2012. — 116 с.

V. A. Naumov, Head of Chair, N. R. Akhmedova, Deputy Dean, e-mail: isfendi@mail.ru, L. A. Belova, Postgraduate Student, Kaliningrad State Technical University

Method of Calculation of the Efforts of Wave Pressure on Mounts of the Coast Protection Device

Storm activity on the coast of the Kaliningrad region leads to considerable loss of the beach, which is causing negative effects on the tourist and recreational potential of the region. The existing hydrotechnical constructions not cope fully with its main task — the protection of the beach from the impact of the waves, so the search of effective ways of solving this problem is still ongoing. In this article there is a method of calculation of the efforts of wave pressure mounts device designed to protect the beach from destruction tidal waves.

Keywords: wave influence, hydropower construction, sandy beach, cylindrical shell, support units, the edge line, wave collapse, the slope of the bottom, the critical wave, wave loading

References

1. Akhmedova N. R., Tereshhenko L. A. Устройство для защиты песчаных пляжей от размыва прибойными волнами. Комплексное использование водных объектов Калининградской области: сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО "КГТУ". — Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2013. P. 5—9.
2. Патент России № 2458202 Vedjashkin A. S., Tereshhenko L. A. Устройство для защиты песчаных пляжей от размыва прибойными волнами. Бюл. 2012. N. 22.
3. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/12 и введен в действие с 01 января 2013 г. М., 2012. 116 п.

УДК 378

Л. И. Сыромятникова, канд. пед. наук., доц. кафедры, e-mail: liliadok@yandex.ru,
М. С. Матусевич, канд. пед. наук., доц. кафедры, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

Учебно-методическое сопровождение магистерской программы "Здоровьеформирующие технологии" для будущих педагогов

Показано, что образование может выполнять функцию укрепления здоровья в том случае, если здоровью будут не только учить, но сумеют сделать его основной потребностью и образом жизни всех участников образовательного процесса. Дано определение здоровьеформирующих технологий в образовании как системного метода создания и применения процесса преподавания и усвоения знаний, направленного на формирование культуры здоровья и личностных качеств обучающихся, способствующих повышению интереса и мотивации к здоровому образу жизни. Рассмотрено содержание образовательных маршрутов магистерской программы "Здоровьеформирующие технологии" для магистрантов факультета безопасности жизнедеятельности, которое формируется на протяжении всего процесса их подготовки, осуществляется поэтапно, носит практико-ориентированный характер и отвечает требованиям федеральных государственных стандартов высшего профессионального образования.

Ключевые слова: педагогическое образование, магистерская программа, здоровье, здоровый образ жизни, культура здоровья, здоровьеформирующие технологии, будущие учителя основ безопасности жизнедеятельности

Воздействие людей на природу осуществляется в поистине планетарном масштабе, поэтому на современном этапе развития общества особую значимость приобретают естественнонаучные знания. Сегодняшнему студенту педагогического вуза предстоит обучать поколение людей XXI века. Уровень развития медицинской культуры будущего поколения во многом будет зависеть от естественнонаучной и методической подготовки учителя.

Одним из важнейших элементов системы образования на современном этапе является гуманизация и личностная ориентация. Это обстоятельство повышает интерес к "человеку" во всех аспектах проявления его свойств и качеств. В образовательной системе становятся приоритетными не только знания, но и физическое, психическое и нравственное состояние носителя знаний, степень реализации потенциальных возможностей человека. Здоровье молодежи является одним из важнейших показателей, определяющих экономический, интеллектуальный, культурный потенциал страны и национальную безопасность.

Подготовка высококвалифицированных кадров тесно связана с укреплением и охраной здоровья, повышением работоспособности студенческой молодежи.

Формировать и поддерживать здоровье как состояние нравственной, физической и психологической комфортности может лишь человек, обла-

дающий культурой здоровья, знаниями, навыками и умениями сохранения и укрепления своего здоровья и здоровья окружающих.

Проблема формирования культуры здоровья является весьма актуальной, поскольку связана с осмыслением перемен в образовательной сфере, ориентированных на возрождение, сохранение и развитие духовной культуры, самосознания и самореализации личности за счет поддержки ее внутренних сил.

Основной вопрос, который встает в настоящее время перед образованием: как обеспечить сохранение, укрепление и восстановление здоровья всех участников образовательного процесса? Поэтому образование будет выполнять функцию укрепления здоровья только в том случае, если здоровью будут не только учить, но сумеют сделать его основной потребностью и образом жизни всех участников образовательного процесса [1].

Существует огромное количество методик контроля уровня полученных знаний. Также необходимы методики, которые помогут не только правильно организовать учебный процесс получения знаний (информатизация, компьютеризация и др.), сохраняющий здоровье, но и формировать культуру здоровья подрастающего поколения и молодежи.

Теоретическая подготовка студентов обоснована целесообразностью и возможностью формирования культуры здоровья средствами опытно-



экспериментальной работы и связана с формированием сознания студентов, направленного на сохранение и укрепление здоровья и приобретение личностно-значимых знаний в этой области [4].

В настоящее время в системе высшего образования России происходят перемены, обусловленные, прежде всего, социокультурными изменениями. В высшем образовании наиболее значимым процессом является принятие федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения. Этот документ предлагает стратегии высшего образования, которые соответствуют требованиям времени [3].

Третье поколение стандартов высшего профессионального образования ориентировано на развитие многоуровневой системы высшего образования в нашей стране. Многоуровневая система предусматривает необходимость перехода от узко-профессиональной унифицированной подготовки специалиста к широкому общекультурному и фундаментальному образованию. Образованию, которое учитывает личностные возможности и потребности обучающихся и дифференцированного социального заказа общества. Многоуровневая система предлагает будущему профессионалу выбрать собственную траекторию своего педагогического образования [4].

Одним из уровней высшего профессионального образования является магистратура. Основная задача магистратуры — подготовить профессионалов для успешной карьеры в международных и российских компаниях, а также аналитической, консультационной и научно-исследовательской деятельности.

Охрану здоровья детей можно назвать приоритетным направлением деятельности всего общества, поскольку лишь здоровые дети в состоянии должным образом усваивать полученные знания и в будущем способны заниматься производительно-полезным трудом [8]. Поэтому в процесс обучения студентов (особенно в педагогических вузах) необходимо шире внедрять здоровьесформирующие технологии с целью развития ответственности будущих педагогов за профилактические мероприятия и сохранение здоровья населения, начиная с детства.

Технология в любой сфере — это деятельность, в максимальной мере отражающая объективные законы данной предметной сферы, построенная в соответствии с логикой развития этой сферы и потому обеспечивающая наибольшее для данных условий соответствие результата деятельности предварительно поставленным целям.

"Здоровьесформирующие образовательные технологии", по определению Н. К. Смирнова, — это все те психолого-педагогические технологии, программы, методы, которые направлены на воспитание у учащихся культуры здоровья, личностных

качеств, способствующих сохранению и укреплению здоровья, формирование представления о здоровье как ценности, мотивацию на ведение здорового образа жизни, любви к окружающему миру [6].

Основная образовательная программа специализированной подготовки магистра по здоровьесформирующим технологиям, составленная на базе государственного образовательного стандарта по направлению "Естественнонаучное направление" способствует развитию у магистрантов общекультурных и профессиональных компетенций в области сохранения и укрепления здоровья путем формирования культуры здоровья, и создания оптимальных условий обучения, позволяющих в полной мере реализовать жизненный потенциал индивида.

Все специальные дисциплины программы были отобраны исходя из факторов формирования здоровья: личностного фактора, фактора защиты, фактора среды, фактора деятельности. Перечисленные факторы рассматриваются как ресурсы, что отвечает валеологическому подходу в системе педагогического образования [7].

Общими принципами проектирования образовательных программ здоровьесформирования могут стать:

- направленность программ на мишени профилактики;
- нацеленность на формирование здорового стиля жизни и развитие навыков в решении жизненно важных проблем;
- коммуникативность, т. е. необходимость построения образовательных программ на различных диалогических моделях, предполагающих доверительные взаимоотношения и групповое взаимодействие;
- адаптивность программ (адаптация к особенностям сообщества);
- личностный характер программ, ориентация на приобретение учащимися "опыта здорового стиля жизни", опора на технологии "структурного учения", которые проектируются по следующей дидактической цепочке: восприятие информации — ее обсуждение — размышление — принятие установки ценности здоровья — свободный осознанный выбор поведения в жизненных ситуациях;
- направленность стратегий профилактики на усиление позитивных ресурсов личности.
- Программа выстроена по концентрическому принципу и включает следующие специальные учебные дисциплины:
 - История медико-биологических дисциплин.
 - Физиолого-гигиенические основы формирования здоровья.
 - Социально-психологические основы формирования здоровья.

- Медицинские и экологические основы формирования здоровья.
- Организационно-методические основы формирования здоровья.
- Технологии формирования здоровья.
- Технологии формирования физической культуры.
- Технологии формирования здоровья детей в социальной сфере.

Приведенные дисциплины как структурные компоненты учебной программы тесно связаны между собой и взаимно дополняют друг друга.

В процессе обучения дисциплинам прослежена возрастная динамика особенностей развития человека (от детского возраста и подросткового до позднего возраста и старения), сделан акцент на необходимости оценки и сохранения индивидуального физического, психического, социального здоровья, а также на сохранение окружающей природы и формирование экологической культуры.

Реализация программы предполагает включение студентов в освоение активных и интерактивных форм и методов обучения, основанных на деятельностных и диалоговых формах познания.

Магистр в области естественнонаучного образования и технологий формирования здоровья должен быть подготовлен к осуществлению следующих видов деятельности:

- научно-исследовательской;
- преподавательской;
- консультационной;
- культурно-просветительской;
- организационно-воспитательной;
- социально-педагогической [8].

Программа магистерской подготовки ориентирована на обеспечение специализированной фундаментальной подготовки научно-педагогических кадров и повышения качества прикладной подготовки профессиональной деятельности в области сохранения и укрепления здоровья человека.

Молодое поколение, вступившее в XXI век, выполняет особые социальные функции, которые никто другой выполнить не может. Порой они бывают неоднозначны и противоречивы. Молодежь наследует достигнутый уровень развития общества и государства и уже сегодня формирует в себе образ будущего, несет функцию социального воспроизводства, преемственности развития общества. В зависимости от качества реализации этих функций, молодежь может влиять как на ускорение, так и на торможение общественного развития. Это будет зависеть от того, насколько молодежь знает, разделяет и принимает цели и задачи государственного и общественного развития; связывает с ними свои жизненные перспективы, обладает необходимыми качествами (физическими, личностными, образовательными, профессиональными) для решения поставленных задач, обеспечена

необходимыми ресурсами и возможностями для активного включения в решение задач повышения конкурентоспособности страны [9].

Магистерская программа "Здоровьеформирующие технологии" будет осуществляться наиболее эффективно, если реализовать следующие условия:

- рассматривать формирование культуры здоровья молодежи как одну из приоритетных целей на всех этапах профессиональной подготовки не только учителей — выпускников вузов, но и выпускников других образовательных учреждений;

- в определении целей и специфики содержания, методов и организационных форм профессиональной подготовки специалистов различного профиля учитывать стадии формирования медико-валеологической компетентности, определяющей становление развития самосознания и ведущие факторы его саморазвития;

- активно использовать следующие методы обучения в высшей школе: анализ конкретных ситуаций (case-study); разыгрывание ролей (ролевая игра, деловая игра); "мозговой штурм"; интерактивные методы обучения (социально-психологический тренинг); видеометод и др.;

- в содержание подготовки специалистов различных профессий включать, например, такие интегрирующие спецкурсы, как: "Основы здорового образа жизни и профилактики заболеваний", "Здоровье под контролем", "Здоровье и безопасность девочки, девушки, женщины", "Основы личной безопасности", "Экологические основы здоровья" [8].

В рамках реализации программ подготовки магистров по направлению "Естественнонаучное образование", разработанных на факультете безопасности жизнедеятельности РГПУ им. А. И. Герцена, следует отметить непосредственную взаимосвязь программы "Здоровьеформирующие технологии" с другими магистерскими программами подготовки, а именно: "Образование в области безопасности жизнедеятельности", "Профилактика социальных отклонений (превентология)", "Безопасность жизнедеятельности в информационной среде" и "Экологическая безопасность". Магистерская программа "Здоровьеформирующие технологии" может быть рекомендована для вуза любого профиля, учитывая специфику учебного заведения и профессиональную компетентность обучающихся.

Список литературы

1. Мухаметова Г. Р. Медико-социальные проблемы образа жизни и здоровья студентов — будущих педагогов: Автореф. канд. мед. наук. — Казань, 2005. — 24 с.
2. Проектирование учебно-методического обеспечения образовательной программы в логике федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения: методическое пособие / Под ред. С. А. Гончарова. — СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2010. — 135 с.



3. **Организация** самостоятельной работы в магистратуре: методическое пособие для преподавателей и студентов педагогических университетов / Составители: Л. К. Боровик, Е. Н. Глубокова. — СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2009 г. — 139 с.
4. **Формирование** образовательных программ в свете стандартов третьего поколения (образовательная область "Безопасность жизнедеятельности"): материалы XIII-й научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 23—27 ноября 2009 г. / Сост. и общ. ред. В. П. Соломин, П. В. Станкевич, Т. В. Маликова, Н. Е. Павлова. — СПб.: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. — 342 с.
5. **Сорокина Л. А.** Активизация познавательной деятельности обучающихся как средство формирования метапредметных

- результатов при изучении курса естествознание // Молодой ученый. — 2013. — № 12. — С. 522—524.
6. **Смирнов Н. К.** Здоровьесберегающие образовательные технологии и психология здоровья в школе. — М.: АРКТИ, 2003. — 270 с.
 7. **Мануйлова Г. Р.** Выявление условий здоровьесберегающей деятельности студентов-первокурсников педагогического вуза // Молодой ученый. — 2014. — № 2. — С. 792—794.
 8. **Борисов А. А., Сыромятникова Л. И., Борисова Л. П.** Реализация здоровьесформирующих образовательных технологий в области педагогического образования. // Молодой ученый. — 2012. — № 6. — С. 375—377.
 9. **Плахов Н. Н.** Безопасность жизнедеятельности: психолого-педагогические основания здоровья // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. — 2012. — № 145. — С. 90—95.

L. I. Syromiatnikova, Associate Professor, e-mail: liliadok@yandex.ru,
M. S. Matusевич, Associate Professor, Russian State Pedagogical University
A. I. Herze'n, St. Petersburg

Educational-Methodical Accompaniment Master Program "Healthtechnology" for Future Teachers

Train highly qualified personnel is closely linked with the strengthening and health, increasing health of students. Build and maintain health as a state of moral, physical and psychological comfort can only person with health valeologicheskoy knowledge, skills and abilities. Education will serve as a health promotion only if the health will not only teach, but fail to make it a basic need and a way of life for all participants in the educational process. Healthtechnologies in education — is a systematic method of creating and applying the process of teaching and learning, aimed at creating a culture of health and personal qualities of students that promote interest and motivation for a healthy lifestyle. Content of educational routes master program "Healthtechnology" for graduate faculty life safety is formed throughout the process of their preparation is carried out in stages, is practice-oriented and meets the requirements of federal government standards of higher education.

Keywords: teacher education, master's program, health, healthy lifestyle, health culture, technologies will be, future teachers the basics of life safety.

References

1. **Muhametova G. R.** Mediko-social'nye problemy obraza zhizni i zdorov'ja studentov — budushhih pedagogov: Avtoref. kand. med. nauk. Kazan', 2005. 24 p.
2. **Proektirovanie** uchebno-metodicheskogo obespechenija obrazovatel'noj programmy v logike federal'nyh gosudarstvennyh obrazovatel'nyh standartov tret'ego pokolenija: metodicheskoe posobie / Pod red. S. A. Goncharova. SPb.: Izdatel'stvo RGPU im. A. I. Gercena, 2010. 135 p.
3. **Организация** самостоятельной работы в магистратуре: методическое пособие для преподавателей и студентов педагогических университетов / Составители: Л. К. Боровик, Е. Н. Глубокова. SPb.: Izdatel'stvo RGPU im. A. I. Gercena, 2009. 139 p.
4. **Formirovanie** образовательных программ в свете стандартов трет'его поколения (образовательная область "Безопасность жизнедеятельности"): *Materialy XIII-j nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 23—27 nojabrja 2009 g.* / Sost. i obshh. red. V. P. Solomin, P. V. Stankevich, T. V. Malikova, N. E. Pavlova. SPb.: Izdatel'stvo RGPU im. A. I. Gercena, 2009. 342 p.
5. **Сорокина Л. А.** Активизация познавательной деятельности обучающихся как средство формирования метапредметных результатов при изучении курса естествознание. *Molodoy uchenyj.* 2013. N. 12. P. 522—524.
6. **Смирнов Н. К.** Здоровьесберегающие образовательные технологии и психология здоровья в школе. М.: АРКТИ, 2003. 270 p.
7. **Мануйлова Г. Р.** Выявление условий здоровьесберегающей деятельности студентов-первокурсников педагогического вуза. *Molodoy uchenyj.* 2014. N. 2. P. 792—794.
8. **Борисов А. А., Сыромятникова Л. И., Борисова Л. П.** Реализация здоровьесформирующих образовательных технологий в области педагогического образования. *Molodoy uchenyj.* 2012. N. 6. P. 375—377.
9. **Плахов Н. Н.** Безопасность жизнедеятельности: психолого-педагогические основания здоровья. *Izvestija Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A. I. Gercena.* 2012. N. 145. P. 90—95.

В. С. Ванаев, канд. техн. наук, доц. кафедры, e-mail: vvanaev@mail.ru,
Э. П. Пышкина, канд. техн. наук, проф. кафедры, МГТУ им. Н. Э. Баумана

История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана с 2012 года. Александров Анатолий Александрович

Продолжение публикаций "Безопасность жизнедеятельности", № 10, 2008, № 3, 5, 7, 9, 10, 2009 и № 2, 4, 7, 2010 по истории кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приведены сведения о функционировании кафедры и информация об А. А. Александрове, который стал заведующим кафедрой с ноября 2012 г. Позитив и негатив, вот две стороны событий, которые произошли на кафедре с 2012 г. В течение этого времени негативом является то, что коллектив кафедры потерял пять коллег-преподавателей (три доктора и два кандидата). Кроме того, два первоклассных специалиста покинули кафедру по состоянию здоровья. Конечно, эта ситуация связана со сменой поколений. Наибольшая часть статьи является позитивной и посвящена повседневной жизни кафедры.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, кафедра, техника безопасности, охрана труда, экология, научное событие, коллектив кафедры, коллеги-преподаватели, первоклассные специалисты, повседневная жизнь

Начиная с 2008 г. на страницах журнала "Безопасность жизнедеятельности" публикуется серия статей, посвященных кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. В статьях прослеживается история ведущей кафедры страны с 1930 г. по настоящее время. Исторические этапы хронологически очерчиваются временными рамками, в которых кафедру возглавляли конкретные руководители, в основном определявшие тактику и стратегию развития кафедры [1–12].

С ноября 2012 года кафедра "Экология и промышленная безопасность" вступила в новый исторический этап своего развития. В соответствии с приказом № 02.13–03/10293 от 01.11.2012 по НУК (Науч-



**Александров
 Анатолий Александрович**

но-учебный комплекс) "Энергомашиностроение" МГТУ им. Н. Э. Баумана Александров Анатолий Александрович переведен с должности профессора кафедры Э-4 "Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения" факультета "Энергомашиностроение" на должность заведующего кафедрой "Экология и промышленная безопасность" того же факультета по совместительству.

Анатолий Александрович Александров, доктор технических наук, профессор, ректор и зав. кафедрой "Экология и промышленная безопасность" Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники родился в 1951 г. в городе Изяслав Украинской ССР в семье военного. В 1975 г. окончил конструкторско-механический факультет МВТУ им. Н. Э. Баумана и был распределен на работу инженером профилирующей кафедры "Стартовые ракетные комплексы". После окончания училища и распределения Анатолий Александрович несколько лет работал инженером в МВТУ. С 1982 года он инженер-конструктор, затем начальник отдела материально-технического снабжения, заместитель директора по развитию и организации учебного процесса, главный инженер Экспериментально-опытного завода МВТУ им. Н. Э. Баумана. В 1991 г. А. А. Александров стал директором Опытного завода МГТУ им. Н. Э. Баумана. Среди разработок на данном производстве было несколько проектов для Ростехнадзора и МЧС России, удостоенных премии Правительства. Работа над этими проектами помогла А. А. Александрову в 2004 г. защитить кандидатскую диссертацию, а спустя два года — докторскую.

А. А. Александров является специалистом в области оценки остаточного ресурса технических со-



оружий, механики разрушений, а также в области ресурсо- и природосбережения при хранении и транспортировке жидкого углеводородного топлива с использованием криогенной техники. Под руководством А. А. Александрова создана широко применяемая в Москве и других крупных городах установка улавливания и рекуперации углеводородных паров "Эрест", предназначенная для улавливания (рекуперации) паров моторного топлива (бензина, дизельного топлива) и прочих нефтепродуктов 1—5 групп, паровой фазы СУГ (ШФЛУ), а также формальдегидов, спиртов и эфиров, образующихся и выбрасываемых в атмосферу при осуществлении следующих технологических операций:

- налив (автомобильный, железнодорожный, в резервуары);
- слив (из автоцистерны, желдорцистерны, резервуара);
- хранение нефтепродукта в наземных и подземных резервуарах;
- аварийный сброс (углеводородные газы с КПК (клапана противопожарного комбинированного) и ППК (предохранительного противопожарного клапана)).

При операциях слива/налива установкой "Эрест" обеспечивается сокращение потерь нефтепродукта от испарения ("большое дыхание"). При хранении нефтепродуктов обеспечивается исключение выброса углеводородов из-за: изменения температуры окружающей среды, атмосферного давления, частичной выкачки продукта ("малые дыхания" и "обратный выдох").

При непосредственном участии А. А. Александрова создан автоматизированный ультразвуковой диагностический комплекс "Автокон-МГТУ" с контактным и бесконтактным вводом упругих колебаний для оценки технического состояния сварных швов и основного металла магистральных нефте- и газопроводов и элементов конструкций атомной энергетики при их сооружении, реконструкции и ремонте, широко применяемые на соответствующих объектах. Анатолий Александрович участвовал в проектировании магистрального нефтепровода "Восточная Сибирь — Тихий океан" (ВСТО-1, ВСТО-2) в части, касающейся оценки риска аварий и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также в проектных работах по исследованию влияния тектонических разломов на устойчивость трубопровода и в разработке конструктивных решений, повышающих надежность системы.

Анатолий Александрович автор более 110 научных работ, в числе которых шесть патентов и шесть монографий. В качестве научного руководителя им подготовлено два кандидата технических наук. Под руководством А. А. Александрова в МГТУ им. Н. Э. Баумана реализуются программы по подготовке научных работников и специалистов, выполняются широкие научные исследования для военно-промышленного комплекса, имеющие исключительное значение для национальной безопасности и устойчивого социаль-

но-экономического развития, поддержания на высоком уровне оборонного потенциала страны.

А. А. Александров ведет большую общественную работу. Он является членом целого ряда советов.

- Экспертного совета МЧС России.
- Совета по научной и технической политике при Министерстве обороны Российской Федерации.
- Общественного совета при ФНС.
- Общественного совета при Следственном комитете.
- Общественного Совета Председателя Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации.
- Совета Фонда "Сколково".
- Совета Ассоциации ведущих университетов.

Кроме того, он является членом редколлегий ряда научных журналов, а также Президентом Ассоциации технических университетов и членом-корреспондентом Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН).

А. А. Александров награжден медалью "Трудовая доблесть", знаком "Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации", ведомственным нагрудным знаком МЧС "За заслуги" и Орденом Почета. Является дважды лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2002 г., 2012 г.).

С ноября 2012 г. прошло еще очень мало времени, но за этот короткий период на кафедре произошло достаточно много событий как позитивных, так и негативных. Начнем с негативных событий. Период с конца 2011 г. по настоящее время отмечен в истории кафедры самой невероятной потерей профессиональных педагогических кадров. Из жизни ушли люди, значение которых в истории кафедры трудно переоценить. Хочется, чтобы небольшое воспоминание о них послужило своеобразным литературным реквиемом о наших коллегах, товарищах, сверстниках. Это необходимо сделать потому, что они были не просто сотрудниками кафедры "Экология и промышленная безопасность", не только активнейшими корреспондентами журнала "Безопасность жизнедеятельности", а потому, что их фамилии известны всей стране. Практически все они стояли у истоков новой научно-педагогической дисциплины "Безопасность жизнедеятельности". Они были основателями программы и первыми авторами учебника "Безопасность жизнедеятельности", по которому и в настоящее время обучаются практически все студенты страны как высшей, так и средней профессиональной школы. Вспомним этих замечательных людей, подвижников своей профессии.

Чижиков Юрий Владимирович, доктор технических наук, профессор ушел из жизни 22 декабря 2011 г. Окончил Ленинградское пограничное высшее военно-морское училище КГБ при СМ СССР (1955—1960) по специальности инженер-механик корабельной службы. Служил в армии, работал экспертом в Комитете по делам изобретений, в научно-производственном объединении "Наука" инженером, началь-

ником конструкторской бригады, начальником отдела перспективных разработок; в МГТУ им. Н. Э. Баумана доцентом, профессором. Закончил очную аспирантуру МГТУ им. Н. Э. Баумана по специальности "Машины и аппараты холодильной и криогенной техники". Занимался разработкой систем и агрегатов кондиционирования и терморегулирования авиационной и космической техники. Научными интересами были экологические проблемы техники. В частности, он предложил и сдал в эксплуатацию первые "экологически чистые" системы термостатирования космических кораблей на стартовой и технологической позициях. Имел около 50 печатных трудов и более 160 изобретений, в том числе 11 иностранных патентов. Последней опубликованной работой Юрия Владимировича было учебное пособие по экологическому сопровождению проектов [13].

Переездчиков Игорь Васильевич, доктор технических наук, профессор, старейший сотрудник кафедры ушел из жизни 4 июня 2013 г. Учился в МВТУ им. Н. Э. Баумана. Окончил Училище инженеромехаником по двигателям внутреннего сгорания. После окончания МВТУ работал на Брянском машиностроительном заводе инженером-конструктором отдела новой техники, занимался исследованием процесса газообмена двухтактных двигателей внутреннего сгорания, участвовал в создании первого отечественного судового двигателя типа ДКРН 75/160. Осуществлял научное руководство направлением "Исследование и разработка условий безопасности при дренаже криогенных продуктов в атмосферу и при эксплуатации неизолированных криогенных систем". Исследования проводились для программы "Буран". В рамках данного направления предложена математическая модель процесса распространения криогенной газовой струи, учитывающая процессы конденсации и кристаллизации атмосферной влаги в пограничном слое.

В последнее время Игорь Васильевич занимался исследованием безопасности сложных технических систем типа "человек—машина—среда" (СЧМС) на базе четких и нечетких множеств. Им разработана теоретическая основа и методология анализа опасностей промышленных систем типа "человек—машина—среда". В последнее время И. В. Переездчиков читал курсы "Тепломассообмен в биосфере" (5 курс), "Надежность и риск технических систем" (6 курс), "Безопасность жизнедеятельности" (общий курс). Он автор более 80 публикаций, в частности, соавтор монографии "Безопасность России", учебников "Охрана труда в машиностроении" и "Безопасность жизнедеятельности".

Фамилия Игоря Васильевича хорошо известна преподавателям и студентам, работающим с учебником для вузов "Безопасность жизнедеятельности", где он является автором главы 4 "Анализ опасностей" и параграфа 6.6 "Защита от энергетических воздействий". Игорь Васильевич подытожил свою научно-педагогическую деятельность фундаментальным учеб-

ным пособием по анализу опасностей промышленных систем [14].

Белов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, ушел из жизни 6 октября 2013 г. Сергей Викторович основатель направления "Безопасность жизнедеятельности", на протяжении многих лет возглавлял кафедру "Экология и промышленная безопасность". Значение С. В. Белова в жизни кафедры, факультета, да и всего университета, трудно переоценить. Коренной Бауманец, через год после окончания МВТУ поступает на кафедру Э-1 в качестве инженера. И с этого момента его биография неразрывно связана с вузом. С. В. Белов защищает кандидатскую диссертацию и становится заместителем декана факультета "Энергомашиностроение", а затем защищает и докторскую диссертацию. Научная деятельность С. В. Белова на кафедре Э-1 была посвящена исследованию свойств пористых металлов.

Второй этап его биографии в стенах МВТУ продлился 31 год в качестве заведующего кафедрой Э-9. Здесь он не только продолжил совершенствование дисциплины охрана труда, выпустив вместе с Юдиным Е. Я. второе издание учебника "Охрана труда в машиностроении" (1983), но и существенно реформировал ее, выведя проблематику защиты человека за пределы узких рамок промышленного производства. Он становится одним из основоположников новой научно-педагогической дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" и автором идеи непрерывного образования в этой области от детского сада до высшего учебного заведения. Опираясь на коллектив кафедры, С. В. Белов создает первый учебник "Безопасность жизнедеятельности" для всех специальностей вузов и аналогичный учебник для среднетехнических учебных заведений страны. Эти учебники многократно переиздавались.

С 2001 года Сергей Викторович вместе с коллегами принимает активное участие в организации издания журнала "Безопасность жизнедеятельности", став его первым главным редактором. Расширяя сферу безопасности жизнедеятельности человека в техносфере, Сергей Викторович вводит новые дисциплины на кафедре: "Охрана окружающей среды" и "Экология". Кафедра его стараниями становится выпускающей (1989).

С. В. Белов всегда очень быстро реагировал на новации в области реформирования высшего образования. Даже будучи на пенсии, он создает первый учебник еще одной, еще более широкой новой научной дисциплины "Ноксология" для бакалавров. За работу на педагогическом поприще С. В. Белов был удостоен премии Президента Российской Федерации в области образования за научно-практическую разработку "Создание системы подготовки специалистов по безопасности жизнедеятельности в высших учебных заведениях" [9, 10].

Сивков Валерий Петрович, кандидат технических наук, доцент, старейший сотрудник кафедры ушел из жизни 6 февраля 2014 г. По окончании МВТУ им.



Н. Э. Баумана по специальности инженер-механик по холодильным машинам работал на кафедре Э-4, где и закончил аспирантуру. Основные направления научной деятельности: кондиционирование воздуха, холодильные машины. Работая на кафедре Э-9, Валерий Петрович стал одним из авторов первого варианта программы курса "Промышленная экология и безопасность (Безопасность жизнедеятельности)" для машиностроительных специальностей МГТУ им. Н. Э. Баумана. Он автор более 150 печатных работ. Являлся членом методического совета факультета "Энергомашиностроение".

Фамилия Валерия Петровича хорошо известна преподавателям и студентам, пользующимся учебником для вузов "Безопасность жизнедеятельности", где он является автором главы 1 "Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности".

Морозова Людмила Львовна, кандидат технических наук, доцент, старейшая сотрудница кафедры ушла из жизни 13 февраля 2014 г. После окончания МВТУ им. Н. Э. Баумана получила специальность инженера-механика по автоматическим установкам и работала в конструкторском бюро транспортно-химического машиностроения (КБТХМ) инженером-расчетчиком. Далее перешла в МВТУ им. Н. Э. Баумана на кафедру Э-1 и училась в аспирантуре на кафедре СМ-6 по специальности "Летательные аппараты и импульсные системы". Защитив диссертацию кандидата технических наук, Л. Л. Морозова перешла на кафедру Э-9. Основные научные направления деятельности на кафедре Э-9 — вопросы безопасности жизнедеятельности, токсикологии, воздействия и нормирования опасных и вредных факторов. Опубликовала около 80 научных работ.

Фамилия Людмилы Львовны также хорошо известна пользователям учебника "Безопасность жизнедеятельности", в котором она в соавторстве с А. В. Ильницкой написала главу 3 "Воздействие негативных факторов на человека в техносфере".

Кроме этого два старейших сотрудника кафедры вынуждены были уйти на пенсию по состоянию здоровья.

Козьяков Анатолий Федорович, кандидат технических наук, профессор, один из создателей учебника "Безопасность жизнедеятельности", он автор Раздела IV. "Управление безопасностью жизнедеятельности" [8].

Степанов Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент. С 2001 г. на кафедре Э-9. Защитил кандидатскую диссертацию по специальности "Теплофизика".

За очень короткий срок кафедра потеряла 7 преподавателей — 4 профессора и 3 доцента. Огромная потеря, но, несмотря на это, кафедра продолжает функционировать, успешно развивается и идет вперед.

С ноября 2012 г. на кафедре произошло несколько важных событий.

16 мая 2013 г. в МГТУ им. Н. Э. Баумана под патронажем кафедры "Экология и промышленная безопасность" состоялась Международная интернет-конференция, которую провели Международная сеть ин-

женерных вузов (RMEI) и Международная организация Ambassade de l'eau (AdE) "Международные послы воды" во взаимодействии с Международной Кафедрой-сетью ЮНЕСКО для молодых исследователей и студентов по вопросам, связанным с проблемами комплексного использования воды в современном мире и их роли в безопасности устойчивого развития. Встреча послов воды, как говорится в программе конференции, проходила в преддверии седьмого Всемирного Водного Форума, проведение которого планируется Всемирным Водным Советом (ВВС) в городе Daegu Gyeongbuk, Южная Корея в 2015 г.

Всемирный Водный Форум (ВВФ) проводится раз в три года в тесном сотрудничестве с властями принимающей страны и является самым крупным международным мероприятием в области воды. Он служит достижению следующих четырех основных целей:

- повышение значимости роли воды на политической повестке дня;
- содействие углублению дискуссий по решению международных водных проблем в XXI веке;
- формулирование конкретных предложений и обращение всеобщего внимания на их важность;
- создание политических обязательств.

Московская водная конференция, прошедшая в МГТУ им. Н. Э. Баумана под девизом "От решения к осуществлению" при поддержке господина Benedito Braga, президента ВВС, явилась одним из рабочих мероприятий между шестым (Марсель, Франция 2012) и седьмым (Дэгу, Южная Корея 2015) ВВФ. Среди презентантов были две студентки кафедры "Экология и промышленная безопасность", представившие доклады на серьезные, актуальные темы.

В докладе Айтен Байрамовой "Интенсификация флотационной очистки сточных вод с помощью вибрации" описана многостадийная модель флотации, представлена экспериментальная установка и принцип ее работы. Аудитория была ознакомлена с экспериментальными исследованиями виброфлотационной очистки сточных вод, а также с полученными результатами.

В презентации доклада Юлии Тюриной "Удаление лития из воды методом обратного осмоса" ставилась задача рассмотрения возможности удаления лития из воды на обратноосмотической установке и сравнения селективности мембраны по данному иону с другими, схожими по свойствам. Приведены результаты эксперимента и его обработка.

Эти доклады вызвали живейший интерес у участников конференции [16].

В сентябре 2013 г. в Московском государственном техническом университете имени Н. Э. Баумана была проведена VI Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов "Будущее машиностроения России". Этот глобальный форум представителей ведущих промышленных предприятий, технических вузов, конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов был организован Союзом машиностроителей России для того, чтобы решить одну из

важных проблем — отсутствие квалифицированных кадров на предприятиях промышленности. В рамках конференции впервые работала секция "Промышленная и экологическая безопасность".

На секции работала экспертная комиссия, по решению которой лучшим был признан доклад аспирантки кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана А. А. Аграфоновой "Акустический расчет трехкамерного глушителя шума методом конечных элементов". Научный руководитель — Александр Иванович Комкин, доктор технических наук, доцент кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана.

С 30 сентября по 6 октября 2013 года в МГТУ им. Н. Э. Баумана на базе кафедры "Экология и промышленная безопасность" проводилось Пятое Всероссийское совещание заведующих кафедрами по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды. Первое совещание прошло в Зеленограде в 1993 г. Последующие совещания проходили в МГТУ им. Баумана в 2001, 2005, 2009 гг. Пятое Совещание было проведено на базе МГТУ им. Н. Э. Баумана и семи ведущих вузов г. Москвы.

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

Участники совещания рассмотрели недостатки и проблемы современного состояния образования в области безопасности жизнедеятельности. В частности было отмечено, что пока в системе образования различных ступеней не реализованы принципы преемственности и системности содержательной компоненты образования, которые позволяли бы обучающимся осмыслить и усвоить постепенно и логично наращиваемый каркас знаний, практически не задействована объективно существующая общность методологических и методических подходов при формировании учебного содержания. В результате преподавание безопасности на различных ступенях непрерывного образовательного цикла ведется автономно без отслеживания системных связей как между отдельными блоками дисциплины (предмета), так и между дисциплинами одного образовательного цикла, но различных уровней.

В постановлении Совещания была одобрена практика проведения Всероссийских, совещаний заведующих кафедрами не реже 1 раза в 4 года и предложено вузам города Санкт-Петербурга провести очередное шестое Всероссийское совещание заведующих кафедрами в 2017 г.

В апреле 2014 г. была проведена очередная кафедральная студенческая научно-техническая конференция "Студенческая научная весна 2014". Это мероприятие ежегодно проводится на кафедре "Экология и

промышленная безопасность" под эгидой общеуниверситетского Студенческого научно-технического общества (СНТО) им. Н. Е. Жуковского. От кафедры это мероприятие организует и курирует старейший преподаватель, кандидат технических наук, доцент А. А. Строкин. О роли студенческих научно-технических конференций в подготовке специалистов высшей квалификации в области экологической и промышленной безопасности он подробно рассказал в своей публикации [17]. Победителей конференции нынешнего года традиционно поздравили ведущие преподаватели кафедры во главе с заведующим А. А. Александровым.

Следует отметить плодотворную работу лаборатории по защите водной среды, которая является структурным научно-исследовательским подразделением кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Эта лаборатория приняла самое активное участие в работе Международного форума "Вода: экология и технология" ЭКВАТЭК—2014 (Москва, июнь 2014 г.), который заслуженно считается одним из наиболее значимых профессиональных мероприятий водохозяйственной сферы, современной дискуссионной площадкой, на которой обсуждаются наиболее актуальные задачи, стоящие перед отраслью. За 20 лет своего существования (с 1994 г.) ЭКВАТЭК превратился в самую крупную бизнес-площадку для водного сектора, стал значимым и востребованным инструментом для обмена информацией, выработки совместных решений, поиска партнеров, знакомства с новейшими технологиями и оборудованием.

Секцию "Очистка промышленных сточных вод" на форуме возглавил в качестве модератора профессор кафедры, доктор технических наук Б. С. Ксенофонтов. Он же выступил с докладом "Флотокомбайны: разработка и использование для очистки сточных вод", соавторами которого явились его ученики, сотрудники кафедры, которые непосредственно участвуют в разработке этой научно-технической тематики. Все они приняли участие в работе форума: и молодые кандидаты, А. С. Козодаев, М. В. Иванов, и аспиранты кафедры, Р. А. Таранов, Е. В. Петрова, М. С. Виноградов и А. А. Воропаева. Водная тематика научно-исследовательских разработок на кафедре уверенно выходит на международную арену по своей актуальности.

В конце апреля 2014 г. прошла очередная Всероссийская студенческая олимпиада по техносферной безопасности. Известно [15], что это мероприятие проводится в соответствии с приказом Федерального агентства по образованию от 14.02.2007 № 326 "Об организации и проведении Всероссийской студенческой олимпиады", III тур которой ежегодно с 2007 г. проводится в Московском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана по специальности 280101 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере". Это серьезное мероприятие проводится в масштабах страны. Победители в личном и командном зачетах получают дипломы Федерального агентства по образованию и памятные подарки. Все



соребнующиеся студенты получают свидетельства участников и сувениры, а в адрес вузов, участвующих в Олимпиаде, направляются благодарственные письма от ректора МГТУ им. Н. Э. Баумана.

В настоящее время на кафедре полным ходом проводится образовательная реформа высшей школы. Идет практическое освоение программы бакалавриата [18]. Одиннадцать студентов обучается в магистратуре. Разрабатывается новая программа подготовки аспирантов. На первом и втором году аспирантуры кафедры обучается восемь аспирантов. С историей кафедральной аспирантуры и ее состоянием на сегодняшний день можно ознакомиться на сайте кафедры.

В заключение хотелось бы отметить, что основанием для написания этой статьи именно сегодня послужили три причины.

1. Смена руководства кафедрой Э-9 "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана.

2. Смена преподавательских поколений. На смену старшего поколения, стоявшего у истоков рождения дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", приходит новое, молодое поколение, выращенное, как правило, здесь же на кафедре, через собственную аспирантуру.

3. Образовательная реформа высшей школы, которая полным ходом набирает силу. На смену традиционным специалистам-инженерам приходят бакалавры и магистры. Конечно, необходимо отметить важность дальнейшей реформы высшего образования в Российской Федерации, интеграции российского образования с международным образовательным пространством, в том числе в рамках Болонского соглашения. С переходом на новые образовательные стандарты важно не только перенимать и внедрять передовой зарубежный опыт в образовательный процесс, но и сохранять все лучшее, накопленное в российском образовании в течение столетий. Особенно это относится к богатой истории преподавательской практики нашего Университета от ИМТУ до МВТУ, ВММУ, МММИ им. Н. Э. Баумана, МВТУ им. Н. Э. Баумана и, наконец, МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Список литературы

1. Павлихин Г. П., Базанчук Г. А., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Синев Петр Иванович (1872—1946) // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 10. — С. 41—49.
2. 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) // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 3. — С. 38—43.
3. Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1953—1959 годы. Кушвид Петр Григорьевич (1898—19?) // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 5. — С. 40—45.
4. Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность"

МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1959—1967 годы. Гладких Петр Андреевич (1906—1980) // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 9. — С. 44—51.

5. Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1967—1976 годы. Юдин Евгений Яковлевич (1914—1992) // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 10. — С. 39—45.
6. Александров А. А., Девисилов В. А., Ванаев В. С. Выдающийся акустик. К столетию Е. Я. Юдина // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 6. — С. 63—69.
7. Ванаев В. С., Козьяков А. Ф., Пышкина Э. П. Юдин Евгений Яковлевич — 100 лет // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 1. — С. 50—55.
8. Ванаев В. С., Ванаева Н. С., Козьяков А. Ф., Павлихин Г. П. Кафедра "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана: прошлое, настоящее, будущее. 1930—2010 / Под ред. Г. П. Павлихина. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — 238 с.
9. Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 1976—2007 годы. Белов Сергей Викторович // Безопасность жизнедеятельности. — 2010. — № 2. — С. 46—54.
10. Александров А. А., Федоров И. Б., Девисилов В. А., Коршунов С. В., Жердев А. А., Павлихин Г. П., Суровцев И. Г. Школа профессора С. В. Белова (К юбилею основателя направления "Безопасность жизнедеятельности") // Безопасность в техносфере. — 2012. — № 6. — С. 3—6.
11. Павлихин Г. П., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период 2007—2008 годы. Смирнов Сергей Георгиевич // Безопасность жизнедеятельности. — 2010. — № 4. — С. 49—52.
12. Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана в период с 2009 года. Павлихин Геннадий Петрович // Безопасность жизнедеятельности. — 2010. — № 7. — С. 45—49.
13. Чижиков Ю. В. Экологическое сопровождение проектов: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2010. — 308 с.
14. Переездчиков И. В. Анализ опасностей промышленных систем человек — машина — среда и основы защиты: учебное пособие. — М.: КНОРУС. — 2011. — 784 с.
15. Готлиб Я. Г., Смирнов С. Г. Всероссийская студенческая олимпиада по техноферной безопасности 2007 года // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 2. — С. 55—56.
16. Ванаев В. С. Вода на кафедре (С. 76—106) / Экологическое образование и охрана окружающей среды. Технические университеты в формировании единого научно-технологического и образовательного пространства СНГ. Сборник статей. Часть II / Под ред. А. А. Александрова. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2014. — 256 с.
17. Строкин А. А. Роль студенческих научно-технических конференций в подготовке специалистов высшей квалификации в области экологической и промышленной безопасности // Безопасность жизнедеятельности. — 2014. — № 3. — С. 47—49.
18. Симакова Е. Н. К вопросу практической реализации дисциплины "Ноксология" при подготовке бакалавров по направлению 280700 "Техносферная безопасность" // Материалы V Всероссийского совещания заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, 30 сентября — 6 октября 2013 г. / Под ред. А. А. Александрова, В. А. Девисилова. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана. — 2013. — 286 с.

V. S. Vanaev, Associate Professor, e-mail: vvanaev@mail.ru, E. P. Pishkina, Professor, Bauman Moscow State technical university

History of Chair "Ecology and Industrial safety" MSTU of Name N. E. Bauman since 2012. Alexandrov Anatoliy Alexandrovich

There are the continuations of the articles from "Safety of activity" № 10 2008, № 3, 5, 7, 9, 10, 2009 and № 2, 4, 7, 2010 about the chair's history "Ecology and Industrial safety" MSTU of name N. E. Bauman. Information about chair's functioning and about Alexandrov A. A. as chair's manager on since 2012 is given. Negative and positive, there are two sides of events on the chair since 2012. In the course of this time negative is chair collective bereavement five colleagues — teacher of extra quality (three doctors and two candidates). Moreover two first-class specialists vacate a chair through condition of health. Certainly this situation linked by change of generations. The greater part of the article is positive and dedicate to everyday life of chair.

Keywords: safety of activity, chair, safety (laws), protection of labour, ecology, science work, chair collective, colleagues-teacher, first class specialists, everyday life

References

1. Pavlihin G. P., Bazanchuk G. A., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 1946—1953 gody. Skoro-hodov Nikolaj Iosifovich (1911—1953). *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2008. N. 10. P. 41—49.
2. Pavlihin G. P., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 1946—1953 gody. Skoro-hodov Nikolaj Iosifovich (1911—1953). *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. N. 3. P. 38—43.
3. Pavlihin G. P., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 1953—1959 gody. Kushvid Petr Grigor'evich (1898—19_&). *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. N. 5. P. 40—45.
4. Pavlihin G. P., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 1959—1967 gody. Gladkih Petr Andreevich (1906—1980). *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. N. 9. P. 44—51.
5. Pavlihin G. P., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 1967—1976 gody. Judin Evgenij Jakovlevich (1914—1992). *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2009. N. 10. P. 39—45.
6. Aleksandrov A. A., Devisilov V. A., Vanaev V. S. Vydajush-hijsja akustik. K stoletiju E. Ja. Judina. *Bezopasnost' v teh-nosfere*. 2013. N. 6. P. 63—69.
7. Vanaev V. S., Koz'jakov A. F., Pyshkina Je. P. Judin Evgenij Jakovlevich — 100 let. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2014. N. 1. P. 50—55.
8. Vanaev V. S., Vanaeva N. S., Koz'jakov A. F., Pavlihin G. P. Kafedra "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana: proshloe, nastojashhee, budushhee. 1930—2010 / Pod red. G. P. Pavlihina. M.: Izd-vo MG TU im. N. Je. Baumana, 2010. 238 p.
9. Pavlihin G. P., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 1976—2007 gody. Belov Sergej Viktorovich. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2010. N. 2. P. 46—54.
10. Aleksandrov A. A., Fedorov I. B., Devisilov V. A., Kor-shunov S. V., Zherdev A. A., Pavlihin G. P., Surovcev I. G. Shkola professora S. V. Belova (K jubileju osnovatelya napravlenija "Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti"). *Bezopasnost' v tehnosfere*. 2012. N. 6. P. 3—6.
11. Pavlihin G. P., Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period 2007—2008 gody. Smirnov Sergej Georgievich. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2010. N. 4. P. 49—52.
12. Vanaev V. S., Koz'jakov A. F. Istorija kafedry "Jekologija i promyshlennaja bezopasnost'" MG TU im. N. Je. Baumana v period s 2009 goda. Pavlihin Gennadij Petrovich. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2010. N. 7. P. 45—49.
13. Chizhikov Ju. V. Jekologicheskoe soprovozhdenie proektov: uchebnoe posobie. M.: Izd-vo MG TU im. N. Je. Baumana. 2010. 308 p.
14. Perezdchikov I. V. Analiz opasnostej promyshlennyh sistem chelovek — mashina — sreda i osnovy zashhity: uchebnoe posobie. M.: KNORUS. 2011. 784 p.
15. Gotlib Ja. G., Smirnov S. G. Vserossijskaja studencheskaja olimpiada po tehnosfernoj bezopasnosti 2007 goda. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2008. N. 2. P. 55—56.
16. Vanaev V. S. Voda na kafedre (S. 76—106) / Jekologicheskoe obrazovanie i ohrana okruzhajushhej sredy. Teh-nicheskie universitety v formirovanii edinogo nauchno-tehnologicheskogo i obrazovatel'nogo prostranstva SNG. Sbornik statej. Chast' II / Pod red. A. A. Aleksandrova. M.: MG TU im. N. Je. Baumana. 2014. 256 p.
17. Strokin A. A. Rol' studencheskih nauchno-tehnicheskikh konferencij v podgotovke specialistov vyshej kvalifikacii v oblasti jekologicheskoy i promyshlennoj bezopasnosti. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2014. N. 3. P. 47—49.
18. Simakova E. N. K voprosu prakticheskoy realizacii discipliny "Noksologija" pri podgotovke bakalavrov po napravleniju 280700 "Tehnosfernaja bezopasnost'". Materialy V Vserossijskogo soveshhanija zavedujushhijh kafedrami vuzov po voprosam obrazovanija v oblasti bezopasnosti zhiznedejatel'nosti i zashhity okruzhajushhej sredy, 30 sentjabrja — 6 oktjabrja 2013 g. / Pod red. A. A. Aleksandrova, V. A. Devisilova. Moskva: MG TU im. N. Je. Baumana. 2013. 286 p.

Новая книга! *New book*



Издательством "Юрайт" опубликовано учебное пособие д-ра техн. наук, проф. МАТИ — Российского государственного технологического университета им. К. Э. Циолковского П. Г. Белова "Управление рисками, системный анализ и моделирование", в котором излагается методология программно-целевого прогнозирования и регулирования рисков, сопутствующего функционированию человеко-машинных систем. При этом под риском подразумевается мера опасности, одновременно характеризующая и величину предполагаемого социально-экономического ущерба, и вероятность его причинения в конкретных условиях, а для оценки этих параметров риска рекомендуются наиболее современные графоаналитические и компьютерные модели.

В частности прогнозирование вероятности происшествий осуществляется с помощью различных причинно-следственных диаграмм типа "граф", "дерево" и "сеть", а ожидаемого от них ущерба — по специальным методам, учитывающим специфику каждого из четырех этапов универсальной декомпозиции соответствующего сложного процесса его причинения — неконтролируемое истечение, распространение, превращение и разрушительное воздействие аварийно высвободившихся потоков энергии или вредного вещества на незащищенные от них объекты.

Это издание представляет собой полное и систематизированное изложение соответствующей методологии, учитывающей новейшие результаты теории и практики в сфере исследования и совершенствования менеджмента рисков, восполняет большой пробел в отечественной учебной литературе и является одной из первых книг в этом жанре. Издание соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования четвертого поколения и допущено Учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для вузов. Оно предназначено для преподавателей вузов и студентов магистратуры, обучающихся по направлению 280700 "Техносферная безопасность", а также может быть использовано специалистами, интересующимися достижениями в области системного исследования и совершенствования менеджмента рисков.

В июле с. г. Петру Григорьевичу Белову исполнилось 70 лет. От имени редакции журнала "Безопасность жизнедеятельности" сердечно поздравляю юбиляра с этой датой и желаю ему дальнейших творческих успехов и всяческого благополучия!

Главный редактор журнала доктор технических наук, профессор

О. Н. Русак

e-mail: rusak-maneb@mail.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>

Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

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

Сдано в набор 04.08.14. Подписано в печать 11.09.14. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1014.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.