



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

4(100)
2009

Редакционный совет:

АКИМОВ В. А.
БАЛЫХИН Г. А.
БЕЛОВ С. В.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.
(председатель)
МАХУТОВ Н. А.
ПАВЛИХИН Г. П.
ПОПОВ П. А.
СИДОРОВ В. И.
СОКОЛОВ Э. М.
ТЕТЕРИН И. М.
ТИШКОВ К. Н.
УШАКОВ И. Б.
ФЕДОРОВ М. П.
ЧЕРЕШНЕВ В. А.
АНТОНОВ Б. И.
(директор издательства)

Главный редактор
РУСАК О. Н.

Зам. главного редактора
ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь
ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

ГЕНДЕЛЬ Г. Л.
ГРУНИЧЕВ Н. С.
ИВАНОВ Н. И.
КАЛЕДИНА Н. О.
КАРНАУХ Н. Н.
КАРТАШОВ С. В.
КАЧАНОВ С. А.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.
КСЕНОФОНТОВ Б. С.
КУКУШКИН Ю. А.
МАСТРЮКОВ Б. С.
МЕДВЕДЕВ В. Т.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ПОПОВ В. М.
СИДОРОВ А. И.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.
ФРИДЛАНД С. В.
ХАБАРОВА Е. И.
ЦХАДАЯ Н. Д.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

СОДЕРЖАНИЕ

Ванаев В. С., Русак О. Н., Павлихин Г. П. Сто номеров журнала "Безопасность жизнедеятельности" 2

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Алыков Н. М., Алыкова Т. В., Асанова Д. Р. Антиоксидантные свойства нового энтеросорбента 6

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Кусеев И. Р., Чиркова А. Г., Тляшева Р. Р., Буркина Е. Н. Создание метода управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли. . . 10

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Фашевская Т. Б., Якупова Л. М., Нафикова Э. Р. Использование искусственных нейронных сетей при прогнозировании качества речной воды 15

Ксенофонтов Б. С. Флотационная обработка угольной золы ТЭЦ 22

Соколов Э. М., Шейнкман Л. Э., Дмитриева Т. В., Чернова М. В., Дергунов Д. В. Исследование деградации фенольных соединений в водных системах под действием физико-химических факторов 25

Топольский Н. Г., Демехин Ф. В. Комплексная оценка эффективности автоматизированных систем противопожарной защиты предприятий нефтепереработки с использованием видеотехнологий 33

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Рубцов Д. Н., Сучков В. П., Рубцов В. В. Модель нагрева шпильки фланцевого соединения в пожаре 37

Хабибулин Р. Ш. Конечно-элементное моделирование теплового состояния резервуара в условиях воздействия лучистых тепловых потоков пожара 40

ОБРАЗОВАНИЕ

Иванова М. В., Волохина А. Т., Глебова Е. В., Прусенко Б. Е. Анализ существующих методов развития профессионально важных качеств и разработка методики их улучшения на примере рабочего персонала ООО "Газпром трансгаз Самара" 43

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

О национальном стандарте РФ ГОСТ Р ИСО 7243—2007 52

ИНФОРМАЦИЯ

"Создание и внедрение технологий сохранения жизнеобеспечивающих функций окружающей среды на основе инновационных разработок искусственного регулирования атмосферных осадков" 55

Приложение. Опыт ОАО "КБСМ" по созданию технологии "сухого" хранения отработавшего ядерного топлива

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

В. С. Ванаев, канд. техн. наук, доц.,
МГТУ им. Н. Э. Баумана,
О. Н. Русак, д-р техн. наук, проф.,
Санкт-Петербургская лесотехническая академия,
Г. П. Павлихин, д-р техн. наук, проф.,
МГТУ им. Н. Э. Баумана, председатель УМС "Терхносферная безопасность"

Сто номеров журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Посмотрев на обложку данного номера журнала, кто-то из читателей наверняка обратил внимание на то, что рядом с апрельским номером 4 в скобках стоит круглая цифра 100. Да, со дня выхода в свет первого номера журнала "Безопасность жизнедеятельности" в январе 2001 года прошло восемь лет и четыре месяца, в течение которых было издано ровно 100 номеров. Конечно, по сравнению с такими журналами, как "Охрана труда и социальное страхование" (основан в 1913 году) или "Безопасность труда в промышленности" (основан в 1932 году), срок небольшой. Тем не менее появление журнала "Безопасность жизнедеятельности" именно в это время объясняется объективными причинами. Он не мог появиться существенно раньше, поскольку является логическим следствием рождения новой научной дисциплины того же названия, способствует ее развитию и развивается вместе с ней.

Каковы же итоги этого развития, хотя бы и чисто внешние? Чтобы ответить на этот вопрос, был проведен количественный анализ содержания журнала за прошедшие годы. Конечно, оценить результаты научно-технических и учебно-методических показателей творческой работы тандема "журнал и его авторы" бухгалтерскими методами — то же самое, что пытаться действовать подобно Пушкинскому Сальери, который "поверил... алгеброй гармонию". Тем не менее такой анализ вызван не столько праздным интересом, сколько желанием выяснить и оценить основные тенденции и направленность в развитии журнала.

Таблица, приведенная ниже, дает представление об основных рубриках, в которых komponуются без малого полторы тысячи статей, организующих содержательно-тематическое пространство журнала. Из таблицы видно, что представленный в ней руб-

Количество статей, опубликованных по рубрикам в журнале "Безопасность жизнедеятельности" за период с января 2001 по декабрь 2008 года

Рубрика	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	$\sum_{i=1}^8$
1. Общие вопросы	8	12	11	6	6	7	3	3	56
2. Промышленная безопасность	20	19	18	15	11	5	13	16	117
3. Охрана здоровья населения	—	—	—	—	—	4	3	5	12
4. Охрана труда	—	—	—	—	—	—	—	9	9
5. Безопасность дорожного движения	—	—	—	—	—	6	1	2	9
6. Безопасность труда	11	12	12	20	10	20	13	2	100
7. Экологическая безопасность	25	32	23	29	24	31	21	39	224
8. Безопасность и надежность технических и технологических систем	—	—	—	1	2	—	1	3	7
9. Защита от шума и вибрации	—	—	—	—	4	—	—	—	4
10. Экономика и управление	2	—	1	—	—	—	—	—	3
11. Экономия ресурсов	—	—	—	—	—	—	—	1	1
11. Чрезвычайные ситуации	4	9	10	5	9	7	11	12	67
12. Управление БЖД	—	—	—	1	1	6	1	—	9
13. Возобновляемые источники энергии	—	—	—	—	—	1	1	1	3
14. Региональные проблемы безопасности	3	30	2	3	—	4	5	3	50
15. Представляем организацию	34—5	23—3	77—5	68—6	99—7	38—3	47—3	42—3	428—35
16. Отклики читателей	—	1	1	—	1	—	—	—	3
17. Читатели предлагают	—	2	1	—	—	—	—	—	3
18. Обсуждаем проблему	—	—	1	1	1	—	—	—	3
19. Письмо в редакцию	—	—	1	—	1	—	—	—	2
20. Образование	19	13	8	8	3	6	12	7	76
21. Стандартизация	4	—	11	11	5	6	15	7	59
22. Информатика	15	11	3	8	10	17	12	4	80
$\sum_{i=1}^{22}$	145	164	180	176	187	158	159	156	1325

риказатор достаточно условен и не является "прокрустовым ложем", в рамки которого "втискивается" тематика журнала. Отдельные рубрики меняются, появляются новые, но в основе своей содержание журнала соответствует тому назначению, которое было озвучено главным редактором С. В. Беловым в его первом номере (№ 1—2001 г.).

В обращении к читателям в январе 2001 года он отметил: "Ежемесячный научно-практический и учебно-методический журнал "Безопасность жизнедеятельности" создан в период становления в нашей стране нового научного направления, призванного обеспечить комфортные и безопасные условия деятельности, отдыха и быта людей в жизненном пространстве техносферы.

Журнал предназначен для освещения современного состояния, тенденций и перспектив развития нового научного направления "Безопасность жизнедеятельности", а также таких областей знаний, как промышленная безопасность, пожарная защита, безопасность труда, экологическая безопасность и защита в чрезвычайных ситуациях с акцентом на техногенные и антропогенные опасности".

В приведенной таблице указано количество публикаций по каждой рубрике на протяжении прошедших лет с 2001 по 2008 год. Нетрудно заметить, что наиболее популярными и устойчивыми рубриками являются *Промышленная безопасность*, *Безопасность труда* и *Экологическая безопасность*.

Приводя эти сведения, отметим, что при компоновке рубрики редакция часто находится в затруднении при отнесении конкретной статьи к какой-либо из них. В частности, этим вызвано эпизодическое включение таких рубрик, как, например, *"Защита от шума и вибрации"*. Действительно, кто (что?) подлежит защите от этих вредных воздействий? Это и защита производственного персонала ("безопасность труда"), это и защита окружающей среды, включая население ("экологическая безопасность"). Точно так же, можно считать случайным появление таких рубрик, как *"Безопасность дорожного движения"*, *"Охрана здоровья населения"*. С другой стороны, может вызвать удивление отсутствие рубрики *"Пожарная безопасность"*, хотя соответствующие статьи публикуются, но они отнесены в рубрику *"Чрезвычайные ситуации"*. В целом же отмеченная ситуация объясняется как недостатками работы редколлегии и редакции, так и нечеткостью существующих классификаторов.

Отметим также, что в журнале постоянно наполнены рубрики *Образование*, *Стандартизация* и *Информация*. Как правило, эти рубрики имеют особо

активных корреспондентов, которые регулярно дают необходимую информацию. К числу таких "собственных" корреспондентов относится, в частности, А. Ф. Козьяков, профессор кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Он почти полностью обеспечивает нужными материалами рубрику *Стандартизация*, знакомя читателей с новыми нормативными документами и соответствующими комментариями к ним.

Оправдало себя введение специальной рубрики *Представляем организацию*. Статистика этой рубрики в таблице представлена двумя цифрами, первая из которых обозначает общее число статей в рамках данной рубрики по всем представленным организациям за год, вторая цифра — число представленных организаций. В рамках рубрики читатель не только знакомится со спецификой организации, но и получает представление о научно-технических интересах ее сотрудников, знакомясь с их публикациями, которые внутри рубрики *Представляем организацию* распределяются по рубрике, принятому в журнале в целом. Объем публикаций по конкретной организации либо занимает какую-то часть журнала, либо, как это бывает чаще, номер журнала полностью посвящается одной организации, что связано во многих случаях с юбилейными датами или какими-либо иными заметными событиями.

Всего по январь 2009 г. в журнале представлено 24 организации, в том числе 15 вузов (МГТУ им. Баумана — дважды), 8 НИИ. Специальный номер был посвящен 15-летию Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Эта практика будет продолжена.

На наш взгляд, оправдало себя и направление, которое можно назвать "Представляем территорию" (регион, субъект федерации). За неполных 5 лет (первый выпуск такого рода — по Вологодской области — датируется апрелем 2004 года). Всего издано 8 таких номеров (кроме Вологды, это Башкирия (2 выпуска), Татарстан, Санкт-Петербург, Ростовская, Челябинская и Томская области). Региональные выпуски, в подготовке которых, как правило, участвует администрация соответствующей территории, позволяют укрепить связи с научными и образовательными учреждениями, довести до читателей журнала свой опыт.

Есть и тревожные тенденции, проявляющиеся в сокращении непосредственных контактов читателей с журналом, которые в первые годы его функционирования составляли содержание таких рубрик, как *Отклики читателей*, *Читатели предлагают*, *Обсуждаем проблему*, *Письмо в редакцию*.



С июля 2003 года информационная емкость журнала существенно возросла (почти на 50 %). Журнал стал выходить с ежемесячным отдельным приложением на 24 страницах. Апрельский, 100-й номер журнала за 2009 год сопровождается уже 70-м выпуском приложения. Научно-практические и учебно-методические материалы, составляющие содержание приложений, по объему выходят за пределы обычных журнальных статей и образуют несколько циклов, как-то: *Школа БЖД, Методические указания по защите от конкретных опасных и вредных факторов, Лабораторные практикумы*. Есть и выпуски, не входящие в указанные циклы.

Ряд приложений посвящен актуальным проблемам, постоянно находящимся последнее время в центре внимания органов власти различных уровней, общественных организаций: "Киотский протокол и Россия" (№ 2—2005); "Ядерная энергетика: проблемы безопасности и перспективы развития" (№ 10—2005); "Возобновляемая энергетика: современное состояние и необходимость развития" (№ 4—2006).

Подводя некоторые итоги работы журнала, отметим, что он входит в "Перечень ведущих и рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук". Это стимулирует ученых всех возрастов, а в первую очередь молодежь, помещать в данном журнале свои публикации.

ВАКовский статус журнал имеет с 2003 года, но если до известного решения ВАК 2006 года в публикациях в журнале были заинтересованы специалисты практически всех отраслевых направлений, занимающихся вопросами безопасности деятельности человека и экологии и их фундаментальными основами, то теперь эта заинтересованность резко сократилась — это химия, машиностроение, энергетика, нефть и газ (а почему, например, не уголь?). Результат — преобладание публикаций именно по этим направлениям. Поэтому журнал заинтересован в расширении ВАКовских полномочий по отраслям, чтобы уменьшить профессиональное однообразие организаций, пользующихся услугами журнала, в таком широко-профессиональном вопросе, как безопасность жизнедеятельности.

Конечно, практически невозможно отследить, какие публикации планировались или уже завершились диссертационной работой. Специально такие специфические данные не собирались. Есть только отдельные примеры. Так, в письме начальника Государственного научно-исследовательско-

го и испытательного института военной медицины академика РАМН, чл.-корр. РАН И. Б. Ушакова на имя Председателя ВАК академика М. П. Кирпичникова отмечалось, что в публикациях журнала были помещены материалы, по которым впоследствии было защищено 6 диссертаций на соискание ученой степени доктора медицинских наук, 4 — доктора технических наук.

В этом письме содержалась просьба вернуть журналу полномочия публиковать материалы диссертаций по наукам, отнесенным к группе специальностей 05.26.00, независимо от отраслевой направленности. К сожалению, письмо осталось без ответа.

Кроме того, принимая во внимание достаточно тесные контакты журнала с кафедрой "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана, можно в качестве примера привести несколько фамилий корреспондентов кафедры, публикации которых носят исключительно целевой характер. Многочисленные публикации Гражданкина А. И. (№ 1, 4—2001, № 6, 11—2002), бывшего аспиранта кафедры, завершились успешной защитой кандидатской диссертации. Продолжают работать над диссертацией или уже завершили работу над ней Перездчиков И. В., Комкин А. И., Девисилов В. А., Мягков И. А., Козодаев А. С., Морозов С. Д., Капитонова С. Д., Таранов Р. А. и др.

Не случайно в статье, посвященной журналу, упоминается столько сотрудников конкретной кафедры МГТУ им. Н. Э. Баумана. Дело в том, что у истоков рождения журнала стоял заведующий кафедрой "Экология и промышленная безопасность" МГТУ Сергей Викторович Белов. Не покривив душой, можно сказать, что создание журнала было его заветной мечтой, которую он в содружестве со сподвижниками успешно воплотил в жизнь. Но мало создать периодический печатный орган, необходимо сформулировать концепцию его существования в уже имеющемся информационном поле и обеспечить его бесперебойную работу в рамках этой концепции. Это огромная и напряженная работа, требующая непосредственного участия главного редактора. В первую очередь это вопросы, связанные со становлением и развитием новой научной дисциплины "Безопасность жизнедеятельности". О том, какая огромная работа была проведена, свидетельствуют публикации Сергея Викторовича за период существования журнала, а их более 20.

Впрочем, дело не в количестве публикаций. Некоторые коллеги профессора С. В. Белова по издательской деятельности куда плодовитее. Важно то, что подавляющая часть персональных публикаций



Сергея Викторовича посвящена концептуальным вопросам создания и развития новой научной и учебной дисциплины.

Большое значение имело и то, что, руководя работой журнала, С. В. Белов являлся Председателем Учебно-методического совета "Техносферная безопасность" Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию и Научно-методического совета "Безопасность жизнедеятельности" Министерства образования и науки РФ. Его авторитет среди специалистов в области безопасности жизнедеятельности и смежных научных направлений по-прежнему высок.

Трудно переоценить роль С. В. Белова в становлении журнала. К сожалению, в январе 2008 года Сергей Викторович был вынужден оставить место главного редактора в связи с уходом на пенсию по болезни, но продолжает принимать активное участие в работе журнала, являясь членом редакционного совета. Так, под его редакцией на страницах журнала опубликован словарь-путеводитель "Безопасность жизнедеятельности. Терминология" (№ 11, 12—2006; № 1—3, 7, 8, 11, 12—2007, № 2—6, 9—12—2008, № 1—2009).

Журнальные публикации С. В. Белова, как правило, находят свое логическое завершение в издании учебников и учебных пособий. В первую очередь это учебник "Безопасность жизнедеятельности", издаваемый как для вузов, так и для студентов средних профессиональных учебных заведений. Готовится к изданию учебное пособие "Введение в специальность". Материалы словаря опубликованы в виде учебного пособия для студентов высших учебных заведений в двух изданиях: в кратком варианте в МГТУ и в полной версии в издательстве КноРус.

В январе 2008 года исполняющим обязанности главного редактора журнала стал Борис Ефимович Прусенко, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Промышленная безопасность и охрана окружающей среды" Российского Государственного Университета нефти и газа им. И. М. Губ-

кина. К сожалению, он занимал эту должность всего пять месяцев. В мае того же года его не стало.

С июня 2008 года главным редактором журнала "Безопасность жизнедеятельности" стал один из авторов этой статьи*.

Каковы же ближайшие задачи, которые стоят перед журналом?

В 2009 году наряду со ставшими уже привычными направлениями работы и тематикой в журнале могут появиться новые разделы и рубрики. Это связано, в частности, с преобразованием высшей школы, изменениями в законодательстве, необходимостью учета европейской и мировой практики. Объективно необходимо усилить критическую составляющую содержания журнала. Требуется научный анализ: государственной политики в области охраны труда; организации статистического учета; эффективности массовых мероприятий, проводимых в стране, и сравнение их с зарубежной практикой (аттестация рабочих мест, обучение); роли федеральных органов власти; учебников, учебных пособий, монографий, публикуемых статей и других материалов".

Итак, вышел сотый номер журнала "Безопасность жизнедеятельности", ничем не отличающийся внешне от всех остальных номеров. Но этот маленький повод позволяет на секунду остановиться и бросить взгляд на прошлые годы с тем, чтобы, учтя ошибки и недостатки, увереннее пойти дальше. Успешное функционирование любого периодического научно-технического издания заключается в заинтересованности журналом его читателей и авторов. Можно пожелать журналу только одного — чтобы этот круг ширился, а контакт взаимной заинтересованности становился надежнее и прочнее.

* Олег Николаевич Русак, доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургской лесотехнической академии, Президент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности.

АНОНС!

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

В. А. Бузановского

**"СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
(ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ)"**

УДК 54-414

Н. М. Алыков, д-р хим. наук, проф., **Т. В. Алыкова**, канд. хим. наук, **Д. Р. Асанова**, Астраханский государственный университет

Антиоксидантные свойства нового энтеросорбента

В статье приведены результаты изучения нового энтеросорбента, представляющего собой опоки, на которых сорбированы ферменты-антиоксиданты.

Ключевые слова: энтеросорбенты, антиоксиданты, опоки.

Alykov N. M., Alykova T. V., Asanova D. R.
Antioxidant properties new the enterosorbent.

In article results of studying new enterosorbent, representing opoks, on which occluded enzymes — antioxidants are resulted.

Keywords: enterosorbents, antioxidants, opoks.

Актуальнейшей задачей сегодняшнего дня является защита населения от природных и техногенных катастроф, связанных с любыми видами возникновения в окружающей среде различного вида оксидантов, в том числе и пероксидных соединений, которые появляются при увеличении радиационного фона. При нарушении технологического режима работы химических, нехимических предприятий и газоперерабатывающих предприятий в окружающей среде — в воздухе, воде и почвах наблюдается резкое превышение содержания оксидантов, в основном пероксидных соединений.

Избыточное содержание кислорода и его активных радикалов вызывает радикально-цепные процессы окисления в клетках организма, приводя к значительным нарушениям в них нормальных процессов метаболизма.

Фармакологическая коррекция оксидативного стресса осуществляется с помощью биологически активных веществ, в частности антиоксидантов.

Одним из способов защиты населения от различных оксидантов является использование энтеросорбентов, в состав которых входят и мощные биологические антиоксиданты.

Антиоксидантными свойствами обладают витамины F, Q, E. Наиболее широко рекламируется витамин E как антиоксидант, но это не фермент, воздействие его на окислители незначительно, поэтому для случаев защиты организма от внешних воздействий в больших масштабах эти препараты, в том числе витамин E, непригодны. Между тем энтеросорбент с антиоксидантными функциями должен дезактивировать значительные количества различных пероксидных соединений.

Мощным антиоксидантом является аскорбиновая кислота, но уровень воздействия этого препарата зависит от количества, поступающего в организм.

Весьма актуально создание энтеросорбентов с жесткофиксированными антиоксидантами, которые обладали бы ферментативными свойствами, так как жесткофиксированные ферменты не высвобождаются в процессе использования.

Целью данной работы явилось создание и изучение энтеросорбента с антиоксидантными свойствами.

Экспериментальная часть

В качестве основы энтеросорбента использовали природный алюмосиликат (опока Астраханской области), имеющий следующий состав, %: SiO_2 — 75...80, Al_2O_3 — 22...18, Fe_2O_3 — 0,5...1, H_2O — 0,2...0,5, CaSO_4 — 0,3...0,5, CaCO_3 — 0,12...0,8 [1]. Опока обладает высокой сорбционной емкостью по отношению к большой группе органических и неорганических соединений.

Сорбенты из опок в различной степени диспергирования, не подверженные какой-либо химической обработке, просто размоленные и отсеянные по размерам частиц, получили название СВ-1 (50...300 нм), СВ-2 (0,01...0,03 мм), СВ-4 (2...5 мм), СВ-10 (8...12 мм), где цифры в скобках — ориентировочные диаметры частиц.

Для получения энтеросорбента с антиоксидантными свойствами использовали сорбент СВ-1. Для улучшения сорбционной способности по отношению к пероксидным соединениям сорбентом СВ-1 адсорбировали из водных вытяжек растительного материала антиоксиданты, такие как пероксидаза, каталаза и аскорбиновая кислота. В качестве растительного материала был использован картофель, однако также можно использовать репу, плоды арахиса, корни хрена и др.

Первая стадия получения энтеросорбента. Сорбент СВ-1 получали так: размалывали опоки до состояния пудры, далее высыпали эту пудру в воду (соотношение пудра : вода = 1 : 10 по массе), интенсивно перемешивали, перемешивание прекращали и через 20 с сливали верхнюю часть жидкости (2/3 объема) в другую емкость, где оставляли на 25 мин, далее жидкость отбрасывали, оставшийся на дне емкости осадок переносили на стеклянную поверхность и высушивали в токе воздуха (комнатный вентилятор) при 20...35 °С.



Сухой остаток переносили в фарфоровую чашку и выдерживали в сушильном шкафу 6 ч при температуре 100...105 °С. Полученный сорбент помещали в склянку с плотно притертой пробкой. Этот сорбент можно использовать как основу для получения самых различных комбинированных энтеросорбентов.

Вторая стадия получения энтеросорбента. Картофель хорошо промывали водой, измельчали (можно использовать любое измельчающее средство, например мясорубку), полученный измельченный материал смешивали с водой в соотношении материал : вода = 1 : 5, выдерживали при постоянном перемешивании 5 ч при температуре 10...20 °С, отстаивали 5 ч при 10 °С, осторожно декантировали с остатка размолотого материала жидкость и фильтровали ее через бязевый фильтр.

К фильтрату вносили сорбент СВ-1 в соотношении фильтрат : сорбент = 5 : 1, выдерживали смесь при постоянном перемешивании 5 ч при температуре 5...10 °С, сливали с сорбента жидкость, сорбент промывали водой, для этого в остаток в сосуде вносили 10 объемов воды примерно к одному объему сорбента (все это ориентировочно), перемешивали 2 ч при 5...10 °С, отстаивали 5 ч и сливали жидкость с сорбента.

Мокрый сорбент переносили на стеклянную поверхность так, чтобы стекло лежало с небольшим (4...5°) наклоном. При этом избыток влаги легко сходит с сорбента. Сорбент высушивали в токе воздуха до воздушно сухого состояния (влажность около 5 %) и упаковывали в склянку с притертой пробкой.

Сорбент СВ-1 сорбирует на своей поверхности, которая составляет 800 м²/г, пероксидазу, каталазу, ряд других ферментов, витамин С и некоторые другие витамины, калий, железо и др. из водной вытяжки картофеля. Сорбент назван СВ-1-АО.

Готовый энтеросорбент СВ-1-АО представляет собой серый порошок без запаха и вкуса. В воде и биологических жидкостях не растворяется.

Испытание антиоксидантных и сорбционных свойств энтеросорбента СВ-1-АО

Реактивы. При испытаниях использованы: кислота серная химически чистая, нормальный водный раствор; иодид калия химически чистый 0,01-нормальный раствор; тиосульфат натрия х. ч., 0,01 М-ный водный раствор; пероксид водорода химически чистый, 0,05 М-ный водный раствор.

Оборудование. Посуда мерная стеклянная. Центрифуга лабораторная ЦНЛ; концентрационный фотокориметр КФК-3Ц, иономер "Эконикс-эксперт-001" и ионоселективные электроды (рН, Fe(III), Hg²⁺, Zn²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, NH₄⁺ и др.).

Антиоксидантные свойства. Методика испытания антиоксидантных свойств основана на реакции

Таблица 1

Результаты испытаний антиоксидантных свойств СВ-1-АО

Объем n 0,05 М H_2O_2 , см ³	Объем пошедшего на титрование 0,01 М $Na_2S_2O_3$, см ³		
	Без сорбента	Энтеросорбент СВ-1-АО	Сорбент СВ-1
0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,50	0,10	0,45
0,20	0,98	0,20	0,92
0,40	1,90	0,30	1,60
0,80	3,80	0,60	3,40
1,00	4,70	1,10	4,40
5,00	23,20	5,40	20,50
10,00	44,50	10,20	42,20

взаимодействия пероксидазы, каталазы или витамина С, находящихся на поверхности СВ-1-АО, с пероксидом водорода, при этом протекают реакции с образованием воды или кислорода.

О количестве пероксида водорода H_2O_2 судят по количеству тиосульфата натрия, идущего на титрование элементарного йода, который образуется количественно при окислении йодистоводородной кислоты ($KJ + H_2SO_4$) пероксидом водорода.

Выполнение опытов. В мерную колбу емкостью 100 см³ вносили n см³ 0,05 М-ного раствора пероксида водорода, 50 см³ дистиллированной воды и 1 г СВ-1-АО. Встряхивали 5 мин, давали отстояться, отбирали 25 см³ осветленной верхней части раствора в другую колбу емкостью 100 см³. В отобранную пробу вносили 1 см³ 0,1-нормального раствора иодида калия, 2 см³ 2-нормального серной кислоты, 2 капли 1 %-ного водного раствора молибдата аммония и 3 капли раствора крахмала. Через 1 мин оттитровывали выделившийся йод 0,01 М-ным раствором тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$.

В качестве холостой пробы использовали систему аналогичных растворов, но энтеросорбент не использовали или использовали сорбент СВ-1 (табл.1).

В опыте были использованы разные концентрации пероксида водорода. Результаты испытаний показали, что во всех случаях хорошо проявлялись антиоксидантные свойства энтеросорбента СВ-1-АО.

Изотермы сорбции. Для выяснения влияния температуры на антиоксидантные свойства энтеросорбента СВ-1-АО проводили следующие опыты: в серию колб емкостью 100 см³ вносили 0; 0,05; 0,10; 0,20; 0,40; 0,60; 1,0; 2,0; 5,0; 10 см³ 0,05 М-ного раствора H_2O_2 и доводили объемы всех растворов водой до 50 см³. Во все колбы вносили по 1 г энтеросорбента СВ-1-АО, перемешивали растворы 5 мин, отстаивали и отбирали по 25 см³ верхнего осветленного слоя в другие 10 колб, в которые вносили по 1 см³ 0,1 нормального раствора иодида калия, 2 см³ 2-нормальной серной кислоты, 2 капли 1 %-ного водного раствора молибдата аммония и 3 капли рас-

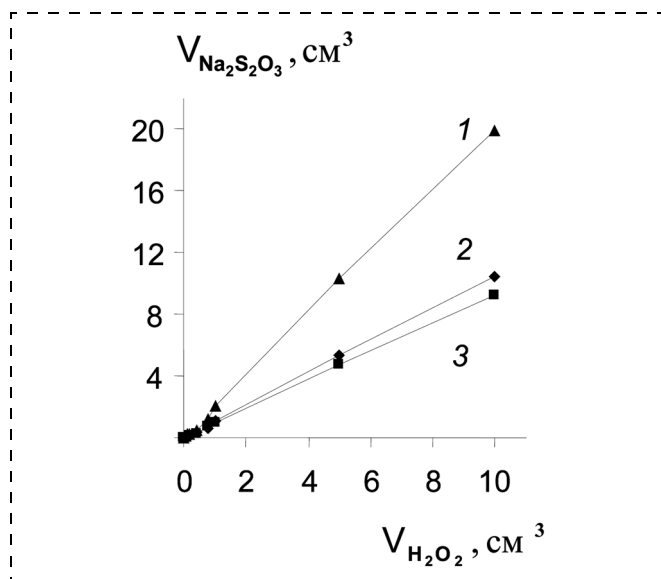


Рис. 1. Изотермы дезактивации пероксида водорода энтеросорбентом СВ-1-АО:

1 – 5 °С; 2 – 25 °С, 3 – 40 °С

твор крахмала. Через 1 мин оттитровывали выделившийся йод 0,01 М раствором тиосульфата натрия. Опыты проводили при 5, 25 и 40 °С (рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что дезактивация пероксида водорода под действием энтеросорбента СВ-1-АО усиливается при повышении температуры.

Влияние энтеросорбента СВ-1АО на скорость разложения пероксида водорода. За скоростью разложения пероксида водорода в присутствии энтеросорбента СВ-1-АО следили по уменьшению концентрации H_2O_2 по времени. Для этого в колбу емкостью 500 см^3 вносили 50 см^3 0,05-нормального раствора H_2O_2 , доводили объем дистиллированной водой до 500 см^3 и термостатировали раствор (5 и 25 °С). В раствор с установившейся температурой вносили 20 г энтеросорбента, одновременно включали секундомер, содержимое колбы интенсивно перемешивали, отбирая пробы по 30 см^3 через определенные интервалы времени, центрифугировали отобранные смеси 2 мин при скорости 300 мин^{-1} . Пробы отби-

Таблица 2

Результаты изучения скорости разложения пероксида водорода

Время, с	Объем пошедшего на титрование 0,01 М $Na_2S_2O_3$, $см^3$	
	5 °С	25 °С
0,0	38,00	38,00
5,0	36,80	31,50
10	35,90	30,90
60	14,20	13,10
120	5,20	4,80
240	3,40	2,20
360	2,10	1,30
600	0,34	0,20

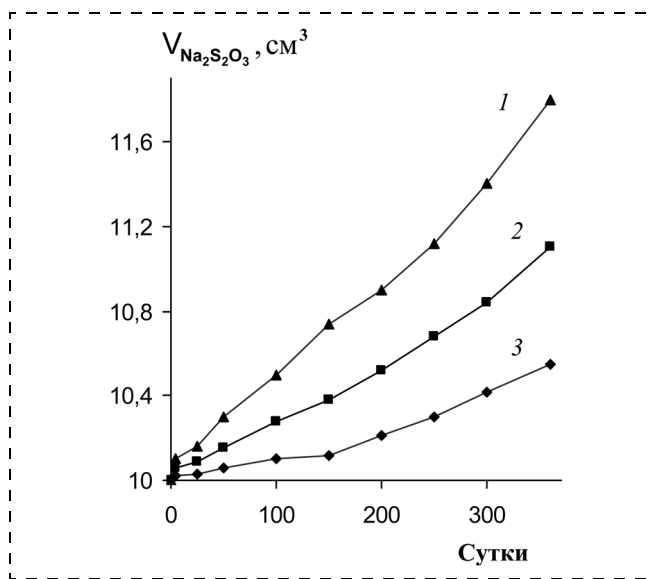


Рис. 2. Потеря антиоксидантных свойств энтеросорбентом СВ-1-АО со временем:

1 – (+25 °С); 2 – (+5 °С); 3 – (-12 °С)

рали тотчас (до внесения энтеросорбента) и через 5; 10; 60; 120; 240; 360; 600 с.

В осветленных центрифугированием растворах определяли содержание H_2O_2 по методике, описанной в предыдущих опытах. Результаты приведены в табл. 2.

Из этих данных видно, что скорость разложения H_2O_2 при разных температурах достаточно высока.

Потеря антиоксидантных свойств энтеросорбентом СВ-1-АО со временем. Как и всякие ферментные препараты, полученный энтеросорбент необходимо хранить при низких температурах. За основу была взята температура +5 °С и для сравнения –12 °С и +25 °С.

Антиоксидантную активность энтеросорбента определяли тотчас, через 1 день, а далее через 5, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300 и 360 суток, для чего использовали реакцию окисления пероксидом водорода йодистоводородной кислоты и титрование йода тиосульфатом натрия. Результаты изучения приведены на рис. 2.

Согласно полученным данным энтеросорбент СВ-1-АО снизил свою антиоксидантную активность при 25 °С на 70 %, при 5 °С на 15 %, при минус 12 °С на 5 %.

Способность энтеросорбента СВ-1-АО к сорбции ионов тяжелых металлов. Как уже было отмечено, сорбенты, получаемые из опок, обладают способностью сорбировать из водных растворов различные ионы металлов. Но как поведет себя энтеросорбент СВ-1-АО, остались ли на поверхности его частиц активные вакантные места после того как ферменты — антиоксиданты уже адсорбированы? Для ответа на эти вопросы была использована ионометрия.

Таблица 3
Сравнительные данные по сорбционной емкости сорбентов СВ-1-АО и СВ-1 по отношению к ионам металлов

Ионы металлов	Концентрация металлов в исходных растворах, мг/дм ³	Концентрация металлов в таких же растворах после сорбции, мг/дм ³	
		СВ-1	СВ-1-АО
Pb ²⁺	0,0	—	—
	1,0	0,03	0,03
	5,0	0,03	0,03
	10,0	0,05	0,07
Hg ²⁺	0,0	—	—
	1,0	0,01	0,01
	5,0	0,01	0,01
	10,0	0,02	0,02
Cd ²⁺	0,0	—	—
	1,0	0,01	0,01
	5,0	0,01	0,01
	10,0	0,02	0,02
Zn ²⁺	0,0	—	—
	1,0	0,01	0,01
	5,0	0,01	0,01
	10,0	0,02	0,02
Cu ²⁺	0,0	—	—
	1,0	0,05	0,05
	5,0	0,05	0,05
	10,0	0,08	0,08
Fe(III)	0,0	—	—
	1,0	0,01	0,01
	5,0	0,01	0,01
	10,0	0,01	0,01

Приготавливали градуировочные растворы для отдельных ионов с концентрациями 10^{-9} ; 10^{-8} ; 10^{-7} ; 10^{-6} ; 10^{-5} ; 10^{-4} ; 10^{-3} моль/дм³ и измеряли потенциалы растворов. Строили градуировочные графики в координатах потенциал — рС. Далее во все растворы вносили энтеросорбент СВ-1-АО (1 г/50 см³), перемешивали 5 мин, давали отстояться, отбирали по 25 см³ каждого раствора и вновь фиксировали показания иономера.

Для сравнения такую же работу проводили с использованием исходного сорбента СВ-1 (табл. 3). Из таблицы видно, что новый энтеросорбент с антиоксидантными функциями сохраняет сорбирующие свойства сорбента СВ-1 по отношению к ряду ионов металлов.

Испытание энтеросорбента СВ-1-АО на биологических объектах. Энтеросорбент СВ-1-АО — это твердый компонент, в воде и биологических жидкостях не растворяется. Вероятно, его использование может ограничиваться защитой желудочно-кишечного тракта. Задачей исследований в данном направлении было выяснение возможности дезактивации пероксида водорода в желудочно-кишечном тракте животных при применении энтеросорбента СВ-1-АО (опыт) и при применении сорбента СВ-1, т. е. сорбента, не обладающего антиоксидантными свойствами (контроль).

Объектом исследования были крысы, самцы-альбиносы, 12 шт., с массой 130...135 г каждая.

Для проведения опытов овес выдерживали в растворе пероксида водорода. При этом происходила частичная адсорбция H₂O₂ зернами овса. После того как корм был вымочен в водном растворе H₂O₂, навеску овса вымачивали в воде, далее йодометрическим титрованием тиосульфатом натрия определяли содержание пероксида водорода в корме (мг/г). За 10 ч после обработки содержание пероксида водорода в зернах уменьшается примерно вдвое, а за 2 ч — на 5 %. Отдельно приготавливали кашу энтеросорбента СВ-1-АО (5 г на 20 см³ воды) и в эту кашу вносили 100 г чистого овса. Также приготавливали кашу с сорбентом СВ-1 (5 г на 20 см³ воды), в которую также вносили 100 г чистого овса. Овес в обоих случаях постоянно перемешивали, далее расстилали на стекле и подсушивали с использованием вентилятора.

Животные были разделены на три группы.

Одна группа (4 шт.) содержалась в обычных условиях и получала ничем не обработанный корм (контроль I).

Второй и третьей группе скармливали половину нормы овса, обработанного пероксидом водорода. Через 1 ч четверем крысам давали овес, обработанный сорбентом СВ-1 (контроль II), а оставшимся четверем — овес, обработанный энтеросорбентом СВ-1-АО (опыт).

Опытная группа, как и контрольная II, в течение 3 ч, в отличие от контрольной группы I, была вялой, с некоторой заторможенностью в движениях. Далее поведение опытных животных стало вполне нормальным, а в контрольной группе II животные оставались вялыми. Через 10 ч погибли три крысы из контрольной группы II. В последующие сутки поведение опытных и контрольных животных стало идентичным, гибель животных не наблюдалась, все три группы демонстрировали одинаковые поведенческие реакции.

Таким образом, создан новый энтеросорбент с антиоксидантными свойствами, который является экологически чистым. Сами опоки не содержат каких-либо токсичных компонентов, радиационно безопасны и используются для очистки воды хозяйственно-питьевого назначения. Растительные антиоксиданты в достаточных количествах находятся в клубнях картофеля, в корнях хрена, в зернах арахиса.

Список литературы

1. **Альков Н. М.** Опоки Астраханской области: Монография / Н. М. Альков, Н. Н. Альков, Т. В. Алькова, Н. И. Воронин, В. И. Кляев, К. Ю. Садомцев. — Под ред. проф. Н. М. Алькова. — Астрахань. — Изд. дом "Астрах. ун-т", 2005. — 140 с.
2. **Балезин С. А.** Практикум по физической и коллоидной химии: Учеб. пос. для студентов. — М.: Просвещение, 1980. — 271 с.

УДК 658.345

И. Р. Кузеев, д-р техн. наук, проф., **А. Г. Чиркова**, канд. техн. наук, доц.,
Р. Р. Тляшева, канд. техн. наук, доц., **Е. Н. Буркина**, асп.,
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Создание метода управления промышленной безопасностью опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли

Статья посвящена решению проблем обеспечения промышленной безопасности. Предложены показатели "интегральный параметр", позволяющий получить числовое значение совокупной опасности для каждого объекта системы, и "обобщенный интегральный параметр". На примере адсорбционной газофракционирующей установки приводится решение задач по ранжированию оборудования по степени опасности, а также оценке тяжести последствий возможных аварийных ситуаций.

Ключевые слова: система управления безопасностью, риск, интегральный параметр опасности, прогнозирование последствий аварии, "принцип домино", ущерб, прямые потери.

Kuzeev I. R., Chirkova A. G., Tlyusheva R. R., Burkina E. N. Development of industrial safety management method for hazardous installations in petroleum industry.

The article is dedicated to solution of industrial safety assurance problems. Integral parameter and generalized integral parameter are suggested which allows to take numerical value of combined hazard for each system object. By the example of adsorption gas fractionation plant reduced to tasks decision by equipment rang into hazard degree, estimation possible accident with serious consequence.

Keywords: safety management system, risk, integral parameter of hazard, accident consequence prediction, "dominoes principle", damage, real loss.

Современные объекты инфраструктуры и техно-сферы включают в себя десятки тысяч опасных производств, сотни тысяч опасных технологических установок, сотни тысяч километров магистральных и технологических трубопроводов, разветвленные системы коммуникаций. В связи с этим исследования в области поддержания и повышения уровня технического регулирования производственной сферы по критериям безопасности, надежности, эффективности и ресурса, призванные обеспечить приемлемый уровень защищенности объектов инфраструктуры и населения, становятся все более важной задачей науки, органов государственного управления и надзора, специалистов научных организаций и промышленных предприятий.

С точки зрения менеджмента предприятий процесс мониторинга опасных производственных объектов (ОПО) носит затратный характер и естественно подвергается минимизации. С другой стороны, возникло большое число коммерческих организаций, функционирование которых связано с технической диагностикой и мониторингом, а их естественное стремление — получение прибыли. Это противоречие приводит, в основном, к обсуждению ценовой политики, а не к улучшению качества мониторинга. Такое положение дел требует создания большого числа нормативных документов (практически на каждый вид оборудования) и содержания большого числа сотрудников надзорных органов. А реальность такова, что требуемый уровень безопасности сложных технических систем (СТС) не обеспечивается и число аварий и техногенных катастроф не уменьшается [3].

Изменить ситуацию можно, если ответственными за процесс регулирования промышленной безопасности будут руководители предприятия. Движущей силой этого процесса может быть, например, возмещение в случае катастрофического разрушения ущерба людям и окружающей среде по величине ущерба, сопоставимого с прибылью. При этом должен соблюдаться баланс между страховыми выплатами за причинение вреда при эксплуатации ОПО и затратами на модернизацию производства с целью уменьшения риска его эксплуатации. Основной фактор, определяющий эффективность этой системы, — ее экономическое стимулирование путем гибкого изменения суммы страховых платежей по предприятию с учетом фактических результатов работ, направленных на предотвращение техногенных рисков с целью минимизации вероятных убытков от возможной аварийной ситуации.

Альтернативным методом реализации поставленной цели является система управления безопасностью СТС, однако ее созданию препятствуют:

- отсутствие комплексной методики, позволяющей адекватно оценивать техническое состояние конкретного ОПО;
- отсутствие достоверного прогноза последствий аварий;
- отсутствие систематизированной информации об авариях, их причинах, цепи развития и последствиях;



— отсутствие доступных для восприятия и понимания показателей безопасности, позволяющих выявлять на основе сравнительного анализа "слабые" места в промышленном процессе;

— несовершенная система нормативно-правового обеспечения, перенос акцента с установления конкретных технических требований промышленной безопасности на установление ориентируемого нормирования, организационных и экономических критериев;

— относительность величин ущербов (убытков), рассчитанных по существующим методикам, и отсутствие таких методик.

Рассмотрим варианты решения первой и четвертой из перечисленных проблем.

На сегодняшний день одним из основных показателей опасности является риск. Согласно ISO/EC Guide 73 риск — это комбинация вероятности события и его последствий, величина которого определяется по статистическим данным или рассчитывается с помощью имитационных моделей, включающих количественные показатели:

— ущерб от воздействия того или иного опасного фактора;

— вероятность возникновения опасного фактора;

— неопределенность в величинах ущерба и вероятности.

С точки зрения наглядности полной и объективной оценки опасности СТС и удобства для дальнейшего анализа с целью принятия управленческих решений предпочтительно использование так называемого показателя **интегрированного риска**, в основу которого положены критерии опасности производственных объектов, изложенные в Федеральном законе № 116 [1], в сочетании с фактором надежности конкретного оборудования [4].

Интегральный параметр опасности предлагается рассчитывать по формуле:

$$I = M_1q_1 + M_2q_2 + M_3q_3 + M_4q_4, \quad (1)$$

где M_1 , M_2 , M_3 и M_4 — коэффициенты весомости соответственно факторов пожароопасности q_1 , взрывоопасности q_2 , химической опасности (токсичности) q_3 и эксплуатационной надежности (отказа) q_4 с учетом компетентности эксперта (табл. 1).

Фактор пожароопасности определяется для каждого аппарата как отношение количества опасного вещества к его пороговому количеству (w_1) согласно ФЗ № 116 с учетом степени перегретости пожароопасного вещества s_1 , представляющей собой отношение температуры вещества при регламентированной работе аппарата к температуре воспламенения этого вещества с учетом давления. Таким образом, фактор пожароопасности определяется по формуле:

$$q_1 = w_1s_1. \quad (2)$$

Фактор взрывоопасности каждого вида оборудования равен отношению количества взрывоопасного вещества к пороговому количеству этого вещества w_2 по ФЗ № 116 с учетом степени взрывоопасности вещества s_2 , которая определяется по табл. 2. Фактор взрывоопасности определяется по формуле:

$$q_2 = w_2s_2. \quad (3)$$

В случае если по условиям технологического процесса в аппарате одновременно находятся несколько горючих и взрывоопасных веществ, отличающихся друг от друга взрывопожароопасными свойствами, расчет параметров пожароопасности и взрывоопасности проводят отдельно для каждого вещества и полученные параметры, соответственно, суммируют.

Для установления фактора химической опасности (токсичности) в каждом аппарате определяются

Таблица 1

Коэффициенты весомости факторов, составляющие интегральный параметр опасности

Оборудование	Факторы опасности			
	Пожароопасность	Взрывоопасность	Химическая опасность (токсичность)	Эксплуатационная надежность (отказ)
Колонное	0,262	0,408	0,173	0,157
Емкостное	0,298	0,347	0,181	0,173
Теплообменное	0,270	0,339	0,211	0,18
Печное	0,402	0,256	0,151	0,191
Трубопроводы	0,317	0,285	0,207	0,19
Насосное	0,257	0,241	0,199	0,303
Компрессорное	0,208	0,288	0,161	0,343

Таблица 2

Классификация взрывоопасных смесей по группам взрывоопасности

Группа взрывоопасных смесей	Температура самовоспламенения, °С	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь	s_2
T1	Свыше 450	Метан (рудничный), аммиак, ацетон, бензол; метан (промышленный), изобутан, изобутилен, изопропилбензол, пропан; разбавитель РЭ-1; сольвент нефтяной, стирол толуол, углерода оксид, уксусная кислота, хлорбензол, циклопентadiен, этан, этилхлорид	1/6
T2	300...450	Бензин Б-95, бутан, бутиловый и третбутиловый спирты, изооктан, изопентан, изопропиламин, пропилен, этилбензол	2/6
T3	200...300	Бензин Б-78, гексан, гептан, дизельное топливо, керосин, нефть, пентан, циклогексан	3/6
T4	135...200	Декан, тетраметилдиаминметан	4/6
T5	100...135	Сероуглерод	5/6
T6	85...100	—	1



Таблица 3

Показатели надежности оборудования

Оборудование	Средняя наработка на отказ, сутки
Колонное	499
Теплообменное	738
Печное	417
Насосное	112

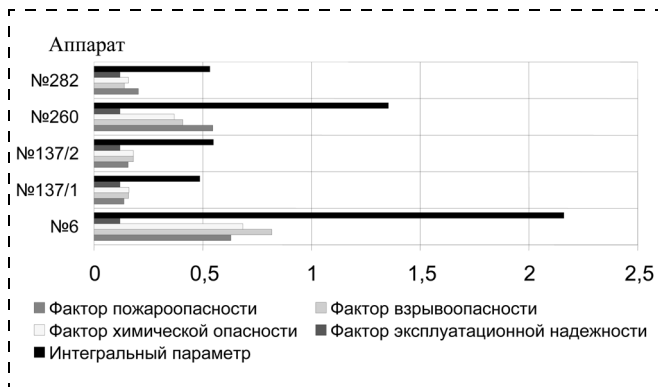


Рис. 1. Значения факторов опасности и интегрального параметра для различных аппаратов колонного оборудования

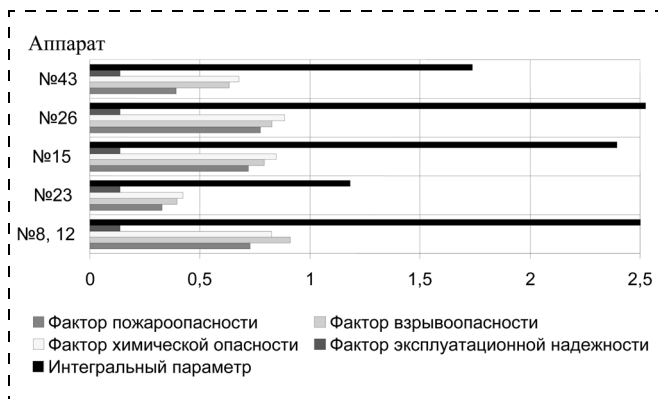


Рис. 2. Значения факторов опасности и интегрального параметра для различных аппаратов емкостного оборудования (аппарат № 15 относится к разделителю, аппараты № 8, 12 — к сепаратору)

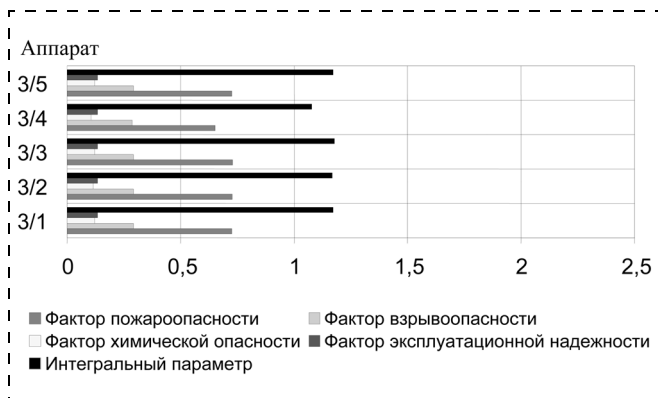


Рис. 3. Значения факторов опасности и интегрального параметра для различных аппаратов печного оборудования

отношение количества токсичного вещества к пороговому количеству этого вещества w_3 по ФЗ № 116 и степень токсичности этого вещества s_3 , которая рассчитывается по формуле (5). Фактор химической опасности определяется по формуле:

$$q_3 = w_3 s_3. \quad (4)$$

Наименее опасным по значению предельно допустимой концентрации (ПДК) веществом, обращающимся на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях, является этиловый спирт. Степень его токсичности принята равной нулю. Наиболее опасное вещество — хлор (ПДК = 1 мг/м³), степень его токсичности принята за единицу. Степень токсичности веществ устанавливалась как функция от ПДК:

$$s_3 = 1,001 - (\text{ПДК} + 1)/1000. \quad (5)$$

При наличии нескольких веществ с различными токсичными свойствами фактор химической опасности принимается по самому опасному веществу по ПДК.

Фактор эксплуатационной надежности оборудования определяется статистической обработкой результатов наблюдений за распределениями отказов и временем ремонта аппаратов одного вида, условия эксплуатации которых примерно одинаковы. Показатели надежности оборудования можно определить по материалам, предоставляемым механической службой предприятия, по стандартным методикам. В табл. 3 показаны результаты расчета средней наработки на отказ четырех групп оборудования установки пиролиза углеводородов.

Для определения весомости каждого из рассмотренных выше факторов был применен метод экспертных оценок, при этом подбор экспертов осуществляли методом "снежного кома", а опрос и обработку результатов — методом априорного ранжирования.

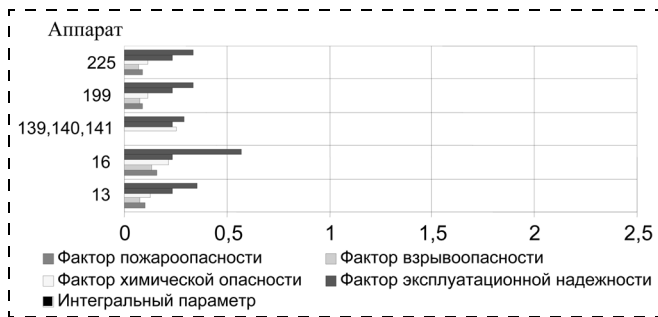
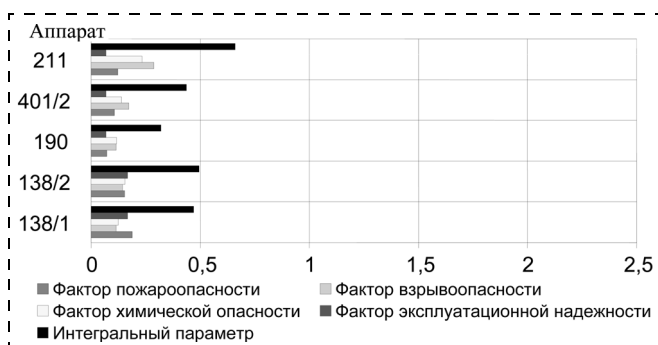
На рис. 1—5 приведены значения факторов опасности и интегрального параметра для различного оборудования цеха одного из предприятий.

Использование интегрального параметра опасности позволяет каждому объекту присвоить сопоставимый типовой показатель опасности различной физической природы, по которому можно ранжировать оборудование технологических установок. Таким образом, становится возможным дифференцированный подход к обеспечению безопасности.

Прогноз уровня аварийной опасности связан, помимо частотного анализа аварийных процессов, с прогнозом ущерба. Интегральная оценка условного аварийного риска характеризует прогнозируемые последствия конкретной аварии на определенной территории. Она может трактоваться как площадь зоны достоверного поражения реципиента риска, т. е. зоны, где вероятность его близка к единице.

Интегральный и обобщающий интегральный параметр потенциальной опасности оборудования АГФУ

Оборудование АГФУ	Интегральный параметр	Обобщающий интегральный параметр
К-4 (десорбер для извлечения пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракции)	0,77	11,84
К-7 (бутановая колонна)	0,64	18,12
К-6 (пропановая колонна)	0,58	18,88
Т-15 (подогреватель сырья)	0,56	20,00
Т-10 (подогреватель сырья)	0,55	9,17
Т-20 (подогреватель сырья)	0,49	12,36
Т-22 (подогреватель сырья)	0,49	10,85
К-1 (абсорбер для извлечения газа пропан-пропиленовой, бутан-бутиленовой фракции)	0,43	4,54
Е-8 (приемник рефлюкса)	0,43	14,03
Е-1 (отбойник конденсата)	0,39	11,93
Е-4 (емкость тощего абсорбента)	0,38	10,01
Т-19/1 (холодильник жирного газа)	0,37	11,36
Т-19 (холодильник пропановой колонны)	0,33	10,35
Е-13 (емкость орошения бутановой колонны)	0,27	3,94
П-2 (печь горячей струи)	0,27	1,04
Е-10 (емкость орошения пропановой колонны)	0,22	5,56
Т-21 (подогреватель сырья)	0,17	7,96
Т-13 (подогреватель сырья)	0,10	3,18


Рис. 4. Значения факторов опасности и интегрального параметра для различных аппаратов насосного оборудования

Рис. 5. Значения факторов опасности и интегрального параметра для различных аппаратов теплообменного оборудования

В качестве объекта для исследования была выбрана абсорбционная газодиффузионная установка (АГФУ). Исходя из "Принципа домино" представляется важным знать, сколько аппаратов попадает в зону опасности каждого соседнего аппарата с учетом их индивидуальных показателей. Для этого предлагается использовать обобщающий интегральный параметр потенциальной опасности, представляющий собой сумму индивидуальных интегральных параметров опасности аппаратов, находящихся в зонах максимальных воздействий поражающих факторов рассматриваемых аварийных ситуаций. Результаты оценки опасности оборудования АГФУ представлены в табл. 4.

В основу определения ущерба от аварии на АГФУ был положен метод расчета максимально оцененных потерь, который применяется некоторыми западными и российскими страховщиками. Этот подход основан на анализе возможных сценариев развития аварийной ситуации и путей негативного воздействия на реципиентов риска (персонал, здания, оборудование, товарные и сырьевые запасы) и выборе из них наиболее опасного.

Так, применительно к изучаемому промышленному объекту в качестве наиболее неблагоприятного сценария аварийной ситуации с учетом взаимного расположения оборудования следует рассматривать падение колонны К-6. Оценка ущерба проводилась по прямым потерям в результате падения колонны

в ряде возможных направлений. При этом вся площадь падения была разделена на зоны длиной, равной диаметру колонны с учетом ее обвязки (рис. 6).

Прямые потери от аварии определяют по формуле:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{о.ф}} + P_{\text{тм.ц}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{о.ф}}$ и $P_{\text{тм.ц}}$ — потери организации в результате уничтожения (повреждения) соответственно основных фондов (производственных и непроизводственных) и товарно-материальных ценностей, руб.

$$P_{\text{о.ф}} = \sum_{i=1}^N [S_{\text{oi}} - (S_{\text{mi}} - S_{\text{yi}})], \quad (7)$$

где S_{oi} — остаточная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов; S_{mi} — стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования; S_{yi} — утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов.

При расчете прогнозируемых потерь в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей $P_{\text{тм.ц}}$ исходили из объема обращения на АГФУ продукции и сырья, попадающих в зону поражения, и средних цен на данные виды продукции и сырья.

Результаты расчета ущерба для всех рассматриваемых возможных направлений падения колонны К-6 приведены на рис. 7.

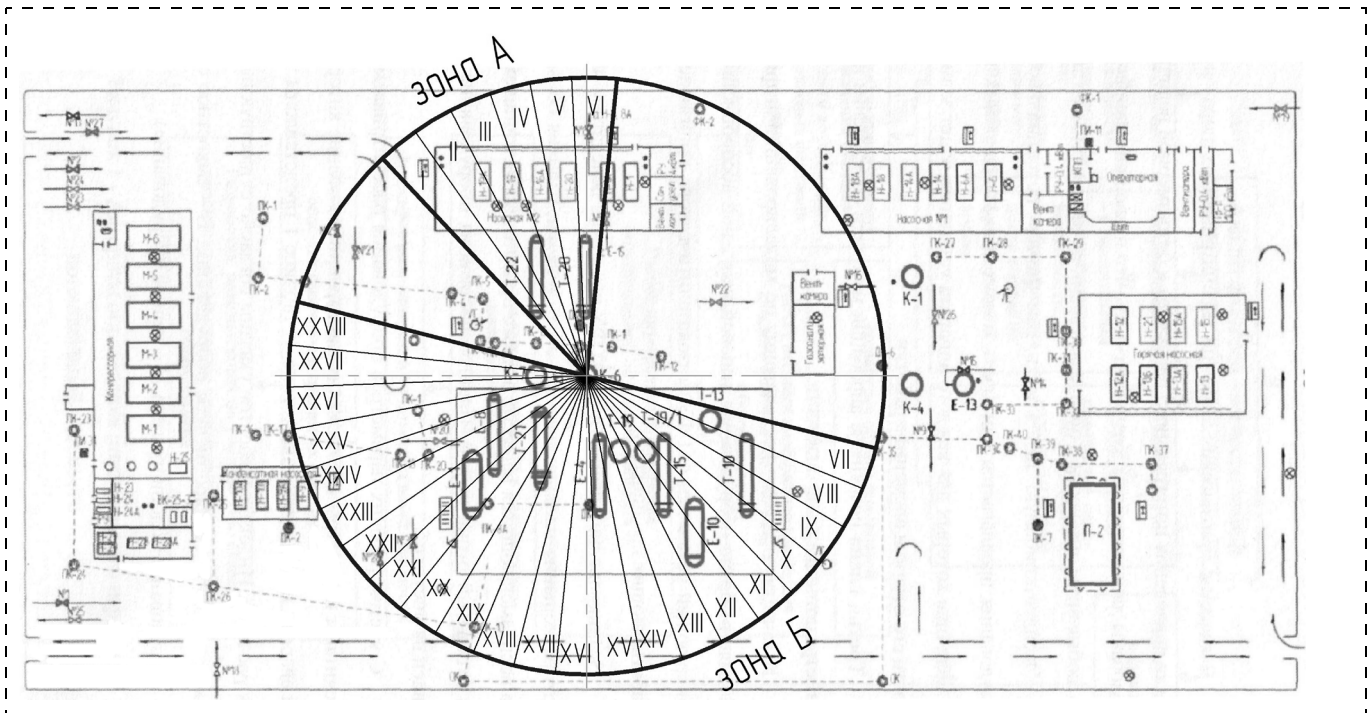


Рис. 6. Зонирование площадки АГФУ в случае падения колонны К-6

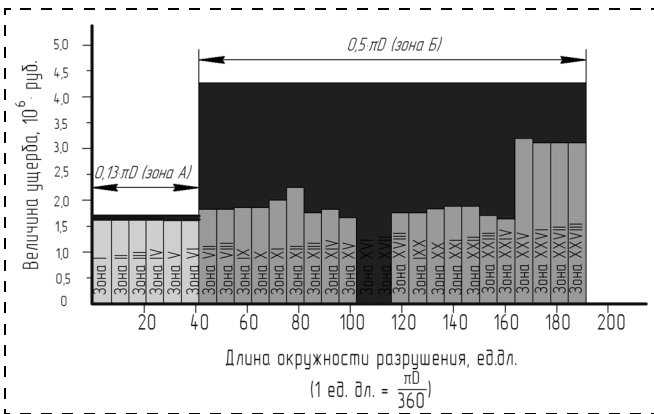


Рис. 7. Величина ущерба в случае падения колонны К-6 по зонам возможного разрушения



Рис. 8. Изменения величины параметров по зонам возможного разрушения в случае падения колонны К-6

На основе полученных результатов была построена диаграмма изменения величины ущерба, обобщенного интегрального параметра и индивидуального интегрального параметра оборудования АГФУ (рис. 8) по зонам возможного разрушения при падении колонны К-6. Ее интерпретация позволяет выявить корреляционную зависимость между перечисленными параметрами.

Таким образом, обобщающий интегральный параметр потенциальной опасности позволяет ранжировать оборудование по степени опасности, а также прогнозировать возможность развития аварийных ситуаций и оценивать тяжесть их последствий.

Список литературы

1. **Федеральный закон** "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. и доп. от 18.12.2006).
2. **НПБ 105—95.** Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. **Безопасность России.** Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. В 4 частях // Ч. 2. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление рисками: Научн. руковод. К. В. Фролов. — М.: МГФ "Знание", 2006. — 752 с.
4. **Чиркова А. Г.** Опасный производственный объект технологической системы: методы определения опасности оценки технического состояния. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. — 133 с.
5. **Махутов Н. А., Грацианский Е. В.** Национальная безопасность и управление стратегическими рисками в России // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2002. — № 5.

УДК 004.032.26:504.4.06

Н. Н. Красногорская, д-р техн. наук, проф., **А. Н. Елизарьев**, канд. геогр. наук,
Т. Б. Фашевская, канд. геогр. наук, **Л. М. Якупова**, **Э. Р. Нафикова**, канд. биол. наук,
Уфимский государственный авиационный технический университет

Использование искусственных нейронных сетей при прогнозировании качества речной воды

Рассмотрены вопросы прогнозирования качества речной воды и возможность использования при прогнозе искусственных нейронных сетей. На примере питьевого водоемщика г. Уфы — реки Уфа — апробированы полученные нейросетевые модели прогнозирования показателей качества речной воды.

Ключевые слова: качество речной воды, методы прогнозирования, искусственные нейронные сети, многослойный перцептрон, радиально-базисные сети, обобщенно-регрессионные сети, геоинформационные системы.

Krasnogorskaya N. N., Elizariyev A. N., Fashchevskaya T. B., Yakupova L. M., Nafikova E. R. Artificial neural network application for predicting of river water quality.

Predicting of river water quality and possibility of using neural networks are considered. Received neural networks were applied to predict of water quality parameters of drinking water source — Ufa river.

Keywords: water river quality, methods of forecasting, artificial neural networks, multiple layer perceptron, radial basis function, general regression neural networks, geoinformational systems.

Высокие темпы роста антропогенной нагрузки и степени урбанизации территорий требуют значительных объемов водопотребления при использовании водоемких технологий и вызывают негативные изменения всех элементов речных экосистем, приводят к качественному и количественному истощению водных ресурсов [1–3]. По существу, водные объекты теряют способность поддерживать нормальные, здоровые условия существования человека, а следовательно, и общества в целом [4, 5], что является угрозой устойчивому развитию.

В связи с этим рациональное использование водных ресурсов и решение проблем с водоснабжением стоят на первом плане для достижения Целей развития тысячелетия (Millennium Development Goals — MDGs), заявленных в 2000 г. мировыми лидерами в ООН в Нью-Йорке, ставшими в настоящее время объединяющим центром глобального развития. Необходимыми элементами для устойчивого развития является рациональное использование и охрана

водных ресурсов, которые предусматривают выполнение оценки существующего экологического состояния водотоков, т. е. определение источников, размеров загрязнения водных объектов, объемов безвозвратного изъятия водных ресурсов. Такой подход может служить практической основой для рациональной эксплуатации водных объектов и необходимым предварительным условием оценки возможностей освоения [5].

Анализ работ в области оценки и прогнозирования качества речных вод показал, что исследователи выделяют две проблемы:

— неопределенность критериев для оценки экологического состояния водных объектов;

— поливариантность взаимосвязей количественных и качественных характеристик водных объектов из-за региональных природных, антропогенных, климатических особенностей территории, осложняющую прогноз экологического состояния водных объектов [1, 3, 6].

В качестве критериев для оценки экологического состояния водных объектов должны выступать показатели, учитывающие гидроэкологические особенности водотока, водность года и фазу водного режима. Например, для оценки экологического риска деградации речных экосистем при водопользовании используются величины критических нагрузок: предельно допустимого поступления загрязняющих веществ или предельно допустимого безвозвратного изъятия водных ресурсов [1, 2].

В настоящее время законодательно закреплено определение качества речных вод на основе соответствия нормативам предельно допустимых концентраций (ПДК), которые определяются в лабораторных экспериментах на изолированных популяциях, принадлежащих к нескольким тестовым видам, по избранным физиологическим и поведенческим реакциям организмов. В силу специфики методов определения полученные нормативы обладают целым рядом недостатков, которые приводят к экологической неэффективности концепции ПДК [6]:

- некорректна экстраполяция лабораторных экспериментов на природные объекты;
- ПДК определены для изолированных факторов, а не для реально воздействующих на биоту их сложных комплексов;



- затруднена экстраполяция концепции ПДК на нарушающие биоту факторы нехимического происхождения;

- ПДК универсальны, а не региональны и т. д.

Недостатки концепции ПДК известны давно, и конструктивная постановка проблемы должна состоять не столько в критике устаревшего подхода, сколько в разработке конкретного комплекса методов, способных заменить уже существующие.

Охрана и рациональное использование водных ресурсов предполагают не только оценку состояния водотока "на данный момент", но и прогнозирование экологического состояния водного объекта. Прогнозирование качества речных вод является важным этапом менеджмента водных ресурсов, особенно на региональном или бассейновом уровне. Результаты оценки и прогнозирования значений показателей качества речной воды используются для принятия решений по реализации природоохранных мероприятий.

В связи с этим необходимы развитие и апробация способов и методов оценки и прогнозирования качества речных вод, позволяющих независимо от выбора критериев для оценки состояния водных объектов прогнозировать значения показателей качества речной воды с учетом региональных природных, антропогенных, климатических особенностей территории.

Объект исследования

Республика Башкортостан является промышленно развитым субъектом РФ, с высокой степенью урбанизации, особенно на водосборной площади водных объектов. Качество поверхностных вод республики формируется под влиянием гидрохимического состава подземных вод, сбросов сточных вод промышленных объектов, поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, лесов и территорий населенных пунктов, а также транзита загрязняющих веществ из соседних областей [7].

Столица Башкортостана — г. Уфа — расположена при впадении реки Уфа в реку Белая (приток Волги II порядка), которые являются основными источниками водопользования города. Бассейн реки Уфа является типичным примером территории с высокой степенью урбанизации, развитой промышленностью. В пределах водосбора реки сосредоточены горнодобывающие, горноперерабатывающие, металлургические, нефтехимические, нефтеперерабатывающие, машиностроительные предприятия, населенные пункты, полигоны и свалки твердых бытовых отходов. Организованные сбросы сточных вод, талые и ливневые воды с территорий, подверженных антропогенной нагрузке, загрязняют речную воду, приводят к изменению среды обитания гидробионтов и создают угрозу системам жизнеобеспе-

чения людей, например Южному и Северному питьевым водозаборам города, расположенным в устье реки Уфа.

В этой связи для обеспечения рационального водопользования в пределах речного бассейна актуальным является выполнение адекватной оценки экологического состояния водных ресурсов, прогнозирование качества воды реки Уфа, используемой в питьевых, бытовых, рыбохозяйственных целях.

Методы прогнозирования

Обзор литературных источников показал, что в зависимости от базы прогнозирования методы прогнозирования можно условно разделить на три группы: эвристические, аналитические, синтетические.

Методы первой группы базируются на умозаключениях человека, и их основу составляет так называемый логический подход. Эвристические методы легко переносятся на язык вычислительных машин, поскольку их основой является Булева алгебра. Для большинства эвристических методов, реализуемых на ЭВМ, характерна большая трудоемкость, так как во время поиска решения (прогноза) необходим полный перебор вариантов. Поэтому данный подход требует эффективной реализации вычислительного процесса, и хорошая работа обычно гарантируется при сравнительно небольшом размере базы данных. К таким методам относят и системы принятия решений на основе аналогичных случаев [8].

Аналитические методы прогнозирования базируются на интегро-дифференциальной парадигме. Для них характерной является структурная и параметрическая идентификация зависимости между экзогенными (входными, input, независимыми) факторами и эндогенными (выходными, output, зависимыми) характеристиками, которую осуществляют с помощью интегро-дифференциального исчисления. Зависимость получают в аналитическом виде. Подставив в нее прогнозные значения факторов, можно получить значение необходимой выходной характеристики. В роли показателя качества того или иного аналитического метода выступает критериальная функция. В подавляющем большинстве случаев — это средняя квадратическая ошибка отклонения табличных данных от рассчитанных значений. Такие методы позволяют работать очень быстро, но не гарантируют оптимальности найденного решения [5].

Особое место в классификации методов прогнозирования занимают синтетические, которые предполагают использование различных методов для восстановления сложных зависимостей на коротких выборках. К недостаткам синтетических методов можно отнести трудность оптимального сочетания

различных методов прогнозирования, что является необходимым условием адекватного использования методов данной группы [8].

Ввиду описанных недостатков традиционных методик последние десять лет идет активное развитие систем нового типа. В их основе — технологии искусственного интеллекта, имитирующие процессы, такие как деятельность нейронов мозга или процесс естественного отбора. Наиболее популярными и проверенными из этих технологий являются искусственные нейронные сети (ИНС) и генетические алгоритмы.

Использование в целях прогноза искусственных нейронных сетей

Искусственные нейронные сети представляют собой математический аппарат, позволяющий строить алгоритмы обработки информации, обладающие уникальной способностью обучаться на примерах и "узнавать" в потоке "зашумленной" и противоречивой информации приметы ранее встреченных образов и ситуаций. Они позволяют находить скрытые зависимости между входными и выходными данными, которые остаются вне внимания классических методов [1]. Такая возможность приобретает исключительную важность при оценке взаимосвязей количественных и качественных характеристик водных объектов, обусловленных региональными природными, антропогенными, климатическими особенностями территории.

Искусственная нейронная сеть сходна с мозгом человека с двух точек зрения [9]:

- знания поступают в ИНС из окружающей среды и используются в процессе обучения;
- для накопления знаний применяются связи между нейронами, называемые синаптическими весами.

На рис. 1 графически интерпретирована схема простой трехслойной прямонаправленной ИНС с одним скрытым слоем. Для описания такой сети используется запись $NN(4-5-2)$. Здесь 4, 5 и 2 —

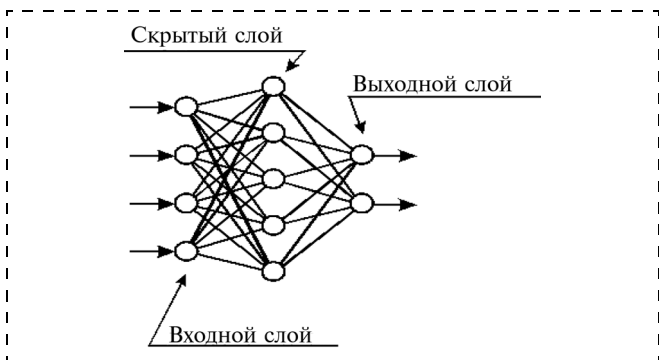


Рис. 1. Схема простой ИНС

размеры входного, скрытого и выходного слоев сети. В общем случае ИНС с g входными нейронами, n скрытыми слоями размера h_1 и q выходными нейронами обозначается $NN(g-h_1-h_2-\dots-h_n-q)$.

Использование ИНС для прогнозирования качества речной воды обусловлено наличием трех признаков, которыми должна обладать задача, чтобы применение ИНС было оправдано и ИНС могла бы ее решить [10]:

- отсутствует алгоритм или не известны принципы решения задач;
- проблема характеризуется большими объемами входной информации;
- данные неполны или избыточны, зашумлены, частично противоречивы.

Как отмечают многие исследователи, несмотря на большие объемы накопленных гидрологических и гидрохимических данных наблюдений (ежедневных, среднемесячных и среднегодовых значений расходов и уровней воды, скоростей течения, показателей качества воды), отсутствует универсальный для любого водосборного бассейна алгоритм оценки их взаимосвязи, а данные по гидрохимическим показателям качества речной воды различных контрольных организаций противоречивы.

Прогнозирование качества речной воды на основе аппарата ИНС осуществляется в три этапа: 1) обучение искусственных нейронных сетей; 2) оценка результатов обучения; 3) использование обученных сетей для прогнозирования.

Как правило, обучение ИНС проводится на 80 % данных, а тестирование — на оставшихся 20 %. На обучающем множестве происходит непосредственное обучение сети, т. е. изменение весовых коэффициентов нейронов пропорционально ошибке на выходе. Данные контрольного множества используются для кросс-проверки: на каждом шаге обучения сети рассчитывается ошибка для всего набора наблюдений из контрольного множества и сравнивается с ошибкой на обучающем множестве [11]. Схематично алгоритм обучения ИНС представлен на рис. 2.

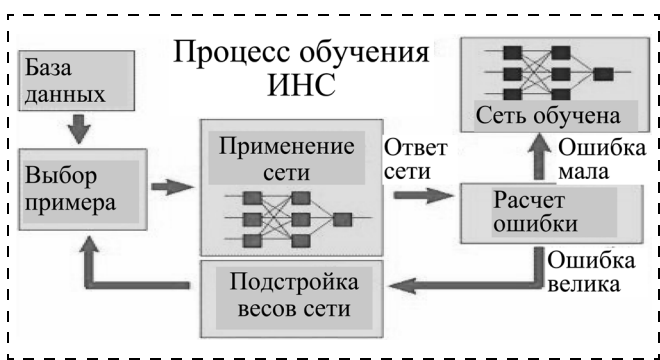


Рис. 2. Процесс обучения ИНС



Как видно из рисунка, алгоритм обучения ИНС нацелен на минимизацию ошибки на выходе сети, которая, как правило, оценивается с помощью статистических показателей (таких, как средняя абсолютная ошибка, стандартное отклонение, производительность сети, коэффициент корреляции расчетных и фактических значений [12, 13]). Следовательно, эффективной сетью следует признать сеть с одинаковой малой ошибкой на обоих упомянутых выше подмножествах.

Прогнозирование значений показателей качества речной воды реки Уфа

Для нейросетевого анализа связи внутри временной последовательности ежемесячных значений за 1988—2004 гг. показателей качества воды (содержание суммы минеральных веществ, растворенного кислорода, легкоокисляемых органических веществ, фиксируемых по показателю БПК₅, азота нитратного, нефтепродуктов, меди) при обучении сети использовано предположение о наличии корреляции между среднемесячными значениями показателя за 12 месяцев предыдущего периода (*Input*) и значениями показателя в следующем месяце текущего года (*Output*). В процессе обучения программой STATISTICA 7.0 из числа входных переменных исключены наименее влияющие на зависимые (про-

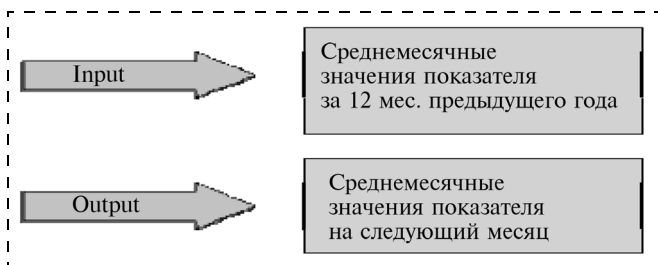


Рис. 3. Входные и выходные параметры обучения ИНС

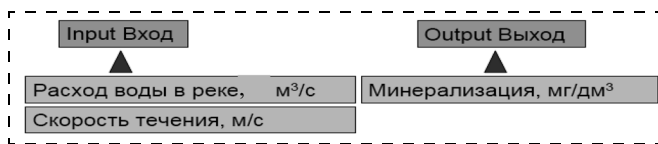


Рис. 4. Входные и выходные параметры обученной ИНС

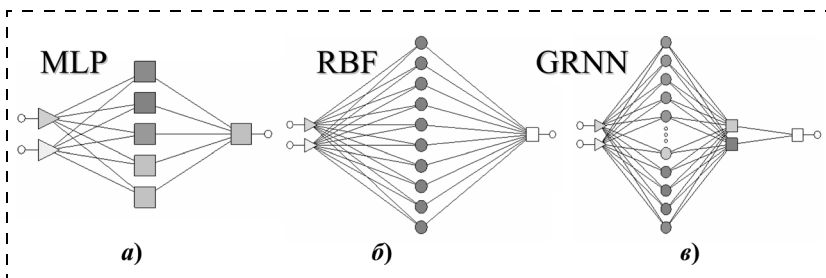


Рис. 5. Архитектуры ИНС

гнозируемые) переменные. На рис. 3 представлена графическая интерпретация параметров, использованных при обучении ИНС.

Для анализа связи между гидрологическими и гидрохимическими показателями использовано предположение о наличии корреляции между значениями показателя общей минерализации, скорости течения и расходом речной воды. Найденное значение корреляции ($R = 0,7$) говорит о возможности использования выявленной связи. На рис. 4 для примера представлена графическая интерпретация параметров, использованных для прогнозирования содержания суммы минеральных веществ на основе обученной ИНС.

Свойства ИНС определяются их структурой (или топологией). Существуют сотни видов структур ИНС, каждая из которых предназначена для решения определенных типов задач.

Как показал анализ работ для данной предметной области, наиболее предпочтительно использование ИНС следующих архитектур: многослойный персептрон (MLP), радиально-базисные сети (RBF) и обобщенно-регрессионные сети (GRNN), архитектуры которых представлены на рис. 5.

Многослойный персептрон (рис. 5, а). Наиболее популярный класс многослойных сетей прямого распространения образуют многослойные персептроны, в которых каждый вычислительный элемент использует пороговую или сигмоидальную функцию активации. Элементы организованы в послойную топологию с прямой передачей сигнала. Такую сеть легко можно интерпретировать как модель вход—выход, в которой веса и пороговые значения являются свободными параметрами модели. Такая сеть может моделировать функцию практически любой степени сложности, причем число слоев и число элементов в каждом слое определяют сложность функции [11].

Разработка алгоритма обратного распространения для определения весов в многослойном персептроне сделала эти сети наиболее популярными у исследователей и пользователей ИНС. Подавляющее большинство приложений программных продуктов связано именно с применением таких многослойных персептронов.

Радиально-базисные сети (рис. 5, б). RBF-сети, использующие радиальные базисные функции, являются частным случаем двухслойной сети прямого распространения. Каждый элемент скрытого слоя использует в качестве активационной функции радиальную базисную функцию типа гауссовой. Радиальная базисная функция (функция ядра) центрируется в точке, которая определяется весовым вектором, связанным с нейро-

ном. Как позиция, так и ширина функции ядра должны быть обучены по выборочным образцам.

Сети RBF имеют ряд преимуществ перед сетями MLP. Во-первых, они моделируют произвольную нелинейную функцию с помощью всего одного промежуточного слоя и тем самым избавляют исследователя от необходимости решать вопрос о числе слоев (в то время как MLP может содержать несколько скрытых слоев). Во-вторых, параметры линейной комбинации в выходном слое можно полностью оптимизировать с помощью хорошо известных методов линейного моделирования, которые работают быстро и не испытывают трудностей с локальными минимумами. Поэтому сеть RBF обучается очень быстро (на порядок быстрее, например, сети MLP) [14].

Обобщенно-регрессионная сеть (рис. 5, в). Такая сеть имеет два скрытых слоя: слой радиальных элементов и слой элементов, которые формируют взвешенную сумму для соответствующего элемента выходного слоя. В выходном слое определяется взвешенное среднее путем деления взвешенной суммы на сумму весов. В качестве радиальной функции применяется функция Гаусса. Входной слой передает сигналы на первый промежуточный слой нейронов, являющихся радиально симметричными. Они несут в себе информацию о данных обучающих случаев или же их кластерах и передают ее во второй промежуточный слой. В нем формируются взвешенные суммы для всех элементов выходного слоя и сумма весов, вычисляемая специальным элементом [14].

Достоинством GRNN-сети можно считать определенность структуры: сеть фактически вмещает в себя все обучающие данные. С другой стороны, такая структура ИНС и является ее самым большим недостатком: при большом объеме обучающих данных скорость работы сети падает (иногда очень существенно) по причине заметного увеличения сложности архитектуры.

С помощью инструмента *Intelligent Problem Solver* программы *STATISTICA 7.0* построено и обучено 100 ИНС трех рассмотренных архитектур с различным числом нейронов, из которых отобраны наилучшие модели (с наименьшей ошибкой) каждого типа архитектуры для каждого показателя. Для оценки процесса обучения в работе использованы следующие параметры:

- средняя абсолютная/относительная ошибка сети, т. е. средняя абсолютная разность расчетных и фактических значений; если средняя относительная ошибка менее 20 %, т. е. сеть обеспечивает хорошую сходимость расчетных и фактических значений;
- коэффициент корреляции — показатель, характеризующий взаимосвязь моделируемых и реальных значений; если значение коэффициента

больше 0,7, то сеть применима для прогноза, поскольку обеспечивает хорошую сходимость расчетных и фактических значений;

- производительность сети (*S. D. Ratio*) — это отношение стандартного отклонения ошибок сети к стандартному отклонению исходных данных;
- если производительность сети не превышает значения 0,2, т. е. подобрана хорошо, чего очень сложно достичь вследствие, например, зашумленности данных (неточно заданных данных, полученных экспериментально) [13].

В табл. 1 в качестве примера приведены результаты прогнозирования содержания суммы минеральных веществ в зависимости от скорости течения

Таблица 1

Результаты прогнозирования содержания суммы минеральных веществ в зависимости от скорости течения и расхода речной воды на основе ИНС (пункт наблюдения река Уфа — створ г. Уфы)

Месяц 2005 г.	Наблюдаемые значения, мг/дм ³	Прогнозируемые значения, мг/дм ³	Относительная ошибка, %
MLP (2-6-1)			
Январь	—	468	—
Февраль	509	478	6,1
Март	—	466	—
Апрель	263	264	0,4
Май	255	261	2,4
Июнь	—	307	—
Июль	—	299	—
Август	388	361	7,0
Сентябрь	448	463	3,3
Октябрь	—	490	—
Ноябрь	508	517	1,8
Декабрь	—	470	—
RBF (2-10-1)			
Январь	—	500	—
Февраль	509	504	1,0
Март	—	498	—
Апрель	263	268	2,0
Май	255	245	3,9
Июнь	—	383	—
Июль	—	376	—
Август	388	402	3,6
Сентябрь	448	464	3,6
Октябрь	—	508	—
Ноябрь	508	536	5,5
Декабрь	—	459	—
GRNN (2-54-2-1)			
Январь	—	504	—
Февраль	509	521	2,4
Март	—	491	—
Апрель	263	275	4,6
Май	255	240	5,9
Июнь	—	374	—
Июль	—	348	—
Август	388	390	0,5
Сентябрь	448	481	7,4
Октябрь	—	467	—
Ноябрь	508	485	4,5
Декабрь	—	497	—



и расхода речной воды на основе ИНС различных архитектур для отбора наилучшей модели.

Как видно из табл. 1, результаты с высокой достоверностью аппроксимируют фактические данные: относительная ошибка для MLP-сети не превышает 7,0, для GRNN-сети — 7,4 %. Наилучший результат достигнут при использовании RBF-сети — относительная ошибка менее 5,5 %, что позволяет сделать вывод, что смоделированная ИНС будет чувствительна к вариации входных параметров (расхода речной воды и скорости течения) и, следовательно, может быть использована для прогнозирования показателя общей минерализации речной воды.

Результаты отбора наилучших моделей (с наименьшей ошибкой) различных типов архитектур для других показателей качества показали, что архи-

тектура GRNN-сети может быть использована для прогнозирования содержания растворенного кислорода, азота нитратного и меди, а MLP-сети — для содержания нефтепродуктов и легкоокисляемых органических веществ, фиксируемых по показателю БПК₅ (биологическое потребление кислорода за 5 суток).

Апробация нейросетевых прогнозных моделей

Апробация обученных нейросетевых моделей проведена при прогнозировании гидрохимических показателей качества воды на 2005 г. В качестве примера использованы результаты прогноза и сравнительная оценка с реально наблюдаемыми в 2005 г. среднемесячными показателями качества воды (табл. 2–6).

Таблица 2

Результаты прогнозирования содержания растворенного кислорода в воде (пункт наблюдения река Уфа — створ г. Уфы)

Месяц 2005 г.	Архитектура сети	Наблюдаемые значения, мг/дм ³	Прогнозируемые значения, мг/дм ³	Относительная ошибка, %
Январь	GRNN (9-12-2-1)	12,4	12,9	4,0
Февраль	GRNN (11-12-2-1)	9,73	9,81	0,8
Март	GRNN (11-12-2-1)	9,88	9,91	0,3
Апрель	GRNN (8-12-2-1)	11,8	11,5	2,5
Май	GRNN (6-12-2-1)	9,65	9,77	1,2
Июнь	GRNN (10-12-2-1)	9,07	9,11	0,4
Июль	GRNN (12-12-2-1)	7,9	8,1	2,5
Август	GRNN (12-12-2-1)	7,75	7,67	1,0
Сентябрь	GRNN (8-12-2-1)	9,07	9,21	1,5
Октябрь	GRNN (9-12-2-1)	10,6	11,1	4,7
Ноябрь	GRNN (8-12-2-1)	10,8	11,0	1,9
Декабрь	GRNN (11-12-2-1)	12,2	12,5	2,5

Таблица 4

Результаты прогнозирования содержания азота нитратного (пункт наблюдения река Уфа — створ г. Уфы)

Месяц 2005 г.	Архитектура сети	Наблюдаемые значения, мг/дм ³	Прогнозируемые значения, мг/дм ³	Относительная ошибка, %
Январь	GRNN (12-12-2-1)	0,88	0,91	3,4
Февраль	GRNN (8-12-2-1)	3,92	4,03	2,8
Март	GRNN (11-12-2-1)	1,96	2,00	2,0
Апрель	GRNN (6-12-2-1)	1,97	1,94	1,5
Май	GRNN (9-12-2-1)	3,12	2,95	5,4
Июнь	GRNN (9-12-2-1)	0,44	0,48	9,1
Июль	GRNN (10-12-2-1)	0,39	0,42	7,7
Август	GRNN (11-12-2-1)	1,96	2,01	2,6
Сентябрь	GRNN (7-12-2-1)	0,35	0,39	11
Октябрь	GRNN (7-12-2-1)	2,7	2,9	7,4
Ноябрь	GRNN (12-12-2-1)	1,11	1,21	9,0
Декабрь	GRNN (10-12-2-1)	1,16	1,2	3,4

Таблица 3

Результаты прогнозирования содержания легкоокисляемых органических веществ, фиксируемых по показателю БПК₅ (пункт наблюдения река Уфа — створ г. Уфы)

Месяц 2005 г.	Архитектура сети	Наблюдаемые значения, мг/дм ³	Прогнозируемые значения, мг/дм ³	Относительная ошибка, %
Январь	MLP (12-7-1)	1,01	1,03	2,0
Февраль	MLP (9-7-1)	0,76	0,80	5,3
Март	MLP (11-6-1)	1,22	1,24	1,6
Апрель	MLP (12-9-1)	1,44	1,47	2,1
Май	MLP (11-9-1)	0,57	0,56	1,8
Июнь	MLP (8-4-1)	1,3	1,27	2,3
Июль	MLP (12-8-1)	0,76	0,73	3,9
Август	MLP (6-4-1)	0,91	0,90	1,1
Сентябрь	MLP (10-7-1)	0,86	0,84	2,3
Октябрь	MLP (5-4-1)	1,15	1,18	2,6
Ноябрь	MLP (2-4-1)	0,58	0,61	5,2
Декабрь	MLP (8-5-1)	1,03	1,05	1,9

Таблица 5

Результаты прогнозирования содержания нефтепродуктов (пункт наблюдения река Уфа — створ г. Уфы)

Месяц 2005 г.	Архитектура сети	Наблюдаемые значения, мг/дм ³	Прогнозируемые значения, мг/дм ³	Относительная ошибка, %
Январь	MLP (10-7-1)	0	0,003	—
Февраль	MLP (11-7-1)	0	0,001	—
Март	MLP (10-5-1)	0	0,0004	—
Апрель	MLP (12-8-1)	0,25	0,242	3,2
Май	MLP (12-8-1)	0	0,0018	—
Июнь	MLP (10-6-1)	0	0,0014	—
Июль	MLP (10-7-1)	0	0,0006	—
Август	MLP (10-7-1)	0	0,0008	—
Сентябрь	MLP (11-8-1)	0,12	0,114	5,0
Октябрь	MLP (12-8-1)	0,04	0,042	5,0
Ноябрь	MLP (10-6-1)	0	0	—
Декабрь	MLP (9-6-1)	0	0	—

Таблица 6
**Результаты прогнозирования содержания меди
 (пункт наблюдения река Уфа — створ г. Уфы)**

Месяц 2005 г.	Архитектура сети	Наблю- даемые значения, мг/дм ³	Прогно- зируемые значения, мг/дм ³	Относи- тельная ошиб- ка, %
Январь	GRNN (12-12-2-1)	2,4	2,36	1,7
Февраль	GRNN (12-12-2-1)	0	0,55	—
Март	GRNN (6-12-2-1)	1,8	1,94	7,8
Апрель	GRNN (6-12-2-1)	3,6	3,81	5,8
Май	GRNN (12-11-1)	5,6	5,67	1,3
Июнь	GRNN (12-12-2-1)	3,8	3,69	2,9
Июль	GRNN (8-12-2-1)	3,6	3,75	4,2
Август	GRNN (12-12-2-1)	7,4	7,60	2,7
Сентябрь	GRNN (11-12-2-1)	3,6	3,54	1,7
Октябрь	GRNN (9-12-2-1)	3,6	3,51	2,5
Ноябрь	GRNN (12-12-2-1)	0	0,71	—
Декабрь	GRNN (8-12-2-1)	0	0,42	—

Выбор створа, для которого осуществлено прогнозирование, обусловлен полнотой исходной информации — наличием ежемесячных данных о качестве речных вод. Для других створов, расположенных на реке Уфа, контроль качества воды Башкирским УГМС осуществляется 6—7 раз в год. Отсутствуют среднемесячные значения показателей для периода с ноября по январь, что может являться причиной недостоверного прогноза.

Как видно из табл. 2—6, относительная ошибка прогнозирования содержания растворенного кислорода варьирует от 0,3 % до 4,7 %; легкоокисляемых органических веществ, фиксируемых по БПК₅, — от 1,1 до 5,2 %; азота нитратного — от 1,5 % до 11,0 %; нефтепродуктов — от 3,2 % до 5,0 %; меди — от 1,3 % до 7,8 %, т. е. данные обученные модели способны к обобщению.

Результаты показывают, что искусственные нейронные сети могут служить одним из адекватных инструментов для выявления связи между ежемесячными значениями показателей качества речной воды в условиях интенсивно меняющейся антропогенной нагрузки на водосборе.

Таким образом, высокая сходимость нейросетевого прогнозирования позволит расширить функциональные возможности геоинформационных технологий, все активнее используемых при управлении водными ресурсами. Поскольку геоинформационные сети при анализе причинно-следственных

связей событий или прогнозе развития процессов относительно слабы, как показали результаты исследования, для решения подобных задач целесообразна интеграция искусственных нейронных сетей и геоинформационных систем [15]. Такой подход позволит существенно повысить качество и скорость обработки информации, расширить их возможности в прикладных, исследовательских, учебных и других задачах, связанных с анализом и прогнозом экологического состояния водных объектов.

Список литературы

1. Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Рогозина Т. А. Оценка качества водных объектов в условиях антропогенного воздействия. — Изд-во УГАТУ, 2006. — 277 с.
2. Елизарьев А. Н. Оценка антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водных объектов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. геогр. наук по специальности 25.00.36 "Геоэкология". — Санкт-Петербург, 2007. — С. 24.
3. Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Фашевская Т. Б. Квотирование водопотребления крупного промышленного центра и развитие водоемких технологий в России // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 11. — С. 13—18.
4. Дроздова Л. Ф., Иванов К. П. Инженерная экология и экологический менеджмент. — М.: Логос, 2006. — 214 с.
5. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Курс лекций по устойчивому развитию. — М.: Тайдекс Ко, 2005. — 248 с.
6. Фундаментальные проблемы оценки состояния экосистем и экологического нормирования. [Электронный ресурс]: http://ecograde.belozersky.msu.ru/library/articles/new/bioticheskaya_kontseptzia.htm.
7. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды республики Башкортостан в 2006 г. — Уфа. — 2007. — 200 с.
8. Горбатов А. И. Прогнозирование экономических показателей на основе нейронных сетей: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. Москва, 2003. С. 26.
9. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — Вильямс, 2005. — С. 32.
10. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. — Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. — С. 463.
11. Советник по прогнозированию. [Электронный ресурс]: <http://www.statsoft.ru/home/portal/applications/ForecastingAdvisor/Advisor.html>.
12. Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок. — М.: Мир, 1985. — 272 с.
13. Шитиков В. К., Зинченко Т. Д., Головатюк Л. В. Нейросетевые методы оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям // Изв. СамНЦ РАН. 2002. Т. 4. № 2. С. 280—289.
14. Боровиков В. П. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных. — Телеком, 2008. — 198 с.
15. Питенко А. А. Нейросетевой анализ в ГИС // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.16, Красноярск, 2000.



УДК 621.28.17:620.9

Б. С. Ксенофонов, д-р техн. наук,
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Флотационная обработка угольной золы ТЭЦ

Рассмотрены возможности расширения использования угольной золы с ее предварительной обработкой флотационным способом. Определены технологический режим обработки и аппаратное оформление флотационной технологии обработки зольных отходов. Установлены условия достижения содержания несгоревшего угля в золе до 5...10 % после ее флотационной обработки.

Ключевые слова: отходы, угольная зола, флотационная обработка, утилизация.

Ksenofontov B. S. Flotation treatment of coal ash of heat power plant.

Opportunities of broadening of using coal ash including its prior flotation treatment are considered. Technological mode of treatment and hardware implementation of flotation treatment of cindery wastes technology are determined. The conditions when a percentage of unburned coal in the ash reaches 5...10 % after its flotation treatment are established.

Keywords: wastes, coal ash, flotation treatment, utilization.

Во всем мире увеличение объемов образования угольной золы на тепловых электростанциях приводит к негативному влиянию на окружающую среду вследствие воздействия присутствующих в золе тяжелых металлов и других вредных ингредиентов. Кроме того, складирование зольных отходов приводит к отчуждению больших площадей, включая городские территории и земли сельскохозяйственного назначения.

Практически во всех развитых странах мира зольные отходы или побочные продукты сжигания угля (ПСУ) пытаются как можно в большем объеме утилизировать, например в 2003 г. в США было использовано 38 % ПСУ. В ряде стран этот показатель еще выше.

Одной из основных причин, препятствующих более полному использованию ПСУ, является присутствие в золе несгоревшего угля, доля которого в золе достигает 15—25 %. При этом следует иметь в виду, что при использовании ПСУ для получения бетонов доля несгоревшего угля не должна превышать 5 %, а при строительстве дорог — 10 %.

Поэтому актуальной является дополнительная обработка золы для снижения содержания в ней несгоревшего угля до 5...10 % в зависимости от возможностей использования ее в конкретном регионе.

В связи с поставленной задачей были проведены испытания в опытных условиях с использованием флотационной технологии. На рис. 1 представлены сравнительные данные по остаточному содержанию угля в различных пробах золы после флотационной обработки с содержанием угля в исходной пробе и с нормативами, действующими в странах ЕЭС. В качестве реагента в процессе флотационной обработки золы использовался керосин с расходом 0,5 г/кг.

Проведенные в опытно-лабораторных условиях эксперименты позволили разработать усовершенствованный способ обработки зольных отходов [1—2],

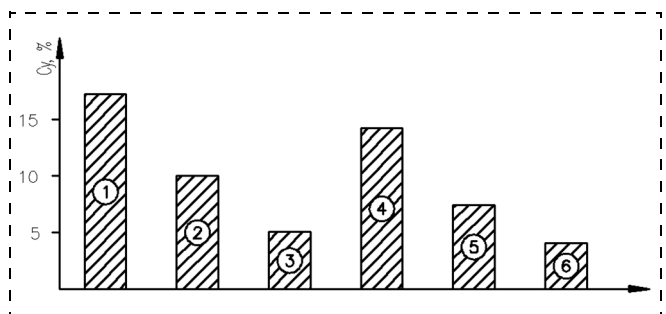


Рис. 1. Сравнение полученных экспериментальных данных с нормативами ЕС:

1 — среднее содержание угля в исходных образцах золы; 2 — норматив содержания угля в золе с использованием ее при строительстве дорог; 3 — норматив содержания угля в золе при использовании ее в качестве добавки в цемент или бетон; 4, 5, 6 — концентрация угля в золе после флотации соответственно в пробах из Польши, ТЭЦ-22, ТЭЦ-12

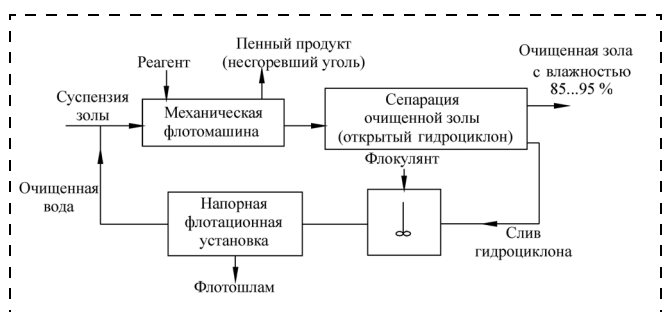


Рис. 2. Принципиальная схема обработки зольных отходов с оборотной системой водопользования



Рис. 3. Схема процесса флотационной обработки золы

выбрать тип флотационной машины и определить режим флотационной обработки с оборотной системой водопользования (рис. 2).

Суть предлагаемого подхода заключается в следующем. Зольные отходы, образующиеся после сжигания угля, смешивают с водой с получением тонкодисперсной суспензии, в которую вводят углеродсодержащий реагент. Флотационную обработку суспензии золы проводят в механической флотомашине с временем флотации 15...18 мин и расходом воздуха примерно $0,7...0,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{мин}$. Камерный продукт в виде очищенной зольной суспензии поступает на разделение (сепарацию) в открытый гидроциклон. При этом сгущенный продукт в виде

зольного продукта с влажностью примерно 85...95 % отводится на специальную складскую площадку, а слив гидроциклона обрабатывается катионоактивным флокулянт, например, типа праестол и после этого направляется на очистку в напорную флотационную установку.

В качестве механической флотационной машины, наиболее подходящей для этих целей, оказалась разработанная авторами флотационная механическая машина ФКМО-0,15.

Последовательность обработки золы во флотационной машине такого типа включает гомогенизацию золы с водой и реагентом (рис. 3).

Гомогенизация золы с водой происходит в первой камере четырехкамерной флотационной машины. При этом импеллер имеет линейную скорость вращения конца лопасти импеллера примерно 4...5 м/с, что недостаточно для существенного засасывания воздуха в эту камеру. В результате процесса флотации не наблюдается. На выходе из первой камеры в суспензию золы добавляется реагент, например керосин. После этого обработанная суспензия поступает во вторую камеру флотационной машины. Во второй камере происходит флотационная обра-

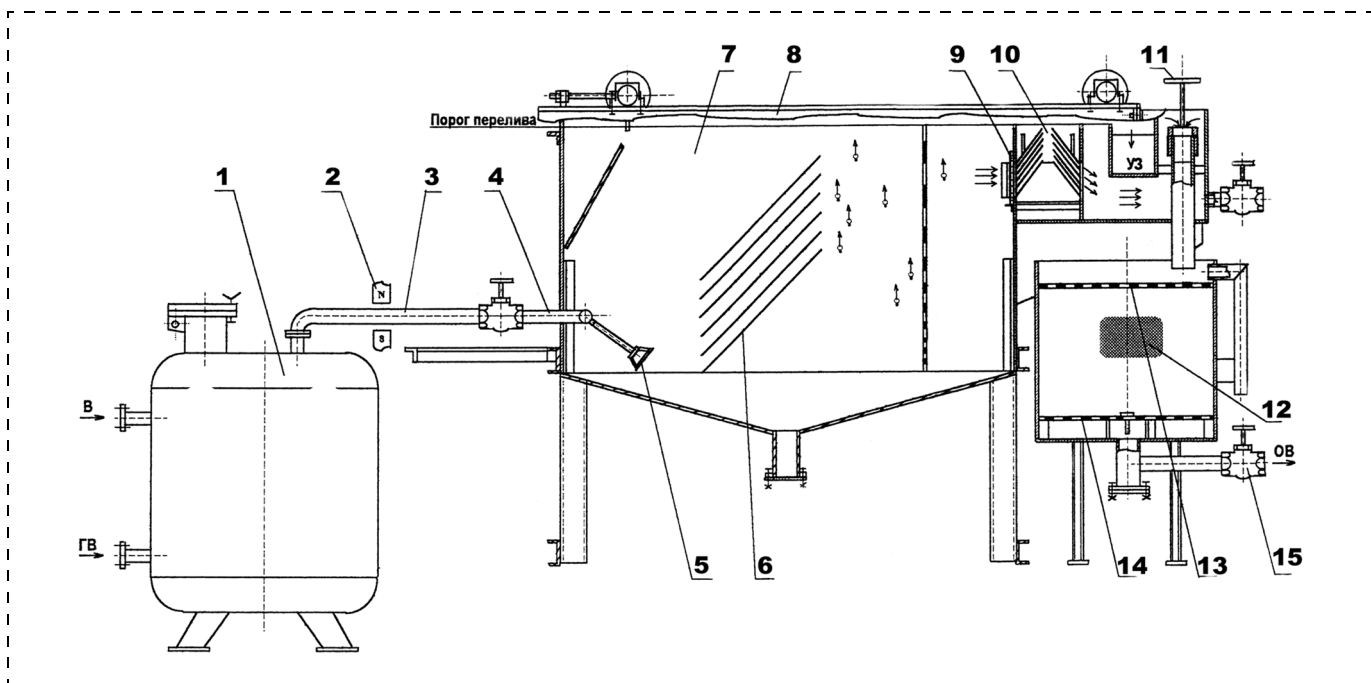


Рис. 4. Напорная флотационная установка:

1 — напорный резервуар; 2 — узел магнитной обработки; 3 — трубопровод подачи газовой смеси; 4 — дроссельное устройство; 5 — раструб; 6 — блок тонкослойного освещения; 7 — рабочее пространство флотокамеры; 8 — несъемное устройство; 9 — тонкослойное устройство улавливания микропузырьков; 10 — канал вывода скоалесцированных микрофлотокомплексов; 11 — устройство регулирования уровня жидкости; 12 — адсорбционный фильтр; 13, 14 — удерживающие сетки; 15 — запорное устройство на линии вывода осветленной воды; в — подача грязной воды, гв — подача газовой смеси, ов — вывод осветленной воды, уз — вывод загрязнений в виде пенного продукта

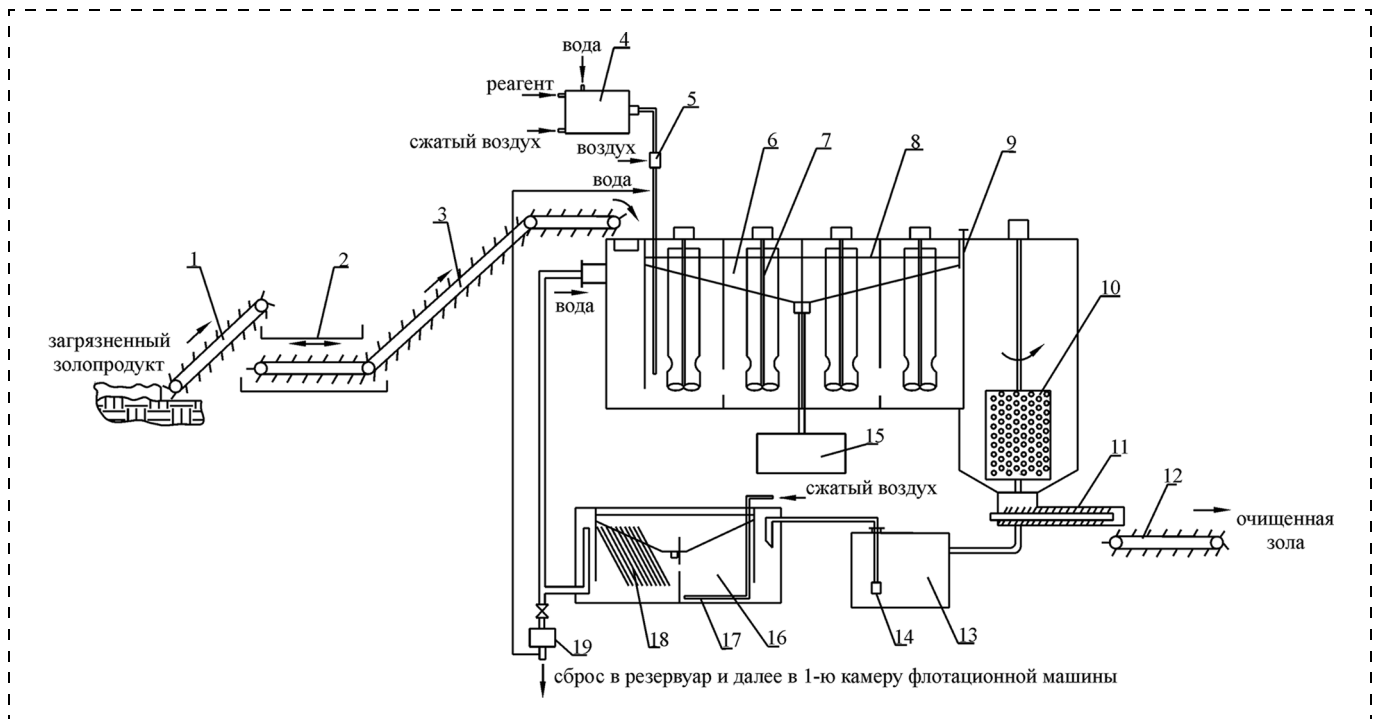


Рис. 5. Схема установки для обработки сухого зольного отхода:

1 — устройство для забора шлама и грунта; 2 — решетка; 3 — транспортер; 4 — узел приготовления раствора реагента; 5 — узел дозирования — эжектор; 6 — механическая флотомашина; 7 — аэраторы; 8 — пенный желоб; 9 — устройство регулирования уровня суспензий; 10 — самоочищающийся фильтр; 11 — шнековый механизм; 12 — транспортер; 13 — промежуточный резервуар; 14 — насос; 15 — пеносорбник; 16 — пневматическая флотомашина; 17 — аэраторы; 18 — тонкослойный блок; 19 — фильтр доочистки

ботка суспензии золы, при которой в пену выделяются частицы несгоревшего угля. Очищенная от несгоревшего угля зольная суспензия выводится из флотационной машины в виде камерного продукта. При этом очищенная зольная суспензия содержит не более 5...7 % угля. Содержание угля в пенном продукте составляет примерно 12...25 %. После 15...40-минутной флотационной обработки содержание несгоревшего угля в золе не превышает 5...12 %.

Для осуществления процесса флотационной обработки угольной золы с оборотной системой водопользования была использована напорная флотационная установка (рис. 4).

Использование такой напорной флотационной установки позволяет получить очищенную воду с показателями по взвешенным веществам не более 5...8 мг/л, а по общему углероду, соответственно, 0,5...1,0 мг/л. Такие значения указанных показателей позволяют применить в данном процессе оборотную систему водопользования.

В целом технологический процесс флотационной обработки угольной золы может быть осуществлен по схеме, показанной на рис. 5. Отдельные элементы этой схемы проработаны на опытных объектах в промышленных условиях. На рис. 5 представле-

ны вариации установки для обработки сухого зольного отхода. Вариант для обработки зольного отхода из системы гидрозолоуловления отличается отсутствием узла 4 приготовления раствора реактива. В этом варианте реагент и сжатый воздух подаются непосредственно в магистраль перед узлом дозирования 5. Вода дополнительно не подается.

Описанный выше способ обработки зольных отходов позволяет расширить потенциальный спектр их использования, в том числе для производства цемента, в качестве наполнителя при строительстве дорог и т. п. В отдельных случаях зольные отходы могут быть использованы в качестве компоненты для производства стеновых блоков. При указанных направлениях использования зольных отходов важнейшее значение имеет контроль за качеством продукции. Только при соблюдении всех нормативных требований к качеству продукции, получаемой с использованием зольных отходов, может быть разрешено их применение.

Список литературы

1. Патент РФ № 2306981 Способ переработки зольных отходов, пр. 12.01.06, рег. 27.09.07; авт. Ксенофонтов Б. С.
2. Ксенофонтов Б. С. Очистка воды и почвы флотацией. — М.: Новые технологии, 2004. — 224 с.



УДК [502.51:504.5]:547.56

Э. М. Соколов¹, д-р техн. наук, проф., Л. Э. Шейнкман¹, д-р техн. наук, проф.,
Т. В. Дмитриева², канд. техн. наук, доц., М. В. Чернова², асп., Д. В. Дергунов¹, магистр,

¹ Тульский государственный университет

² Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана

Исследование деградации фенольных соединений в водных системах под действием физико-химических факторов

На основе экспериментальных исследований раздельного и совместного влияния биоценоза, сорбентов, природных окислителей (H_2O_2 , Fe^{3+}) и УФ-излучения на степень разложения фенольных соединений в воде построен комплекс математических моделей для определения параметров управления и технико-экономического обоснования биоинженерного сооружения. Предложено обоснование происходящих физико-химических процессов. Приведен пример расчета, оптимального с точки зрения текущих затрат сочетания реагентов биоинженерного сооружения.

Ключевые слова: фенол, сорбент, перекись водорода, ионы железа, УФ-излучение, разложение.

Sokolov E. M., Shejnkman L. E., Dmitrieva T. V., Chernova M. V., Dergunov D. V.
Research of degradation of phenolic connections in the water systems under the influence of physical and chemical factors.

On the basis of influence experimental researches biocoenosis, sorbents, natural oxidizers (H_2O_2 , Fe^{3+}) and UV-radiations on degree of decomposition of phenolic connections in water plural regress for definition of parametres operated nature-protection technologies and the feasibility report on a bioengineering construction is constructed. At preset values of the listed parametres initial speed and limiting degree of decomposition of phenolic connections in water are defined.

Keywords: phenol, sorbent, hydrogen peroxide, iron ions, ultra-violet radiation, plural regress.

1. Введение

Фенольные соединения являются обязательными компонентами биологических и биокосных систем. Они — участники и продукты метаболизма растительных и животных организмов. Фенольные соединения в соответствующем качественном и количественном составе не представляют никакой опасности для окружающей среды и человека. Однако вредное действие фенольных соединений проявля-

ется уже при концентрациях выше 0,001 мг/л [1], и они становятся загрязнителями окружающей среды. Источниками загрязнения природных водоемов фенолами служат сточные воды предприятий по переработке древесины и горючих ископаемых, термической переработки топлива, целлюлозно-бумажной, лесохимической, химической промышленности, промышленности органического синтеза, цветной металлургии и др.

Помимо непосредственного негативного действия, фенолы, сбрасываемые со сточными водами в водоемы, интенсивно поглощают при своем окислении растворенный в воде кислород (на 1 мг фенола в среднем потребляется 1,62 мг O_2), что отрицательно сказывается на жизнедеятельности организмов и растений водоемов [2]. Фенолы оказывают негативное влияние на естественные условия миграции ряда элементов вследствие образования комплексных или труднорастворимых соединений [3]. При разовом или нерегулярном воздействии небольших доз фенола от 0,03 мг/м³ у человека наблюдается утомление, головокружение, головная боль, а также снижение иммунитета и обострение аллергических реакций. Фенол быстро всасывается через кожу, дыхательные пути и желудочно-кишечный тракт, концентрируясь затем в почках и печени.

В зависимости от условий производства сточные воды содержат различные количества фенолов и других сопутствующих им продуктов, что послужило причиной появления большого количества методов обесфеноливания. К наиболее перспективным относятся фотохимические процессы [3], достоинством которых является легкость регулирования их скорости в широких пределах с изменением интенсивности светового потока, быстрое и полное их приостановление с прекращением облучения. Кроме того, многие фотохимические процессы безреагентны или требуют малых энергетических затрат.

Однако отсутствие достаточных данных, необходимых для моделирования и масштабирования фотореакторов, недостаточная проработка теоретических основ происходящих реакций под действием факторов, аналогичных природным, обусловили



фундаментальный интерес к проблемам, связанным с фотохимическими и физико-химическими процессами деструкции фенольных соединений, происходящими под воздействием УФ-излучения, а также к исследованию их механизмов с последующим применением в технологии очистки природных и сточных вод от органических соединений.

Целью данного исследования была оценка эффективности процессов деструкции фенольных соединений (на примере бисфенола А (ВРА)) с участием естественного биоценоза, сорбентов и природных окислителей (H_2O_2 и Fe^{3+}) и УФ-излучения.

Экспериментальные исследования [4] проводились с применением жидкостной и газовой хроматографии, атомной абсорбции, твердофазной экстракции, флуориметрического, экстракционно-фотометрического, иодометрического и титрометрического методов на модельных растворах, которые представляли собой смесь 20 % жидкости из котлована, содержащего жидкие промходы от предприятия органического синтеза, так как он является источником фенольных соединений, загрязняющих реку Терепец (приток реки Ока), и 80 % воды из Яченского водохранилища г. Калуги (вода в Яченском водохранилище содержит типичную природную речную биоту, с участием которой осуществляется синтез и разрушение органических веществ, преобразование их форм и миграция химических элементов).

В качестве твердой фазы (иммобилизатора) использовались песок и сорбент из "зикеевских глин" (опал—кristобалит) в соотношении 100 г на 1 л модельного раствора. Имобилизаторы были внесены в модельные растворы для роста и развития микробиоты, а также стабилизации состояния растений. В качестве модельного растения и биоиндикатора была выбрана ряска малая (*Lemna minor*). Биоиндикаторы интегрируют биологически значимые эффекты загрязнения. Они позволяют определять скорость происходящих изменений, делать выводы о степени опасности для человека и полезной биоты конкретных веществ или их сочетаний.

Для определения концентраций фенолов использовалась "Методика выполнения измерений массовой концентрации фенолов в пробах питьевых, природных и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "ФЛЮОРАТ-02" (ПНД Ф 14.1:2:4.182—02).

В результате проведенного эксперимента (табл. 1) концентрация фенолов в модельном растворе в течение 48 ч снизилась на 18 %. Добавление каждого составляющего компонента (ряска малая, песок, сорбент) значительно повышало скорость процесса очистки природной воды от фенолов (см. табл. 1).

Во всех случаях выживаемость ряски малой в модельных смесях превышала 70 %. Следует отметить

Таблица 1

**Изменение концентрации фенольных соединений,
% от исходного значения**

Состав модельной смеси	Экспозиция, ч				
	0	6	24	30	48
Модельный раствор (фенол — 3,04 мг/л)	0	14	20	17	18
Модельный раствор + песок (фенол — 3,04 мг/л)	0	19	16	4	20
Модельный раствор + глина (фенол — 3,04 мг/л)	0	19	18	15	25
Модельный раствор + ряска (фенол — 3,44 мг/л)	0	8	17	19	49
Модельный раствор + ряска + песок (фенол — 3,44 мг/л)	0	29	43	47	58
Модельный раствор + ряска + глина (фенол — 3,44 мг/л)	0	26	44	56	64

значительную разницу в эффективности очистки от фенольных соединений в присутствии ряски и без нее (49 % и 18 % соответственно). В результате применения песка для модельных растворов после 48 часов концентрация фенолов снизилась на 20 % — больше, чем без иммобилизаторов. Применение же сорбента из "зикеевских глин" снижает концентрацию фенолов в течение того же времени на 25 %.

Самая эффективная очистка модельной смеси от фенольных загрязнений наблюдалась в случае применения в качестве твердой фазы навески из "зикеевской глины" и природной речной биоты с ряской — 64 % (см. табл. 1).

Особый интерес представляет исследование деструкции фенольных соединений при фотохимических процессах в водной среде с добавлением активных компонентов, аналогичных действующим при самоочищении природных водоемов (УФ-излучение, перекись водорода, ионы трехвалентного железа), а также с добавлением гуминовых соединений.

2. Реактивы, материалы, оборудование и методы измерения

Объектом исследования являлись модельные растворы, содержащие бисфенол-А концентрациями 5, 20, 50 мкг/л. Бисфенол А [2,2-(4,4-dihydroxydiphenyl)propane] является мономером, используемым для производства множества химических продуктов, таких как сырье для поликарбоната и эпоксидных смол, внутреннего покрытия пищевых банок, стоматологических материалов и систем лекарственных веществ. Бисфенол-А также попадает в водные источники из сточных вод промышленных предприятий, производящих пластиковую продукцию, и городских мусорных свалок.

Чистота ВРА, используемого в эксперименте, 97 %. Водный раствор ВРА (100 мг/л) получен растворением его в дистиллированной воде. Применялся также 30 %-ный раствор H_2O_2 и гуминовые

Таблица 2
Степень разложения ВРА (%) в присутствии УФ-излучения и активатора, содержащего ионы Fe^{3+}

Концентрация		Время облучения, ч					
ВРА, мгк/л	Активатор, г/л	0	1	2	4	10	24
5	0	0	4	8	12	24	44
	0,5	0	6	12	18	35	62
	1	0	11	18	26	43	69
20	0	0	7	9	11	16	27
	0,5	0	15	23	31	44	53
	1	0	25	31	40	55	75
	2	0	27	38	52	68	84
50	0	0	2	3	5	6	8
	0,5	0	4	7	9	11	13
	1	0	7	11	15	18	24
	2	0	11	18	22	33	46

Таблица 3
Степень разложения ВРА (%) в присутствии УФ-излучения и перекиси водорода H_2O_2

Концентрация		Время облучения, ч					
ВРА, мгк/л	H_2O_2 , мг/л	0	1	2	4	10	24
5	0	0	4	8	12	24	44
	5	0	14	19	25	36	57
	50	0	37	58	75	95	99
20	0	0	7	9	11	16	27
	5	0	4	9	18	26	33
	50	0	11	17	29	36	43
	300	0	51	85	99,92	99,99	99,998

соединения (АНА). Результаты элементного анализа АНА, % мас.: С — 42,32; Н — 3,98; N — 0,61; O — 50,32; S — 2,74.

Активатор "полимер, покрытый оксидом железа III" был приготовлен с использованием хлорида железа III $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ($M_w = 270,30$ г/моль), полимера Amberlite 200, мочевины (кристаллической) ($M_w = 60,06$ г/моль) и дистиллированной воды.

Для получения необходимой концентрации ВРА модельные растворы разбавлялись дистиллированной водой до нужного значения. Сравнивалось действие УФ-излучения и природных реагентов при различных концентрациях ВРА (5 мгк/л; 20 мгк/л; 50 мгк/л), H_2O_2 (0; 5 мгк/л; 50 мгк/л; 300 мг/л) и активатора (0; 0,5; 1; 2 г/л), содержащего 0; 4; 8 и 16 ммоль Fe^{3+} , соответственно. Оценивался эффект влияния гуминовых соединений на процессы фотодеградации.

При проведении экспериментов был использован фотохимический реактор, включающий в себя стеклянный цилиндр объемом 2 л, и УФ лампа (длина волны 365 нм, мощность 15 Вт, интенсивность 1 мВт/см²).

Концентрации ВРА измерялись жидкостным хроматографом LC-MS/MS. Промежуточные продукты разложения в период фотодеградации ВРА были определены с помощью газового хроматографа GS-MS. Поскольку концентрации ВРА были в пределах микрограмм на литр, то определить их на хроматографах достаточно сложно, поэтому перед использованием хроматографии проводилось концентрирование ВРА методом твердофазной экстракции.

3. Результаты экспериментов

В результате экспериментов исследовано влияние концентрации активатора на разложение ВРА без перекиси водорода (табл. 2) На рис. 1 показано разложение ВРА в присутствии активатора при концентрации ВРА 20 мгк/л. Влияние концентрации перекиси водорода на разложение ВРА без активатора приведено в табл. 3. На рис. 2 показано раз-

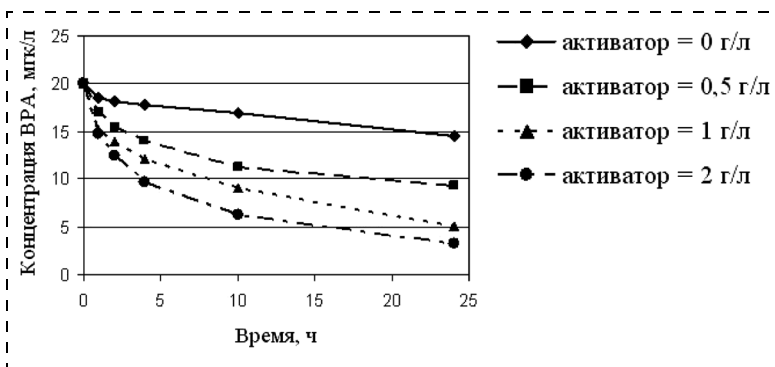


Рис. 1. Разложение ВРА в присутствии активатора, при начальной концентрации ВРА 20 мгк/л

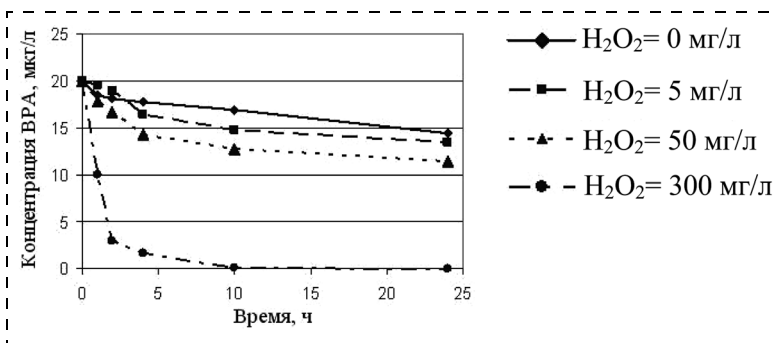


Рис. 2. Разложение ВРА без катализатора в присутствии перекиси водорода при начальной концентрации ВРА 20 мгк/л



ложение ВРА без катализатора в присутствии перекиси водорода при концентрации ВРА 20 мкг/л.

Из полученных данных следует, что с увеличением концентрации перекиси водорода под действием УФ-излучения разложение ВРА происходит наиболее интенсивно.

При облучении водного раствора, содержащего ВРА, УФ-излучением в присутствии H_2O_2 и ионов Fe^{3+} протекают следующие процессы: окисление фенола перекисью водорода; прямой фотолиз фенола; реакции фенола и продуктов его распада с гидроксильными радикалами, образующимися при фотолизе пероксида водорода. Относительная скорость и глубина этих процессов зависят от большого числа факторов: концентрации ВРА, концен-

трации перекиси водорода, концентрации Fe^{3+} , конструкции и характеристик реактора. Влияние ионов Fe^{3+} значительно слабее, чем перекиси водорода. Для эффективности процесса необходимо добавление этих компонентов совместно.

Для построения модели процессов разложения были экспериментально определены изменения концентрации ВРА в модельных растворах в зависимости от общих условий (табл. 4...6). В результате проведенных экспериментов выявлена эффективность влияния УФ-излучения и природных окислителей на разложение фенольных соединений (на примере ВРА).

4. Математическое моделирование процесса разложения

Статистическая обработка экспериментальных данных по разложению ВРА позволила построить нелинейную регрессию следующего вида:

$$\frac{C(t)}{C_0} = 1 - \frac{t}{\rho + \sigma t}, \quad (1)$$

где $C(t)$ — концентрация ВРА, мкг/л, в момент времени t ; C_0 — исходная концентрация ВРА, мкг/л; t — время, ч; ρ и σ — постоянные.

Впервые подобные процессы были описаны уравнением (1) в работе [5].

Таблица 4

Степень разложения ВРА (%) в модельных растворах при исходной концентрации ВРА 5 мкг/л

Время, ч	$H_2O_2 = 0$ мг/л			$H_2O_2 = 5$ мг/л			$H_2O_2 = 50$ мг/л		
	Концентрация активатора, г/л								
	0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	6	11	14	19	21	46	44	37
2	8	12	18	19	21	29	75	83	57
4	12	18	26	25	32	45	85	90	75
10	24	35	43	36	42	54	95	96	95
24	44	62	68	57	71	83	98	98	99

Таблица 5

Степень разложения ВРА (%) в модельных растворах при исходной концентрации ВРА 20 мкг/л

Время, ч	$H_2O_2 = 0$ мг/л				$H_2O_2 = 5$ мг/л				$H_2O_2 = 50$ мг/л				$H_2O_2 = 300$ мг/л			
	Концентрация активатора, г/л															
	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	7	15	13	27	4	6	9	30	11	20	19	31	50	58	58	76
2	9	23	21	38	9	11	16	32	17	27	28	42	85	85	74	79
4	11	30	29	52	18	20	33	46	28	35	40	51	92	94	85	89
10	16	44	43	68	26	33	51	59	36	45	61	34	99	99	96	98,2
24	27	53	53	84	33	58	90	94	43	64	83	90	99,7	99,6	99	99,7

Таблица 6

Степень разложения ВРА (%) в модельных растворах при исходной концентрации ВРА 50 мкг/л

Время, ч	$H_2O_2 = 0$ мг/л				$H_2O_2 = 5$ мг/л				$H_2O_2 = 50$ мг/л				$H_2O_2 = 300$ мг/л			
	Концентрация активатора, г/л															
	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2	0	0,5	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	4	7	11	4	14	19	26	3	16	17	23	10	28	25	21
2	3	7	10	18	7	22	28	32	5	23	25	28	42	47	35	43
4	5	9	15	22	10	26	39	40	8	29	33	35	68	63	58	70
10	6	11	18	33	15	30	40	56	16	36	42	51	93	87	87	95
24	8	13	24	46	18	35	60	83	26	50	60	79	99,8	98,6	98,9	99,9



Начальная скорость разложения может быть определена из (1) путем дифференцирования $C(t)$ по t :

$$\left. \frac{dC(t)}{dt} \right|_{t=0} = -\frac{1}{\rho},$$

где $1/\rho$ — начальная скорость разложения ВРА, $(\text{мкг/л}) \cdot \text{ч}^{-1}$.

Из (1) следует:

$$\left. \frac{C(t)}{C_0} \right|_{t \rightarrow \infty} = 1 - \frac{1}{\sigma},$$

где $1/\sigma$ — максимальное разложение ВРА в соответствии с моделью (1) в относительных единицах.

Преобразование исходной регрессии (1) к виду:

$$\frac{t}{1 - C/C_0} = \rho + \sigma t$$

позволяет по экспериментальным данным найти постоянные ρ и σ и оценить их значимость. Адекватность модели (1) регрессии следует из расчета коэффициентов детерминации R^2 (табл. 7, 8 и 9).

С увеличением концентрации H_2O_2 начальная скорость разложения в модельных растворах возрастает для всех значений ВРА. Добавление активатора в модельные растворы без перекиси водорода также увеличивает скорость разложения, но менее эффективно, чем перекись водорода. Под действием УФ-излучения при добавлении перекиси водорода и активатора начальная скорость разложения ВРА имеет наибольшее значение.

В табл. 8 приведена начальная скорость распада ВРА под действием УФ-излучения и без него.

Результаты эксперимента подтверждают определяющую роль УФ-излучения в прохождении реакций. В табл. 9 приведено максимальное разложение ВРА при заданных условиях.

С увеличением концентрации перекиси водорода для всех значений ВРА максимальное разложение $1/\sigma$ возрастает, при увеличении концентрации активатора $1/\sigma$ также увеличивается. При одновременном использовании перекиси водорода и активатора можно обеспечить заданную степень разложения ВРА.

Промежуточные продукты разложения ВРА определялись с помощью газового хроматографа GC-MS. В течение процесса разложения ВРА были выявлены две химические производные: 1.1-ethenyldenebis-benzene и фенол. Их молекулярная масса составляла в атомных единицах массы 206 и 94 соответственно. В течение 24 ч молекулярная масса производных уменьшалась, что подтверждает разложение ВРА.

Гуминовые кислоты могут быть одним из важных факторов в улучшении разложения ВРА в поверхностных водах при фото-Фентон процессах. Результа-

Таблица 7

Начальная скорость разложения ВРА ($1/\rho$), $(\text{мкг/л}) \cdot \text{ч}^{-1}$
($R^2 = 0,95...0,999$)

ВРА, мкг/л	H_2O_2 , мг/л	Содержание активатора, г/л			
		0	0,5	1	2
5	0	0,04	0,06	0,10	—
	5	0,12	0,16	0,20	—
	50	0,64	0,95	1,09	—
20	0	0,06	0,17	0,22	0,31
	5	0,05	0,06	0,09	0,23
	50	0,14	0,19	0,26	0,25
	300	1,71	2,21	1,39	2,20
50	0	0,02	0,06	0,08	0,11
	5	0,05	0,21	0,18	0,22
	50	0,03	0,16	0,16	0,18
	300	0,48	0,39	0,29	0,32

Таблица 8

Начальная скорость разложения ВРА ($1/\rho$), $(\text{мкг/л}) \cdot \text{ч}^{-1}$
в присутствии и без УФ-излучения ($R^2 = 0,95...0,999$)

ВРА, мкг/л	H_2O_2 , мг/л	При УФ-излучении		Без УФ-излучения	
		Содержание активатора, г/л			
		0	1	0	1
20	0	0,06	0,22	0,06	0,06
	5	0,05	0,09	0,03	0,05
	50	0,14	0,26	0,02	0,02
	300	1,71	1,39	0,03	0,01

Таблица 9

Максимальное разложение ВРА ($1/\sigma$), относительные единицы
($R^2 = 0,95...0,999$)

ВРА, мкг/л	H_2O_2 , мг/л	Содержание активатора, г/л			
		0	0,5	1	2
5	0	0,59	0,68	0,79	—
	5	0,67	0,83	0,96	—
	50	0,97	0,98	0,99	—
20	0	0,33	0,61	0,74	0,84
	5	0,47	0,91	0,99	0,99
	50	0,49	0,71	0,99	0,99
	300	0,56	0,93	0,99	0,99
50	0	0,09	0,14	0,27	0,54
	5	0,21	0,37	0,67	0,95
	50	0,44	0,55	0,68	0,93
	300	0,46	0,98	0,99	0,99

ты экспериментов показали, что добавление гуминовых соединений (АНА) при концентрациях 8 и 15 мг/л улучшает разложение ВРА. Эффект влияния гуминовых соединений (8 мг/л) показан на рис. 3.

В результате обработки экспериментальных данных (см. табл. 5—6, данные табл. 4 не учитывались, так как исходная концентрация ВРА, содержащаяся



бисфенол А концентрации 0,005 мг/л, не превышает ПДК бисфенола А, равную 0,01 мг/л [1]) в статистическом пакете Statistica 6.0 нелинейным многомерным моделированием взаимосвязей была получена кусочно-линейная регрессия, выражающая зависимость степени разложения ВРА $Q_{ВРА}$ (%) в модельных растворах от следующих независимых параметров: исходной концентрации ВРА $C_{ВРА}$ (мг/л); концентрации перекиси водорода $C_{H_2O_2}$ (мг/л); концентрации активатора, содержащего ионы Fe^{3+} C_A (г/л), и времени разложения t (ч):

$$Y = (b_{01} + b_{11}x_1 + \dots + b_{m1}x_m)(Y \leq Y^*) + (b_{02} + b_{12}x_1 + \dots + b_{m2}x_m)(Y > Y^*), \quad (2)$$

где Y^* — точка разрыва, оцененная программными средствами Statistica 6.0; $b_{01}, b_{11}, \dots, b_{m1}$ — коэффициенты линейной регрессии до точки разрыва; $b_{02}, b_{12}, \dots, b_{m2}$ — коэффициенты линейной регрессии после точки разрыва.

Индекс множественной корреляции построенной кусочно-линейной регрессионной модели $R = 0,971$.

В результате оценивания получены две группы параметров регрессионных моделей — до и после точки разрыва ($Q_{ВРА} = 39,2291$ %).

Соответственно, были построены две линейные модели — до точки разрыва по степени разложения — модель (3) и после точки разрыва — модель (4):

$$Q_{ВРА} = 12,40062 - 228,121 C_{ВРА} + 0,163444 C_{H_2O_2} + 9,599198 C_A + 1,420144t; \quad (3)$$

$$Q_{ВРА} = 18,67045 - 254,573 C_{ВРА} + 0,13207 C_{H_2O_2} + 13,71361 C_A + 1,67623t. \quad (4)$$

Смысл точки разрыва заключается в следующем: если степень разложения фактической концентрации ВРА до установленного ПДК не превышает 39,2291 %, то используется модель (3), в противном случае — модель (4).

Для модели (3) коэффициенты регрессии, учитывающие вклад каждого из перечисленных параметров

в величину степени разложения ВРА, являются значимыми для p -уровня, равного 0,01. Двухпараметрический критерий Фишера ($F = 33,35142$; $F \geq F_{0,01; 4; 78} = 3,649$) свидетельствует о статистической значимости коэффициента детерминации ($R^2 = 0,64632758$) для p -уровня 0,01. Статистика Дарбина—Уотсона об отсутствии автокорреляции остатков ($DW = 1,515279$) свидетельствует о достаточной степени адекватности математической модели (3).

Для модели (4) коэффициенты регрессии, учитывающие вклад каждого из перечисленных параметров в величину степени разложения ВРА, также являются значимыми для p -уровня 0,01. Двухпараметрический критерий Фишера ($F = 78,64473$; $F \geq F_{0,01; 4; 56} = 3,828$) свидетельствует о статистической значимости коэффициента детерминации ($R^2 = 0,86049524$) для p -уровня 0,01. Статистика Дарбина—Уотсона свидетельствует об отсутствии автокорреляции остатков ($DW = 1,685205$ и для p -уровня 0,01 удовлетворяет критерию значимости, а именно $DW \geq 1,59$ и $DW \leq 4 \dots 1,59$), что подтверждает высокую степень адекватности математической модели (4).

График наблюдаемых (исходных) и предсказанных математической

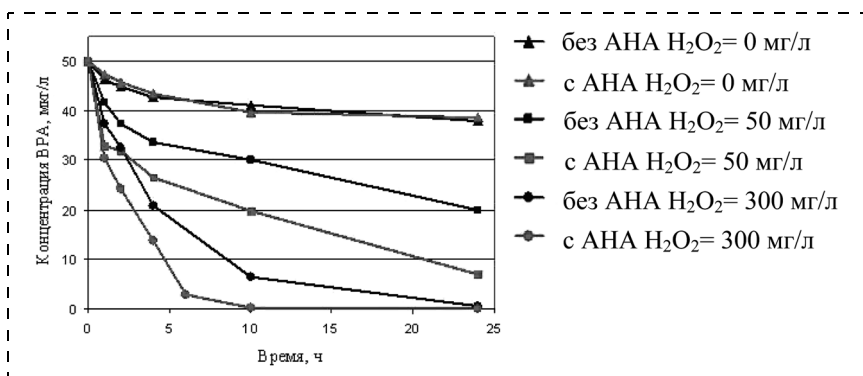


Рис. 3. Эффект влияния гуминовых соединений (8 мг/л) на снижение исходной концентрации ВРА 50 мг/л при содержании активатора 1 г/л

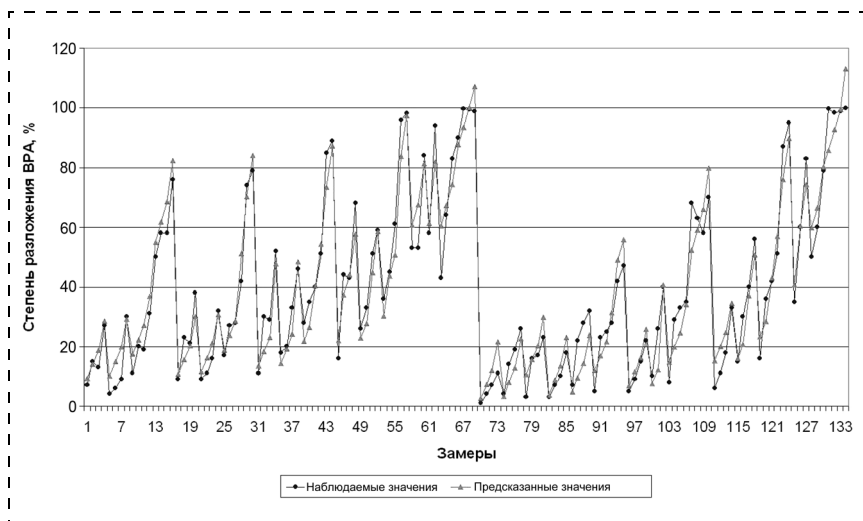


Рис. 4. График наблюдаемых и предсказанных математическими моделями (3) и (4) значений степени разложения ВРА

моделью значений степени разложения ВРА (рис. 4), как и индекс множественной корреляции ($R = 0,971$), отражает высокую степень адекватности полученной математической модели.

На рис. 4 замеры с 1 по 69 соответствуют данным табл. 5 (концентрация ВРА = 20 мкг/л), а замеры с 70 по 133 — данным табл. 6 (концентрация ВРА = 50 мкг/л).

5. Обоснование механизмов происходящих процессов

Известно, что под действием ионизирующего излучения высокой интенсивности молекула воды распадается и формирует ионы, гидратированный электрон и т. д., которые играют важную роль в радиационной химии водных растворов и биологических систем. Потенциалы ионизации атомов и простых молекул, находящихся в основном состоянии, лежат в интервале 4...25 эВ, в частности, для молекулы воды — 6,5 эВ. Энергия фотона УФ-излучения длиной волны 365 нм ~3,4 эВ, что меньше 6,5 эВ. Так как интенсивность света лампы, использованной в эксперименте, не превышала 1 мВт/см², то механизм многофотонной ионизации молекулы воды, скорее всего, не работал [6].

Среди аналитиков, использующих лабораторные микроволновые системы, в основном, для рутинного разложения проб, принято считать [7], что единственным следствием воздействия микроволнового поля на растворы является их быстрый нагрев. Действительно, чаще всего для этих целей используют отведенную международными правилами частоту 2450 МГц (длина волны 12,2 см). Энергия кванта такого излучения в расчете на 1 моль (~1 Дж/моль) недостаточна для разрушения не только химических связей (энергия связи С—Н составляет 350 кДж/моль), но и водородных (~20 Дж/моль) и даже ван-дер-ваальсовых связей (2,5 Дж/моль). Энергия кванта излучения с длиной волны 365 нм в расчете на 1 моль ~330 кДж, что также не превышает энергию связи С—Н. Для разрушения химической связи С—Н необходимо УФ-излучение с длиной волны не более 348 нм.

Однако для химических превращений [7] особое значение имеют изменения в структуре растворителя и сольватированных ионов, поскольку именно сольватные оболочки являются препятствием для протекания реакций с участием ионов и молекул. Не менее важны перераспределение электронной плотности в молекулах и их конформационные изменения под действием электромагнитного поля. В результате изменения состояния оболочек иона он должен стать значительно более активным и доступным для нуклеофильной атаки.

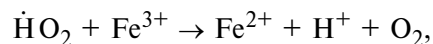
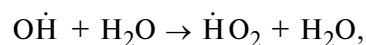
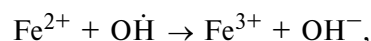
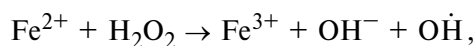
В работе [8] отмечено, что механизм действия света еще окончательно не понят, однако уже нашел

практическое применение фотокатализ из-за простоты, высокой эффективности и экономичности. Фотокатализ определяют [9] как "изменение скорости или возбуждение химических реакций под воздействием света в присутствии веществ (фотокатализаторов), которые поглощают кванты света и участвуют в химических превращениях участников реакции, многократно вступая с ними в промежуточные взаимодействия и регенерируя свой химический состав после каждого цикла таких взаимодействий".

Уже в 1990-х годах стало ясно, что с помощью фотокатализа можно отлично удалять из воздуха и воды практически все примеси. Фотокатализаторов известно довольно много. Например, это TiO₂, успешно применяемый для очистки воздуха от органических примесей при комнатной температуре под воздействием УФ-излучения, соответствующего спектру поглощения этого вещества ($\lambda \leq 400$ нм).

Так же как и в воздухе, в воде органические примеси, попав на поверхность частички TiO₂, могут быть окислены до CO₂ и H₂O. К настоящему времени известно [8], что в облучаемых суспензиях TiO₂ этому процессу подвержены практически любые органические соединения. Однако, как правило, характерные времена полного окисления составляют несколько часов. Это частично связано с существенно более медленной диффузией органических молекул в воде, чем в воздухе. Типичный коэффициент диффузии в воде составляет около 10⁻⁵ см²/с, что, по крайней мере, на четыре порядка меньше, чем в воздухе при нормальных условиях. Возможно, по этой причине проточные реакторы с нанесенным TiO₂ мало эффективны. Использование суспензии TiO₂ считается технологически не совсем удобным, так как требует последующего удаления TiO₂ из потока. В принципе, эти проблемы решаются, однако до сих пор неизвестны примеры практического использования проточных фотокаталитических реакторов с гетерогенным катализатором из TiO₂.

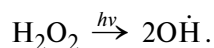
В существующих проточных реакторах для очистки воды от органических примесей используют гомогенные фотокатализаторы, такие как соли железа. Для большей эффективности в воду добавляется окислитель — перекись водорода. В общих чертах механизм действия такой системы можно описать следующим образом:



OH· + органическое соединение → продукты окисления.



Фотоиницирующее действие перекиси водорода обусловлено его способностью разлагаться под действием УФ-излучения с образованием ОН-радикала, который является сильнейшим окислителем:



Эта частица и ответственна за окисление органических соединений в растворе. Под действием света скорость процесса окисления может увеличиться в десятки и даже сотни раз, что подтверждается проведенными экспериментами (см. табл. 8).

При облучении водного раствора, содержащего ВРА, УФ-излучением в присутствии H_2O_2 и ионов Fe^{3+} , скорее всего, протекают следующие процессы: окисление фенола перекисью водорода; прямой фотолиз фенола; реакции фенола и продуктов его разложения с гидроксильными радикалами, образующимися при фотолизе перекиси водорода. Относительная скорость и глубина этих процессов зависят от большого числа факторов: концентрации бисфенола-А, концентрации перекиси водорода H_2O_2 , концентрации Fe^{3+} , конструкции и характеристик реактора. Влияние ионов Fe^{3+} , как показал эксперимент, значительно слабее, чем перекиси водорода. Для эффективности процесса необходимо добавление этих компонентов совместно.

6. Выбор оптимальных значений реагентов биоинженерного сооружения

Определение оптимальных значений параметров процесса деструкции на основе математических моделей (3) и (4) осуществляется в соответствии с критерием оптимизации, отражающим уровень затрат на функционирование биоинженерного сооружения.

При известных $a_{\text{H}_2\text{O}_2}$, a_{A} — удельных единицах затрат на приобретение входящих в математические модели (3) и (4) реагентов, стоимости одного часа a_t эксплуатации биоинженерного сооружения, необходимой степени разложения $Q_{\text{ВРА}}$, исходной концентрации ВРА $C_{\text{ВРА}}$ до ПДК, установленного для загрязнителя, для определения оптимальных значений параметров необходимо решить задачу линейного программирования:

$$a_{\text{H}_2\text{O}_2} C_{\text{H}_2\text{O}_2} + a_{\text{A}} C_{\text{A}} + a_t t \rightarrow \min$$

при условии

$$\begin{aligned} 0,163444 C_{\text{H}_2\text{O}_2} + 9,599198 C_{\text{A}} + 1,420144 t = \\ = Q_{\text{ВРА}} + 228,121 C_{\text{ВРА}} - 12,40064, \end{aligned}$$

если необходима степень разложения $Q_{\text{ВРА}} \leq 39,2291 \%$ или

$$\begin{aligned} 0,13207 C_{\text{H}_2\text{O}_2} + 13,71361 C_{\text{A}} + 1,67623 t = \\ = Q_{\text{ВРА}} + 254,573 C_{\text{ВРА}} - 18,67045, \end{aligned}$$

если необходима степень разложения $Q_{\text{ВРА}} \geq 39,2291 \%$, а также технологических ограничений, накладываемых на время функционирования и реагенты биоинженерного сооружения:

$$t^{\min} \leq t \leq t^{\max},$$

$$C_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\min} \leq C_{\text{H}_2\text{O}_2} \leq C_{\text{H}_2\text{O}_2}^{\max},$$

$$C_{\text{A}}^{\min} \leq C_{\text{A}} \leq C_{\text{A}}^{\max}.$$

Решение задачи линейного программирования средствами MathCAD, например, для необходимой степени разложения $Q_{\text{ВРА}} = 75 \%$ и удельных текущих затратах по каждому реагенту биоинженерного сооружения: $a_{\text{H}_2\text{O}_2} = 0,075$ руб/мг; $a_{\text{A}} = 0,079$ руб/мг; $a_t = 0,421$ руб/ч позволяет получить оптимальные параметры функционирования биоинженерного сооружения: $t = 10$ ч; масса H_2O_2 — 182,389 г; масса активатора — 2 г.

Таким образом, предложенный подход позволяет создать управляемую природозащитную технологию и обосновать технико-экономические показатели биоинженерного сооружения.

Список литературы

1. **Гигиенические** нормативы ГН 2.1.5.1315—03 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно бытового водопользования" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27 апреля 2003 г.).
2. **Харламович Г. Д., Чуркин Ю. В.** Фенолы. — М.: Химия, 1974. — 376 с.
3. **Tanaka S., Kawai M., Nakata Y., Terashima M., Kuramitz and Fukushima M.** // *Toxicol. And Environ. Chem.* — 2003. — Vol. 85. — Nos. 4—6. — P. 95—102.
4. **Чернова М. В., Дмитриева Т. В.** Некоторые аспекты деградации бисфенола А в водных системах // *Экологические системы и приборы.* — 2008. — № 8. — С. 19—27.
5. **Chan K. H., Chu W.** // *Water research* 37 (2003) 3997 — 4003.
6. **Делоне Н. Б.** Нелинейная ионизация атомов лазерным излучением // *Соросовский Образовательный Журнал.* — 2001. — Т. 7. — № 11. — С. 94—101.
7. **Кубракова И. В.** Микроволновое излучение в аналитической химии: возможности и перспективы использования // *Успехи химии.* — 2002. — 71 (4). — С. 327—340.
8. **Савинов Е. Н.** Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха: *Химия // Соросовский образовательный журнал.* 2000. Т. 6. № 11. С. 52—56.
9. **Пармон В. Н.** Фотокатализ: Вопросы терминологии // *Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии / Под. ред. К. И. Замараева, В. Н. Пармона.* — Новосибирск: Наука, 1991. — С. 7—17.

УДК 614.842

Н. Г. Топольский, д-р техн. наук, проф.,
Академия ГПС МЧС России,
Ф. В. Демехин, канд. техн. наук,
Государственный пожарный надзор МЧС России

Комплексная оценка эффективности автоматизированных систем противопожарной защиты предприятий нефтепереработки с использованием видеотехнологий

Приведены данные комплексной оценки эффективности новых технических средств пожарной сигнализации с использованием видеотехнологий, а также их применение в автоматизированных системах противопожарной защиты объектов нефтепереработки.

Ключевые слова: пожарный извещатель, видеотехнология, видеоизвещатель, система противопожарной защиты, пожарная сигнализация, оценка эффективности.

Topolskiy N. G., Demehin F. V. Complex assessment of the effective of automated systems of the fire-prevention protection of enterprises for oil refining using video technology.

Is carried out the complex assessment of the effective of new technology fire alarm systems using video technology, their use in the automated systems of the fire-prevention protection of oil refining.

Keywords: fire sensor control, fire video system, system of fire-prevention protection, the fire alarm system, an efficiency estimation off fire system.

Для оценки эффективности сложных технических систем противопожарной защиты предприятий нефтеперерабатывающего комплекса могут быть выбраны следующие основные показатели [1]:

— для оценки влияния пожарного видеоизвещателя на эффективность системы автоматической пожарной сигнализации (АПС) — время срабатывания извещателя (инерционность) и вероятность ложной тревоги;

— для оценки влияния подсистем на эффективность автоматизированной системы противопожарной защиты (АСПЗ) — показатель, характеризующий изменение уровня пожарной опасности;

— для оценки экономической эффективности АСПЗ в целом — показатель, характеризующий величину предотвращенного материального ущерба.

Для оценки влияния характеристик пожарного видеоизвещателя на эффективность системы сигнализации ввиду отсутствия аналитических моделей может быть использован метод анализа иерархий [2].

Структурная схема показателей эффективности пожарной сигнализации по данному методу представлена на рис. 1. Предложено оценивать качество каждого из пяти видов пожарных извещателей по двум основным показателям — инерционности (времени срабатывания) и вероятности ложной тревоги, а эффективность системы автоматической пожарной сигнализации в целом — по времени обнаружения пожара $T_{обн}$ и вероятности ложной тревоги $P_{лт}$.

Для получения экспертных оценок была привлечена группа из семи квалифицированных экспертов, длительность работы каждого из которых в данном направлении составила более 10 лет. Оценка влияния производилась отдельно для каждого эксперта за три этапа (итерации). На первом этапе оценивалось влияние инерционности и вероятности ложной тревоги на эффективность АПС. На втором этапе

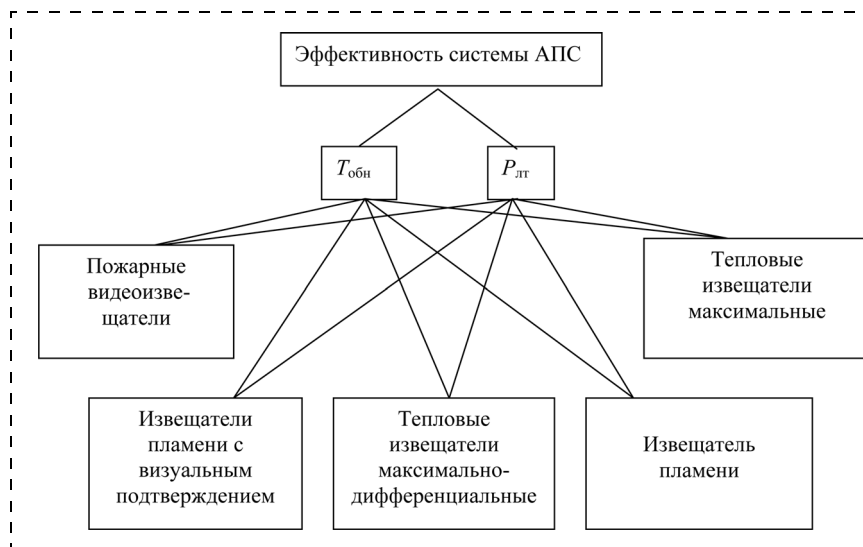


Рис. 1. Иерархия показателей эффективности системы АПС



оценивалось влияние на время обнаружения пожара и вероятность ложной тревоги каждого из пяти видов пожарных извещателей для обнаружения пожара на открытых технологических установках и резервуарах с нефтепродуктом: видеоизвещателя, извещателя пламени с визуальным подтверждением [3], теплового максимально-дифференциального извещателя, извещателя пламени и теплового максимального извещателя. На третьем этапе оценивалось влияние каждого из указанных выше видов пожарных извещателей на эффективность системы пожарной сигнализации.

По результатам оценивания для каждого извещателя определялись следующие параметры:

— среднее значение коэффициента влияния для каждого вида извещателей, рассчитываемое по формуле

$$\bar{z} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 z_i, \quad (1)$$

где i — номер эксперта;

Таблица 1

№ эксперта	Тип пожарного извещателя				
	Пожарный видеоизвещатель	Пламени с визуальным подтверждением	Тепловой максимально-дифференциальный	Извещатель пламени	Извещатель тепловой максимальный
1	0,407	0,275	0,158	0,069	0,091
2	0,351	0,295	0,185	0,107	0,062
3	0,435	0,252	0,15	0,11	0,053
4	0,326	0,315	0,195	0,11	0,054
5	0,42	0,265	0,154	0,095	0,066
6	0,32	0,317	0,22	0,108	0,035
7	0,35	0,305	0,17	0,123	0,052
\bar{z}	0,372714286	0,289143	0,176	0,103143	0,059
s	0,046974157	0,025472	0,025489	0,017121	0,017166
$t_{\text{изм}}$	7,934453948	11,35152	6,905059	6,024202	3,437055
α	0,000212962	2,8E-05	0,000456	0,000944	0,013851

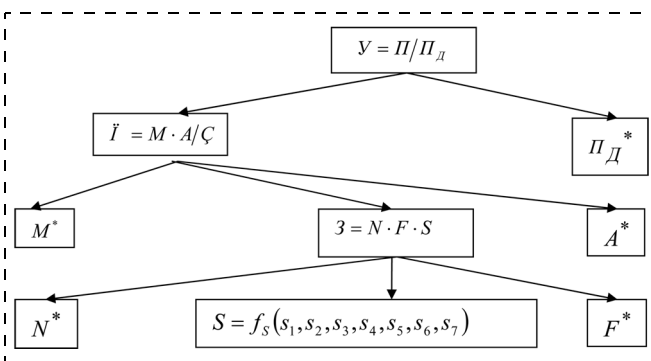


Рис. 2. Иерархия показателей эффективности автоматизированной системы противопожарной защиты с использованием видеотехнологий

— несмещенная оценка среднеквадратического отклонения среднего значения коэффициента влияния, вычисленная по формуле

$$s = \sqrt{\frac{1}{6} \sum_{i=1}^7 (z_i - \bar{z})^2}; \quad (2)$$

— параметр распределения Стьюдента, вычисляемый по формуле

$$t_{\text{изм}} = \bar{z} / s; \quad (3)$$

— уровень значимости α — вероятность того, что гипотеза о влиянии пожарного извещателя на эффективность АСПЗ неверна.

Данные оценивания различными экспертами параметры, рассчитанные по формулам (1)–(3), а также уровни значимости α , найденные по статистическим таблицам распределения Стьюдента, представлены в табл. 1. В результате анализа таблицы можно сделать перечисленные ниже выводы.

Для стандартного уровня значимости $\alpha = 0,01$ влияние всех типов извещателей, кроме теплового, на эффективность пожарной сигнализации предприятий нефтеперерабатывающего комплекса является статистически значимым.

Среднее значение коэффициента влияния для пожарных видеоизвещателей составляет 37 %, извещателей пламени с визуальным подтверждением — 29 %, тепловых максимально-дифференциальных извещателей — 18 %. Коэффициент влияния других извещателей существенно ниже.

Таким образом, пожарные видеоизвещатели в системах пожарной сигнализации на открытых технологических установках и резервуарах с нефтепродуктом обладают наивысшей оценкой эффективности.

Для оценки влияния подсистемы обнаружения пожара с использованием видеотехнологий на эффективность автоматизированной системы противопожарной защиты были использованы совместно модифицированный метод Гретенера [4] и метод анализа иерархий. Структура показателей эффективности АСПЗ представлена на рис. 2.

На рис. 2 приняты следующие обозначения: Y — уровень пожароопасности; P — показатель пожароопасности объекта; P_d — допустимое значение пожароопасности; M — потенциальная опасность, учитывающая влияние всех основных факторов, способствующих возникновению и развитию пожара; A — фактор активации, отражающий вероятность возникновения пожара, связанную с видом использования объекта; Z — фактор, учитывающий влияние имеющихся на объекте средств и систем противопожарной защиты; N — показатель, учитывающий наличие на объекте систем предотвращения пожара; F — показатель, характеризующий общую пожарную



безопасность применяемых технологических процессов на предприятии; S — общий показатель качества подсистем, входящих в состав АСПЗ, s_1 — s_7 — частные показатели качества подсистем: s_1 — показатель наличия и качества системы пожарной сигнализации; s_2 — показатель наличия и качества подсистемы передачи извещений о пожаре на пост пожарной службы; s_3 — показатель боевой готовности и уровня подготовленности пожарно-спасательных подразделений, обслуживающих объект; s_4 — показатель наличия и типа установок автоматического пожаротушения; s_5 — показатель наличия и качества системы оповещения людей при пожаре; s_6 — показатель наличия и качества систем водяного орошения (либо дымоудаления) при пожаре; s_7 — показатель наличия и качества системы цифрового телевидения, интегрированного в автоматизированную систему противопожарной защиты.

Запись вида P_D^* на рис. 2 означает, что дальнейшая детализация данного параметра в виде формулы не представляет интереса для оценки эффективности АСПЗ. Запись вида $S = f_s(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7)$ означает, что для предприятий нефтеперерабатывающего комплекса на данном этапе не существует аналитических зависимостей между показателем S и частными показателями s_1 — s_7 и для оценки используется метод анализа иерархий.

Для оценки влияния закрытой системы цифрового телевидения, интегрированной в автоматизированную систему противопожарной защиты, на показатель S требуется вычислить величину этого показателя в случае применения системы телевидения и без нее. По разности ΔS можно судить о вкладе видеотехнологий в численное значение показателя S , т. е. о технической эффективности.

Анализ полученных данных позволяет сделать перечисленные ниже выводы.

Для стандартного уровня значимости $\alpha = 0,01$ влияние всех подсистем и средств, кроме системы водяного орошения, на эффективность АСПЗ с применением видеотехнологий является статистически значимым.

Среднее по семи экспертам значение веса подсистем, учитывающее их влияние на эффективность АСПЗ, составляет: 31 % — для системы сигнализации, 3 % — для средств передачи извещений о пожаре на пост пожарной службы, 5 % — для показателей боевой готовности и уровня подготовленности пожарно-спасательных подразделений, 11 % — для установок автоматического пожаротушения, 9 % — для системы оповещения и эвакуации людей и 37 % — для системы цифрового телевидения, интегрированного в автоматизированную систему противопожарной защиты. Влияние системы водяного

орошения составляет 4 %, однако эта цифра статистически недостоверна.

Как видно из приведенных выше данных, наиболее эффективными для построения АСПЗ пожароопасных объектов предприятий нефтепереработки с применением видеотехнологий являются подсистемы АПС и цифрового телевидения, интегрированные в автоматизированную систему противопожарной защиты.

Таким образом, среднее приращение параметра S за счет применения систем видеотехнологий в АСПЗ $\Delta S = 0,37$, поэтому приращение фактора пожарной защиты ΔZ будет

$$\Delta Z = 0,37NF.$$

Продвигаясь выше по иерархии (см. рис. 2), получим приращение показателя пожароопасности объекта

$$\Delta \Pi = \frac{PA}{Z} - \frac{PA}{Z - \Delta Z} = -0,59 \frac{PA}{Z},$$

а затем — приращение уровня пожароопасности

$$\Delta Y = \frac{\Delta \Pi}{P_D} = -0,59 \frac{PA}{3P_D}.$$

Значительное отрицательное значение приращения ΔY свидетельствует, что применение АСПЗ с использованием видеотехнологий на предприятиях нефтеперерабатывающего комплекса позволит существенно снизить уровень пожароопасности.

Для оценки экономической эффективности АСПЗ с использованием видеотехнологий была использована методика, изложенная в ГОСТ 12.1.004—91 [5], модифицированная с учетом специфики предметной области. При оценке экономической эффективности предполагалось, что при пожаре людские потери отсутствуют, что обеспечивается применением АСПЗ.

Предотвращенный ожидаемый годовой ущерб вычислялся по формуле

$$W_{\Pi} = W_M - W, \quad (4)$$

где W_M — ожидаемый ущерб, который может быть нанесен пожаром при отсутствии системы пожарной безопасности; W — ожидаемый ущерб, который может быть нанесен пожаром с учетом возможностей системы пожарной безопасности; величины W_M и W для предприятий нефтеперерабатывающего комплекса могут быть вычислены по формулам

$$W_M = \frac{P_{\Pi}(3RT_B + W_{\text{ОФ}})}{(1 - P_{\Pi})^2}, \quad (5)$$

$$W = \frac{P_{\Pi}}{(1 - P_{\Pi})^2} \frac{V}{V_0} (3RT_B + W_{\text{ОФ}} + Z_{\text{СПБ}}), \quad (6)$$



Таблица 2

Экономические параметры объекта, подлежащего защите системой противопожарной защиты

Параметры	Номер резервуара			Всего по предприятию
	1	2	3	
Приведенная стоимость основных фондов $W_{\text{ОФ}}$, руб.	$1,0 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^8$	$3,0 \cdot 10^8$	$6,0 \cdot 10^8$
Приведенные затраты на систему противопожарной защиты $Z_{\text{СПБ}}$, руб.	$5 \cdot 10^6$	10^7	$1,5 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$
Априорная вероятность пожара $P_{\text{п}}$	0,10	0,15	0,30	—
Объем нефтепродукта в резервуаре, м^3	1000	5000	5000	11 000
Скорость выгорания, $\text{м}^3/\text{мин}$	10	10	10	—
Время восстановления при полном выгорании с учетом косвенных затрат $T_{\text{в}}$, год	0,02	0,03	0,05	—

Таблица 3

Ожидаемый предотвращенный годовой ущерб $W_{\text{п}}$ (руб.) в зависимости от времени обнаружения пожара и времени срабатывания средств пожаротушения

Время обнаружения пожара t_1 , мин	Время срабатывания средств пожаротушения t_2 , мин				
	0,5	1	1,5	2	2,5
0,5	$148 \cdot 10^6$	$109 \cdot 10^6$	$62 \cdot 10^6$	$19 \cdot 10^6$	$-3 \cdot 10^7$
1	$109 \cdot 10^6$	$62 \cdot 10^6$	$19 \cdot 10^6$	$-3 \cdot 10^7$	$-3 \cdot 10^7$
1,5	$62 \cdot 10^6$	$19 \cdot 10^6$	$-3 \cdot 10^7$	$-3 \cdot 10^7$	$-3 \cdot 10^7$
2	$19 \cdot 10^6$	$-3 \cdot 10^7$	$-3 \cdot 10^7$	$-3 \cdot 10^7$	$-3 \cdot 10^7$

где $W_{\text{ОФ}}$ — основные фонды предприятия; R — приведенный годовой объем обращения нефтепродукта (в денежном выражении); $Z_{\text{СПБ}}$ — приведенные затраты на систему противопожарной безопасности; $T_{\text{в}}$ — время полного выгорания нефтепродукта; 3 — коэффициент, учитывающий косвенные убытки; $P_{\text{п}}$ — априорная вероятность возникновения пожара; V_0 — объем сгоревшего нефтепродукта при отсутствии АСПЗ; V — объем нефтепродукта, выгоревшего с учетом влияния АСПЗ. Значение V находится по формуле

$$V = \pi v_{\text{гор}}^2 (t_1 + t_2)^2, \quad (7)$$

где t_1 — время, затраченное на обнаружение пожара; t_2 — время задействования средств пожаротушения; $v_{\text{гор}}$ — скорость выгорания нефтепродукта с начальной стадии пожара, мм/мин.

С использованием выражений (5)–(7) выполнена оценка экономической эффективности АСПЗ с применением видеотехнологий на примере предприятия с тремя резервуарами для хранения нефтепродуктов. Резервуары различаются производственными параметрами, степенью пожарной опасности и параметрами системы пожарной безопасности (табл. 2). Годовой объем выпуска продукции предприятия в денежном выражении составляет $3 \cdot 10^8$ руб. В случае простоя предприятие несет убытки, пропорциональные доле времени от простоя от одного года, помноженной на годовой объем выпуска продукции. Штрафные санкции в два раза превышают потери за счет простоя.

Для 1-го, 2-го и 3-го резервуаров по формуле (5) получены соответственно следующие значения ущерба при отсутствии системы пожарной безопасности: $W_{\text{М1}} = 1,457 \cdot 10^7$ руб., $W_{\text{М2}} = 4,713 \cdot 10^7$ руб.; $W_{\text{М3}} = 2,112 \cdot 10^8$ руб. Общий ожидаемый предотвращенный годовой ущерб, вычисленный по формулам (4)–(6) для различных значений времен t_1 и t_2 , представлен в табл. 3. Из таблицы следует, что установка АСПЗ с использованием видеотехнологий на предприятии позволит снизить ожидаемую величину ущерба от возможных пожаров при малых временах t_1 и t_2 и не дает эффекта — при больших t_1 и t_2 .

Анализ данных табл. 3 показывает, что АСПЗ с параметрами, приведенными в табл. 2, не способна потушить пожар в резервуаре 1. Наибольший эффект АСПЗ дает для резервуара 3.

Таким образом, проведенная комплексная оценка позволяет определить параметры и условия эффективного применения новых технических средств пожарной сигнализации с использованием видеотехнологий, а также АСПЗ объектов нефтепереработки на их основе.

Список литературы

1. **Абросимов А. А., Топольский Н. Г., Федоров А. В.** Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. — М.: Академия ГПС МВД России, 2000 г. — 239 с.
2. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1963.
3. **Демехин Ф. В.** Методы обнаружения пожара на основе видеотехнологий // Пожаровзрывобезопасность, № 2. — Пожнаука, 2006. — С. 33–39.
4. **Осипова М. Н.** Методическое пособие по оценке пожарной опасности помещений различного назначения методом Гретенера. — М.: НОУ "Такир", 1998. — 66 с.
5. **ГОСТ 12.1.004—91** ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.

УДК 614.841

Рубцов Д. Н., инж., **Сучков В. П.**, д-р техн. наук, проф.,
Рубцов В. В., канд. техн. наук, проф.,
Академия ГПС МЧС России, г. Москва

Модель нагрева шпильки фланцевого соединения в пожаре

Описана разработанная авторами модель распределения потоков во фланцевом соединении. Дано уравнение, позволяющее оперативно определять температуры нижней шпильки как наиболее уязвимого элемента фланцевого соединения.

Ключевые слова: фланцевое соединение, шпилька, тепловой поток, температура.

Rubcov D. N., Suchkov V. P., Rubcov V. V.
The model of heating sting and flange junction on fire.

The distribution of thermal torrents in a flange junction has been created. The equation has been formed to determine temperature of down sting as vulnerable element of flange junction.

Keywords: flange junction, sting, thermal torrents, temperature.

Фланцевые соединения (ФС) на взрывопожароопасных объектах, таких как резервуарные парки, магистральные трубопроводы, насосные по перекачке нефтепродуктов и т. д., являются наиболее "слабыми местами" и при нормальном режиме эксплуатации, и особенно при пожаре. В результате нарушения их герметичности возникают утечки горючих жидкостей и газов, что, в свою очередь, приводит к увеличению масштаба пожара и длительности его тушения.

Фланцевые соединения имеют болты и шпильки, которые удлиняются при воздействии пламени. При высоких тепловых нагрузках на фланцевое соединение часто происходит их разгерметизация, что может привести к разливу дополнительного объема жидкости [1].

Особенности пожарной опасности фланцевых соединений подтверждают случаи характерных пожаров.

Известен случай пожара, который произошел на заводе фирмы Du Pont de Nemours & Co (США) в результате утечки нагретого газа через фланцевое соединение трубопровода, работающего под давлением 2,8 МПа. Так как температура газа была выше температуры самовоспламенения, то при его утечке через прокладку фланца заслонки образовалось слабое пламя. Первоначально небольшое пламя

вызывало нагрев болтов и их температурное удлинение, что привело к полной потере герметичности соединения и пожару в цехе [2].

В ходе разведки пожара на одной из атомных электростанций установлено, что горит трансформатор блока номер 1, а через разгерметизированные фланцевые соединения и поврежденные огнем высоковольтные вводы происходит вытекание масла.

На одном из нефтеперерабатывающих заводов произошла авария на вакуумном блоке установки первичной переработки нефти. Разрушились штуцера на трансферной линии подачи мазута в вакуумную колонну, вследствие этого возникло возгорание на поверхности аппарата, которое распространилось на площадку около насосов и в пространство под опорной обечайкой. При попытке тушения огня внутри опорной обечайки произошла разгерметизация фланцевых соединений, сопровождающаяся хлопками, выходом мазута из колонны и увеличением интенсивности горения.

Конструктивные особенности аппарата, выход большого количества мазута и интенсивное горение не позволили эффективно бороться с огнем внутри опорной обечайки. При этом велось охлаждение корпуса в доступных местах, поскольку охлаждение несущих конструкций колонны затруднялось из-за наличия теплоизоляции. Через 1 час и 15 минут после начала горения произошло падение колонны [3].

Постановка задачи

Предел огнестойкости фланцевого соединения определяется временем наступления предельного состояния, которое предложено определять как потерю герметичности данного соединения, наступающую главным образом за счет более интенсивного нагрева нижней или лобовой шпильки фланцевого соединения по сравнению с другими элементами фланцевой арматуры, следствием чего является ее удлинение и ослабление степени затяжки.

В связи с этим была поставлена задача разработки аналитического метода определения температуры шпильки фланцевого соединения при нахождении ее в пожаре с целью дальнейшего использования этого метода для расчета огнестойкости фланцевого соединения.

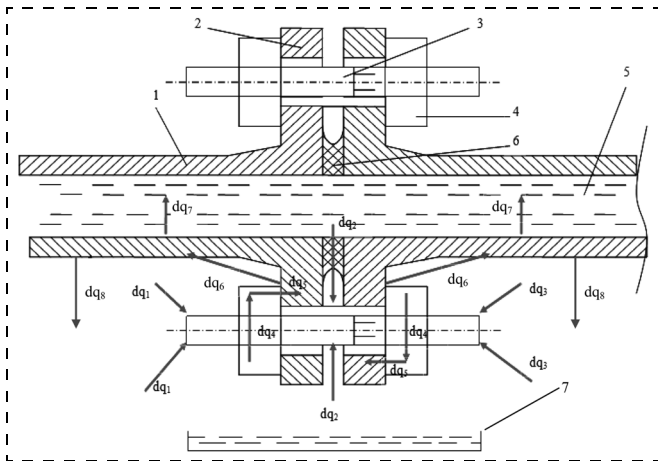


Рис. 1. Физическая схема к обоснованию математической модели нагрева шпильки фланцевого соединения при омывании ее пламенем пожара:

1 — корпус экспериментальной установки; 2 — шека ФС; 3 — шпилька; 4 — гайка; 5 — жидкость; 6 — прокладка; 7 — поддон с горючей жидкостью

Физическая модель нагрева и вывод уравнения

Проблема взаимодействия пламени с поверхностью твердого тела очень сложна и многообразна. В тепловом отношении со стороны пламени на тело воздействует как радиационный, так и конвективный тепловой поток [4].

Падающий от факела горящего нефтепродукта тепловой поток приводит к нагреву фланцевого соединения. В этом сложном теплообмене распределение теплоты можно представить следующим образом.

На шпильку фланцевого соединения (далее — шпильку) падает тепловой поток. Определенное количество теплоты, получаемой шпилькой, расходуется на изменение внутренней энергии шпильки, а также на теплопотери, главным образом, в окружающую среду и к гайке. Это связано с тем, что шпилька крепится и контактирует с другими элементами во фланцевой арматуре за счет гаек, следовательно, и теплообмен происходит только с гайкой.

Теплота, полученная гайкой от шпильки, расходуется на обмен энергией с шекой фланцевого соединения, которая, в свою очередь, отдает часть теплоты непосредственно корпусу трубопровода, а также жидкости, находящейся внутри. Часть теплоты отдается в окружающую среду.

Основные направления тепловых потоков во фланцевом соединении (ФС) могут быть представлены схемой, приведенной на рис. 1.

Уравнение теплового баланса

На основании принятой схемы, учитывающей наиболее важные факторы, составим уравнение те-

плового баланса шпильки фланцевого соединения при омывании ее пламенем пожара.

$$dq_1 + dq_2 + dq_3 - dq_4 - dq_5 - dq_6 - dq_7 - dq_8 = 0, (1)$$

где dq_1 — количество теплоты, получаемой шпилькой от теплообмена с факелом пожара в правой части; dq_2 — количество теплоты, получаемой шпилькой от теплообмена с факелом пожара в центральной части; dq_3 — количество теплоты, получаемой шпилькой от теплообмена с факелом пожара в левой части; dq_4 — количество теплоты, затрачиваемой шпилькой на изменение внутренней энергии; dq_5 — количество теплоты, отдаваемой гайке и щеке фланца; dq_6 — количество теплоты, отдаваемой трубопроводу; dq_7 — количество теплоты, отдаваемой жидкости; dq_8 — количество теплоты, отдаваемой в окружающую среду.

Количество теплоты dq , получаемой шпилькой в течение времени dt , можно обобщить как сумму поглощаемых тепловых потоков и представить в следующем виде:

$$dq_1 + dq_2 + dq_3 = qdt, (2)$$

где qdt — количество теплоты в общем тепловом балансе, расходуемое на изменение внутренней энергии.

Количество теплоты, затрачиваемой шпилькой на изменение внутренней энергии

$$dq_4 = C_{ш} \rho_{ш} \delta_{ш} dt_{ш}, (3)$$

где $C_{ш}$ — удельная теплоемкость шпильки; $\rho_{ш}$ — плотность шпильки; $\delta_{ш}$ — характерная толщина шпильки; $t_{ш}$ — температуры шпильки.

Вообще процесс теплообмена в элементах фланцевого соединения носит довольно сложный характер, поэтому на данном этапе исследований целесообразно объединить члены уравнения (1), учитывающие теплообмен шпильки с другими элементами фланцевого соединения (dq_5, dq_6, dq_7), а также с окружающей средой (dq_8), в один общий член с коэффициентом теплоотдачи в лучисто-конвективном теплообмене α , т. е.

$$dq_5 + dq_6 + dq_7 + dq_8 = \alpha(t_{ш} - t_{oc})dt, (4)$$

где t_{oc} — температура окружающей среды.

С учетом изложенного уравнение теплового баланса шпильки фланцевого соединения (1) упрощается и принимает вид

$$qdt = C_{ш} \rho_{ш} \delta_{ш} dt_{ш} + 2\alpha(t_{ш} - t_{oc})dt, (5)$$

где $2\alpha(t_{ш} - t_{oc})dt$ — количество теплоты, отдаваемое шпилькой в окружающую среду и гайку за единицу времени dt .

Теплота от шпильки теряется как в окружающую среду, так и к гайке. Поэтому при расчетах

температуры шпильки допускаем, что коэффициент теплоотдачи равен 2α .

Проведенные эксперименты показывают, что переток теплоты от наиболее нагретого участка шпильки к другим элементам фланцевой арматуры имеет незначительную величину и существенно не влияет на максимальное значение температуры шпильки. В общем виде уравнение, описывающее нагрев шпильки фланцевого соединения с учетом этого допущения, имеет вид:

$$\frac{dt_{ш}}{d\tau} = \frac{q_n - 2\alpha(t_{ш} - t_{oc})}{C_{ш}\rho_{ш}\delta_{ш}}. \quad (6)$$

Для учета перетоков теплоты от лобовой шпильки к другим элементам фланцевой арматуры в уравнение (6) вводим коэффициент K , определяемый по формуле:

$$K = -\frac{C_{ш}\rho_{ш}\delta_{ш}}{2\alpha\tau} \ln(1 - \Theta_{ш}). \quad (7)$$

Расчеты проводились при следующих теплофизических величинах материала шпильки: $C_{ш}$ — удельная теплоемкость шпильки $500 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $\rho_{ш}$ — плотность шпильки $7800 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $\delta_{ш}$ — характерная толщина шпильки $0,01 \text{ м}$ [5–7].

Безразмерную текущую температуру шпильки находим по результатам серии экспериментов по формуле:

$$\Theta_{ш} = \frac{t_{ш} - t_{oc}}{t_{ш,max} - t_{oc}}, \quad (8)$$

где $t_{ш}$ — экспериментальные значения температуры шпильки, °С; t_{oc} — температура окружающей среды; $t_{oc} = 30 \text{ °С}$.

Максимальную температуру шпильки $t_{ш,max}$ (температура с течением времени остается неизменной или ее температурное поле будет стационарным) находим по формуле [8]:

$$t_{ш,max} = \sqrt{4900 + 6,8q} - 70 + t_{oc}, \quad (9)$$

где q — тепловой поток, приходящийся на шпильку при омывании пламенем пожара, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$.

При определении теплового потока q , приходящегося на шпильку, был использован ранее накопленный опыт экспериментально-теоретических исследований, связанный с омыванием стержневой конструкции пламенем пожара. После анализа имеющихся данных [4] определили, что при нахождении нижней или лобовой части фланцевого соединения в пламени горючей жидкости тепловые потоки будут находиться в пределах $70 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$, что и приняли в расчете.

Коэффициент теплоотдачи α определяем по формуле [8]:

$$\alpha = 0,95q/2(t_{ш,max} - t_{oc}). \quad (10)$$

Максимальная температура шпильки $t_{ш,max}$ и коэффициент теплоотдачи α , рассчитанные по формулам (9) и (10), составят 653 °С и 54 Вт/м^2 соответственно.

Коэффициент K при указанных выше теплофизических характеристиках, полученных значениях α и $t_{ш,max}$, а также значениях Θ , рассчитанных по формуле (8), равен $0,182$.

Решение уравнения (6) относительно $t_{ш}$ при следующих начальных условиях $\tau = 0$, $t_{ш} = t_{oc}$ для момента времени τ будет иметь вид:

$$t_{ш} = \frac{q_n}{2\alpha} - \left[1 - \exp\left(-\frac{K2\alpha\tau}{C_{ш}\rho_{ш}\delta_{ш}}\right) \right] + t_{oc}. \quad (11)$$

С целью проверки разработанного аналитического метода расчетные значения текущей температуры лобовой шпильки как наиболее уязвимого соединительного элемента во фланцевой арматуре в условиях пожара сопоставлены с экспериментальными данными, взятыми до момента потери герметичности фланцевого соединения при проведении огневых испытаний. Результаты исследования сопоставлены на рис. 2.

Из графика видно, что разработанный расчетный метод удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными, что подтверждает его адекватность.

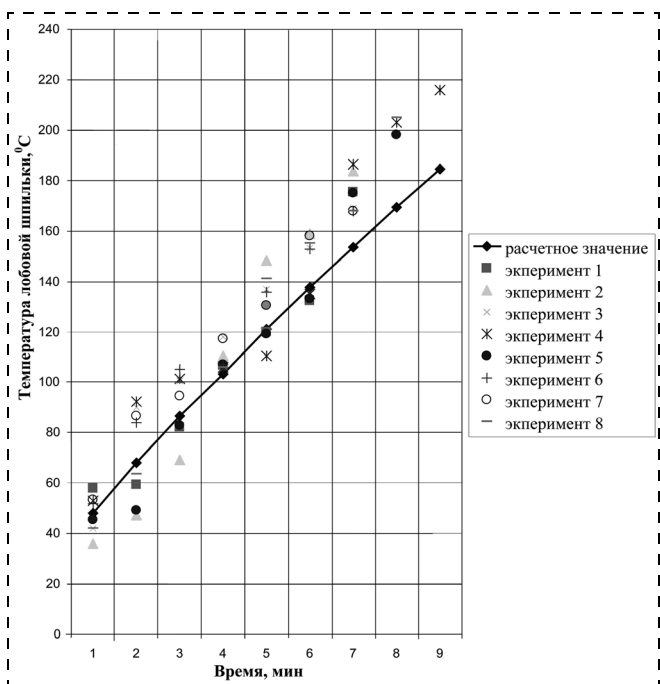


Рис. 2. Изменение температуры в лобовой шпильке фланцевого соединения



Список литературы

1. **Тушение** пожаров внутри и снаружи надземных резервуаров для хранения воспламеняемых и горючих жидкостей. Публикация American Petroleum Institute 2001 / Издание 3-е. 1991.
2. **Основы** технологии, процессов аппаратов пожаровзрывоопасных производств / С. А. Горячев, А. И. Обухов, В. В. Рубцов, С. А. Швырков. — М.: 2003. — 292 с.
3. **Деформация** колонного аппарата при пожаре / Кузеев И. Р., Ягафаров Р. Р., Валиуллин Х. Б. и др. // Прикладная механика металлохимического разрушения. — 2004. — С. 15—20.
4. **Решетар Ян.** Исследование граничных условий для расчета огнестойкости строительных и технологических конструкций, омываемых пламенем при пожаре: Дис. Канд. техн. наук / ВИПТШ МВД СССР. — М.: 1980. — 166 с.
5. **Иванов Е. Н.** Пожарная защита открытых технологических установок. — М.: Химия, 1975. — 199 с.
6. **Шебеко Ю. Н.** Математическая модель поведения резервуара со сжиженным газом в очаге пожара. — 1997. — № 2. — С. 17—21.
7. **Кухлинг Х.** Справочник по физике: Пер. с нем. — М.: Мир, 1982. — 520 с.
8. **Сучков В. П.** Методы оценки пожарной опасности технологических процессов. — М.: АГПС МВД России, 2001. — 152 с.

УДК 614.841

Р. Ш. Хабибулин,
Академия ГПС МЧС России, г. Москва

Конечно-элементное моделирование теплового состояния резервуара в условиях воздействия лучистых тепловых потоков пожара

Рассмотрена методика численного моделирования воздействия лучистых тепловых потоков очага пожара на резервуар с нефтепродуктом, основанная на применении современных средств конечно-элементного моделирования. Результаты расчетов на основе методики сопоставлены с полученными экспериментальными данными. Использование методики позволяет получить необходимые данные для определения противопожарных расстояний на объектах нефтепродуктообеспечения, принятия обоснованных мер к снижению интенсивности теплового потока на резервуар с использованием средств противопожарной защиты.

Ключевые слова: конечно-элементное моделирование, резервуар, пожар, нефтепродукт, тепловой поток.

Khabibulin R. Sh. *Finite-element modelling of thermal state of a tank exposed to radiant heat fluxes of a fire.*

Methodology of numerical finite-element modeling of exposure of radiant heat fluxes of a fire to a tank, containing oil products, is considered. Calculation results compared to experimental data are represented. Usage of methodology allow to get necessary data for definition of fireprevention distances and to admit proved measures to decrease heat fluxes from a fire using fire protection tools.

Keywords: *finite-element modeling, tank, fire, oil product, heat flux.*

Введение

Одной из наиболее катастрофичных по своим последствиям аварий на объектах нефтепродуктообеспечения является разлив нефтепродукта с переходом в пожар. Воздействие мощных внешних тепловых потоков очага пожара разлива на емкостное оборудование (наземные горизонтальные резервуары, емкости, цистерны) для хранения и перевозки нефтепродуктов может привести к их разрушению при взрыве паровоздушной смеси внутри емкостей или возникновению температурных деформаций в их корпусах. Нарушение целостности оборудования, как правило, приводит к увеличению масштабов пожара, сопровождающихся людскими и материальными потерями, нанесением значительного ущерба окружающей среде [1—3].

Таким образом, прогнозирование и обоснование устойчивости объектов защиты при воздействии опасных факторов пожара в виде лучистых тепловых потоков, в том числе путем совершенствования расчетных методов, является необходимым условием обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтепродуктообеспечения.

Методика численного моделирования

Предлагаемая методика расчета воздействия лучистых тепловых потоков пожара разлива нефтепродуктов на объект защиты базируется на использовании современных средств конечно-элементного моделирования [4]. На сегодняшний день существует достаточно большое количество программно-математических пакетов (ANSYS, FEMLAB, FLUENT и др.),

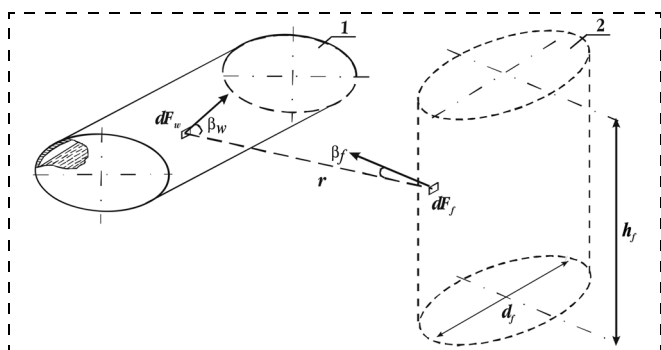


Рис. 1. Схема внешнего лучистого теплообмена "излучающая поверхность факела пламени очага пожара — внешняя поверхность корпуса резервуара":

1 — корпус резервуара; 2 — излучающая поверхность факела пламени; r — расстояние между элементарной площадкой dF_f на излучающей поверхности факела пламени и элементарной площадкой поверхности оболочки резервуара dF_w ; β_f и β_w — углы между нормалью к элементарной площадке и направлением лучистого потока тепла для площадок dF_f и dF_w ; d_f , h_f — размеры излучающей поверхности факела пламени

позволяющих с использованием метода конечных элементов моделировать различные физические процессы, в том числе и теплообмен при пожаре. В этом случае важным элементом точности решения поставленных задач является корректная и обоснованная постановка граничных условий теплообмена, учитывающая сопряженность происходящих теплофизических процессов.

В приводимом примере расчета в качестве объекта защиты рассматривается горизонтальный стальной резервуар. Применяется следующая последовательность численного моделирования:

- построение трехмерной конечно-элементной модели корпуса резервуара в виде горизонтальной цилиндрической оболочки;
- задание параметров модели в виде констант и расчетных зависимостей;
- задание начальных и граничных условий теплообмена;
- задание временных параметров расчета;
- решение полученной модели;
- визуализация и оценка результатов моделирования.

Для определения внешних граничных условий в системе "излучающая поверхность пламени очага пожара — внешняя оболочка резервуара" применяется широко известная модель излучающей поверхности пламени очага пожара в виде вертикального цилиндра [5] (рис. 1).

Для определения внутренних граничных условий в системе "внутренняя оболочка резервуара — нефтепродукт (паровоздушная смесь)" разработана математическая модель и компьютерная программа [6], основанная на численном решении системы дифференциальных уравнений. Система включает уравнения энергетического баланса в жидкой и паровоздушной фазе, баланса массы жидкости и паровоздушной

смеси в резервуаре. При постановке граничных условий на внутренней стенке корпуса резервуара при контакте с паровоздушной фазой также учитывается лучистый теплообмен между внутренними поверхностями.

Методика экспериментального исследования

Для проверки адекватности разработанной методики численного моделирования использованы результаты проведенного экспериментального исследования, в котором определялось температурное поле корпуса горизонтальной цистерны емкостью $7,5 \text{ м}^3$, заполненной водой (степень заполнения — 0,5), при воздействии лучистых тепловых потоков очага пожара различной интенсивности.

При проведении натурного огневого эксперимента измерялись следующие величины:

- интенсивность лучистых тепловых потоков модельного очага пожара;
- температура стенки корпуса цистерны;
- время теплового воздействия.

Для измерения температур различных зон корпуса цистерны при тепловом воздействии модельного очага пожара собрана информационно-измерительная система, состоящая из персонального компьютера типа IBM PC, термометра многоканального ТМ 5103 и термоэлектрических преобразователей (рис. 2). Измерение температур осуществлялось пятью термоэлектрическими преобразователями диаметром 0,5 мм, установленными на корпусе цистерны. Верхний предел измерения температуры используемыми термоэлектрическими преобразователями составлял $1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Измерение интенсивности интегральных лучистых тепло-

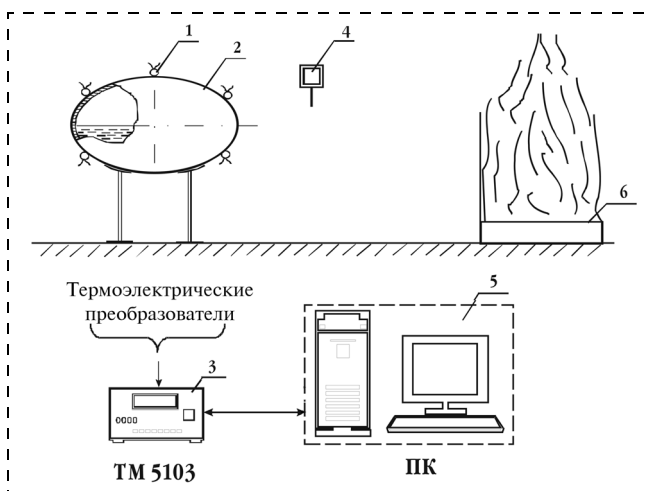


Рис. 2. Измерительная система для исследования температурного поля корпуса цистерны:

1 — термоэлектрический преобразователь (точка измерения); 2 — резервуар; 3 — цифровой термометр ТМ 5103; 4 — актинометр для измерения интенсивности теплового излучения; 5 — персональный компьютер для сбора и обработки измерительной информации; 6 — модельный очаг пожара



вых потоков на расстоянии от модельного очага пожара и по высоте производилось актинометром с диапазоном измерения (0...28) кВт · м⁻².

Результаты численного моделирования и сравнение с экспериментальными данными

Для проведения численных расчетов температурного поля корпуса использован программно-математический комплекс "FEMLAB". Теплофизические параметры материала стенки: плотность $\rho_w = 7800 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; удельная теплоемкость $c_w = 500 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; теплопроводность $\lambda_w = 45 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; степень черноты поверхности $\varepsilon_w = 0,7$. Внешние граничные условия теплообмена: интенсивность падающего лучистого теплового потока на расстоянии 2 м от очага пожара $q = 20 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$. Начальные температуры корпуса, жидкости, паровоздушной смеси до теплового воздействия принимались равными температуре окружающей среды вне зоны теплового воздействия $T_a = 18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Непосредственными результатами численного моделирования являются температурные поля корпуса резервуара. Сопоставление численных и экспериментальных данных изменения температуры корпуса в точке максимального нагрева представлено на рис. 3, где показано время достижения предельно допустимой температуры по условию самовоспламенения паров нефтепродукта (дизельного топлива).

Анализ проведенных расчетов показывает, что распределение температур в оболочке корпуса резервуара происходит в соответствии с полученными экспериментальными данными. Верхняя часть корпуса, не контактирующая с жидкостью, приобретает максимальную температуру, на основании которой оценивается опасность воспламенения паров нефте-

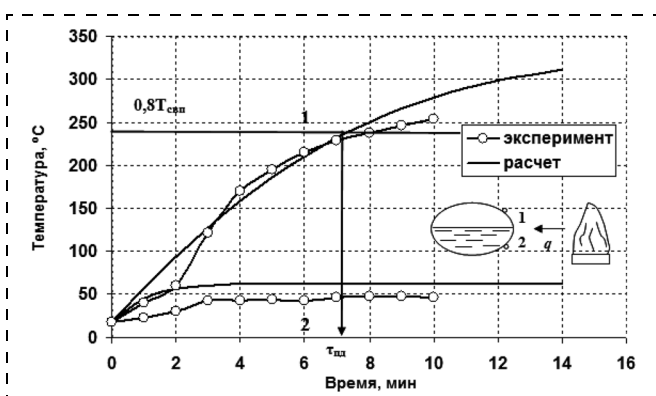


Рис. 3. Сравнение расчетных и экспериментальных данных изменения температуры корпуса горизонтального резервуара при воздействии лучистого теплового потока очага пожара q интенсивностью $20 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$:

$T_{свп}$ — наименьшая температура самовоспламенения, $^\circ\text{C}$, $\tau_{пл}$ — предельно допустимое время, мин

продукта и разрушение конструкции вследствие тепловых деформаций и потери прочности корпуса резервуара. В целом имеет место удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных данных. Начиная с 3-й минуты теплового воздействия средняя относительная погрешность по несмоченной стенке составляет 5,4 %, по смоченной — 9,0 %.

Расчеты на основе разработанной методики позволяют прогнозировать время достижения предельно допустимых температур оболочки горизонтального резервуара в зависимости от времени теплового воздействия и интенсивности падающего теплового потока очага пожара. Интенсивность падающего теплового потока определяется в зависимости от расстояния между очагом пожара и конструкцией резервуара в соответствии с рассмотренной схемой внешнего лучистого теплообмена (см. рис. 1). Таким образом, полученные при численном моделировании данные могут использоваться для определения противопожарных расстояний на объектах нефтепродуктообеспечения, принятия обоснованных мер к снижению интенсивности теплового потока на резервуары с использованием средств противопожарной защиты.

Выводы и направление дальнейших исследований

Разработанная методика численного моделирования позволяет с использованием современных программно-математических пакетов конечно-элементного моделирования исследовать динамику температурного поля оболочки резервуара при пожаре.

Направлением дальнейших исследований является совершенствование разработанной методики по пути учета активных и пассивных средств противопожарной защиты резервуаров. Это позволит непосредственно проводить оценку эффективности применяемых средств защиты в случае аварийного нагрева резервуаров при пожаре.

Список литературы

1. Хабибулин Р. Ш. База данных об аварийных ситуациях, пожарах и взрывах на объектах нефтепродуктообеспечения. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2008620072 от 30.01.08. — Роспатент, 2008.
2. Сучков В. П. Актуальные проблемы обеспечения устойчивости к возникновению и развитию пожара технологий хранения нефти и нефтепродуктов. — ЦНИИТЭнефтехим, 1995.
3. Шебеко Ю. Н., Корольченко А. Я. Моделирование пожаров технологических объектов // Моделирование пожаров и взрывов. — М.: Пожнаука, 2000. — С. 198—219.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. — М.: Мир, 1979. — 392 с.
5. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. К. Г. Бомштейна; Под ред. Ю. А. Кошмарова, В. Е. Макарова. — М.: Стройиздат, 1990. — 424 с.
6. Хабибулин Р. Ш. Расчет теплообмена в горизонтальном резервуаре с ЛВЖ (ГЖ) при воздействии тепловых потоков пожара. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008610213 от 9.01.08. — Роспатент, 2008.

УДК 377

М. В. Иванова, канд. техн. наук, **А. Т. Волохина**, асс.,
Е. В. Глебова, канд. хим. наук, проф., **Б. Е. Прусенко**, д-р тех. наук, проф.,
РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Анализ существующих методов развития профессионально важных качеств и разработка методики их улучшения на примере рабочего персонала ООО "Газпром трансгаз Самара"

Даны результаты анализа литературных данных, касающихся методов и средств совершенствования психофизиологических и интеллектуальных качеств рабочего персонала опасных производственных объектов. Приведено краткое описание разработанной методики для повышения уровня развития профессионально важных качеств рабочих ООО "Газпром трансгаз Самара". Применение данной методики позволит сократить аварийность и производственный травматизм на рассматриваемом предприятии.

Ключевые слова: профессионально важные качества, надежность производственной деятельности рабочего персонала, методы развития психофизиологических качеств, методика интеллектуального тренинга.

Ivanova M. V., Volohina A. T., Glebova E. V., Prusenko B. E. The analysis of existing methods of development of professional important qualities and development of method of its improvement on an example of working personnel of "Gasprom transgas Samara".

In this work the analysis has been done of literary information touching the methods and tools of development of psycho-physiological and intellectual qualities of working personnel of dangerous production objects. The short-story description of developed method is also doing for increase of the level of development of professional important qualities of workers of "Gasprom transgas Samara". The application of this method will allow to shorten failures and production traumas on this enterprise.

Keywords: the professional important qualities, reliability of production activity of working personnel, methods of development of psycho-physiological qualities, method of intellectual training.

В "Энергетической стратегии России на период до 2020 года", утвержденной Правительством Российской Федерации в августе 2003 года, сформулированы цели, приоритеты, проблемы и основные факторы развития топливно-энергетического ком-

плекса (ТЭК). Одно из условий реализации целей энергетической стратегии России — достижение высокого уровня промышленной безопасности на опасных производственных объектах (ОПО) нефтегазодобычи, трубопроводного транспорта природного газа, нефти и другого жидкого углеводородного сырья.

Современный уровень промышленной безопасности ТЭК должен характеризоваться предельной устойчивостью работы всех его звеньев. Одним из важных компонентов ТЭК являются системы магистральных газопроводов (МГ) высокого давления, транспортирующие природный газ от места добычи до потребителя. Разрывы МГ приводят к масштабным потерям природного газа, загрязнению окружающей среды, а в исключительных случаях к человеческим жертвам.

Анализ статистических данных аварийности и производственного травматизма объектов магистрального транспорта и распределения газа показывает, что до 70...80 % аварий и несчастных случаев происходит из-за ошибочных действий человека или так называемого человеческого фактора [1]. В подавляющем большинстве случаев ошибки работников связаны с недостаточным уровнем их интеллектуального и психофизиологического потенциала, что приводит к неадекватной оценке опасных ситуаций и своих возможностей по управлению ими в данный момент времени.

Таким образом, надежность и эффективность производственной деятельности рабочего персонала МГ зависит не только от профессиональной подготовки, технической оснащенности рабочих мест, санитарно-гигиенических условий деятельности, но и от интеллектуальных способностей и психофизиологического состояния работников. Все это предъявляет повышенные требования к профессионально важным качествам (ПВК) работников, необходимым для успешного выполнения ими производственных задач.

В 2007 г. на кафедре промышленной безопасности и охраны окружающей среды РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина была разработана методика оценки ПВК рабочего персонала объектов магистрального транспорта и распределения газа. В каче-



стве экспериментальной базы для данного исследования было принято предприятие ООО "Газпром трансгаз Самара". Проведенное тестирование работников этого предприятия по разработанной методике показало, что 34,4 % персонала имеют недостаточный уровень развития интеллектуальных психофизиологических ПВК [2]. Поэтому важным и актуальным является разработка методик, направленных на развитие ПВК работников в процессе их производственной деятельности.

Имеется несколько классификаций методов развития ПВК работников. Одна из некоторых специальных классификаций построена по характеру оказываемого на работника воздействия [3]. В ее рамках выделяются следующие группы методов улучшения и коррекции психофизиологических качеств работающих:

биологические, к которым относятся иглорефлексотерапия, массаж, релаксационная и дыхательная гимнастика, аэробика;

психологические, включающие психогимнастику, умственную гимнастику;

психотерапевтические в виде аутогенной тренировки, гипноза, различных видов психотерапии;

социотерапевтические, объединяющие такие методы, как музыкотерапия, трудотерапия и др.

Данная классификация является более клинической по своему назначению и используется в медицинской практике.

В настоящее время существует достаточно общая классификация, охватывающая практически все используемые специалистами методы воздействия на психофизиологические качества работников и позволяющая условно разделить их на следующие группы [4–6]:

Организационные:

— нормирование профессиональной деятельности;

— предоставление профилактических отпусков.

Социальные:

— обеспечение гарантий безопасности профессиональной деятельности;

— предоставление льгот и компенсаций за нанесенный ущерб состоянию здоровья.

Профессиональные:

— рациональное планирование профессиональной нагрузки;

— общая и специальная физическая подготовка;

— тренажерная подготовка, моделирующая профессиональную деятельность.

Медицинские:

— физиолого-гигиенические методы, способы и средства (закаливание организма, гипобарическая гипоксия и др.);

— диетотерапия, специальное питание, витаминизация, пищевые добавки;

— фармакологические средства (стимуляторы центральной нервной системы (ЦНС), транквилизаторы, иммунокорректоры и др.);

— физические средства (массаж, лечебная физкультура, контрастные температурные воздействия);

— электрофизиологические средства (электрические и магнитные поля, электромиостимуляция, центротранквилизация ЦНС и др.).

Психофизиологические:

— аппаратные и компьютерные методики, основанные на принципе обратной биологической связи, восстанавливающие психофизиологические качества (компьютерные психотехнологии).

Психологические:

— гипноз;

— аутотренинг;

— функциональная музыка (музыкальное кондиционирование).

Таким образом, воздействовать на психофизиологическое состояние работника можно по двум основным направлениям. Во-первых, путем оптимизации условий, содержания и организации профессиональной деятельности. Во-вторых, непосредственным воздействием на работника, которое включает активный отдых, физиолого-гигиенические, психологические, электрофизиологические, физические и фармакологические средства и методы.

Методы первого направления (организационные, социальные и отчасти профессиональные) традиционны и реализованы на предприятиях отрасли в полном объеме, в частности на объектах магистрального транспорта и распределения газа. Однако в процессе производственной деятельности человек с неизбежностью сталкивается со всевозможными трудностями, неожиданными ситуациями, необходимостью работать интенсивно и в течение длительного времени. Поэтому вряд ли целесообразно стремиться к оптимизации психофизиологического состояния работника только путем рациональной организации производственной деятельности. Необходимо искать возможности непосредственного воздействия на работника, развивая его ПВК. К таким возможностям воздействия на психофизиологические качества относят психологические, психофизиологические и медицинские методы.

Одним из психологических методов является гипнотическое воздействие. В ряде исследований гипноз использовался для моделирования состояния повышенной психической готовности к действию в экстремальных ситуациях, которые могут возникнуть в операторской деятельности [7]. Однако применение гипнотических приемов в условиях производства не всегда целесообразно. Во-первых, состояние гипнотического погружения не всегда уместно в обычной ежедневной производственной жизни. Во-вторых, весьма ограничен круг лиц, подверженных гипнозу, и мало квалифицированных

специалистов-гипнотерапевтов, способных вызвать гипнотическое состояние и управлять им.

На сегодняшний день достаточно широко используется метод аутогенной тренировки. Аутогенная тренировка (АТ) основывается на самовнушении в состоянии расслабления. Ее применяют с целью оптимизации функционального состояния практически здоровых людей в производственных условиях. Сегодня "профессиональное" использование АТ распространилось во всем мире. Разработаны системы психогигиенических и психотерапевтических воздействий для операторов, шахтеров, водолазов, летчиков, космонавтов.

Считается, что автором метода АТ является немецкий врач Иоганн Шульц. Главным направлением в занятиях АТ является постепенное овладение определенными упражнениями с целью научиться управлять работой внутренних органов и добиться психического и физического расслабления. Аутогенная тренировка является способом переключения организма из напряженного рабочего состояния в состояние восстановительного покоя (одна из целей ее упражнений — сделать этот переход как можно более незаметным и скоротечным).

В процессе АТ происходит смена состояний в определенной последовательности, а именно: принимается нужная поза и наступает релаксация; закрываются глаза; возникает чувство общего успокоения.

В нашей стране методы аутогенной тренировки первоначально стали применяться в авиации с целью повышения работоспособности летчиков. В строевых частях ВВС начали создаваться и оснащаться типовым оборудованием и аппаратурой кабинеты психофизиологической разгрузки летного состава, где летчики обучались методам коррекции психофизиологического состояния с целью повышения устойчивости к неблагоприятным факторам полета, а также рациональному поведению в аварийных ситуациях [8].

Методы аутотренинга в сочетании с использованием электрофизиологической аппаратуры обладали хорошим эффектом в плане формирования ПВК курсантов в процессе обучения, а также восстановления функционального состояния летчиков во время летных смен.

Следует отметить, что данный метод достаточно широко применяется и в вооруженных силах других государств. В частности, в авиации ВМС США достаточно широко практикуется обучение летного состава аутогенной тренировке. При этом в 87 % случаев отмечен положительный эффект, который проявляется в снижении явлений укачивания летчиков в полете и повышении работоспособности во время длительных полетов над морем. Одновременно американскими авиационными медиками показана эффективность (в 93 % случаев) при ис-

пользовании данного метода для купирования у пилотов чувства беспокойства и страха, связанных с летной деятельностью [8].

Медицинская служба сил обороны Израиля уже на начальном этапе службы новобранцев применяет методы психологической коррекции с целью снижения чувства страха и тревоги перед трудностями воинской службы, приобретения адаптационных навыков. Постепенно, используя методы психической саморегуляции, новобранцам прививают навыки противодействия стресс-факторам, в том числе и в боевой обстановке [8].

К сожалению, эффективность методов типа АТ ограничена, так как количество людей, которым хватает настойчивости продолжать в течение длительного времени подобные занятия, ограничен примерно 30...40 % от общего количества.

В настоящее время сложился и развивается самостоятельный метод психофизиологической коррекции (относящийся к группе психологических) — музыкотерапия, являющийся в своей основе "бессловесным внушением определенного настроения, поднимающего больного над своими переживаниями, помогающего преодолевать болезненные расстройства" [9]. Применение музыки для психофизиологической коррекции обозначается термином "музыкальное кондиционирование". Метод широко применяется для операторов сложных эргатических систем.

Применение данного психотерапевтического метода позволяет отсрочить развитие утомления и сохранить надежность деятельности. Это достигается за счет снижения уровня ситуационной тревожности, повышения самооценки состояния, эффективного сохранения оптимального уровня деятельности в течение всего дежурства. Этот метод может использоваться как в процессе деятельности, так и после ее завершения. Для музыкального кондиционирования используют 30-минутные фрагменты классических музыкальных произведений.

В последние несколько лет достаточно хорошо зарекомендовал себя метод, основанный на использовании генератора белого шума. Метод применяется для снятия психоэмоционального напряжения на основе использования особого генератора белого шума, динамически изменяющегося по определенной частотной и временной программе. Белый шум, который генерирует этот прибор, является околопороговым, т. е. едва различимым для человеческого уха. Поэтому сам по себе он не несет информационной нагрузки, не мешает и не раздражает, но амплитуда и частота звуковых волн этого шума подбирается таким образом, чтобы активировать альфа-ритм головного мозга. Этот ритм отвечает за общую мыслительную активность, а повышение общей активности улучшает память. При этом специалисты учли, что просто шум для человека не



интересен, поэтому совместили "музыку акустического резонанса" с белым шумом [9].

Методом электрофизиологической направленности является электротранквилизация центральной нервной системы. Данный метод относится к группе медицинских. Он применяется для ускорения восстановления функционального состояния и работоспособности, профилактики нервно-эмоционального напряжения [8]. В результате использования электротранквилизации создаются оптимальные условия для усиления процессов саморегуляции в коре головного мозга, обеспечивается нейровегетативная защита жизненно важных функций организма при различных стрессовых состояниях.

Среди физиолого-гигиенических методов повышения и восстановления работоспособности весьма перспективным является метод гипобарической гипоксии (ГБГ). Этот метод применяется путем дозированного воздействия на работника пониженного парциального давления кислорода, создаваемого в стационарных барокамерах [10, 11]. Показаниями к использованию ГБГ являются утомление и переутомление.

В настоящее время разработан, испытан и широко применяется целый арсенал фармакологических средств, способствующих оптимизации деятельности, улучшению состояния физиологических систем, ускорению процессов восстановления, однако не все из них разработаны до уровня конкретных практических рекомендаций.

К группе психофизиологических методов относится использование компьютерных психотехнологий. Это совершенно безопасные и точные программы выявления и решения многочисленных проблем предохранения работающего человека-оператора от переутомления, стрессов и болезней за счет раскрытия собственных резервов организма. Данный метод позволяет диагностировать и корректировать психическое и физическое состояние человека с помощью прямого доступа в подсознание. При использовании компьютерных психотехнологий можно определить причины многих нарушений в состоянии здоровья работников и производить нелекарственную коррекцию, быстро и эффективно решать задачи, связанные с работоспособностью и здоровьем человека, проводить постоянную профилактику стрессов и переутомления, снижать вероятность ошибок в ответственной работе [9].

В последние годы ряд психологов предлагают для повышения эффективности воздействия на профессионально важные психофизиологические качества рабочего персонала использование комплексных методов. Так, в работе [9] автор предлагает метод системной психической саморегуляции (СПСР) для персонала ТЭЦ.

Психическая саморегуляция осуществляется человеком с помощью психического воздействия на

самого себя с помощью слов и соответствующих представлений и визуализации определенных мысленных образов. Сеансы психологической разгрузки по данному методу содержат не только приемы психической саморегуляции, но и определенные элементы психотерапевтического воздействия, а также комплексы физических упражнений и дыхательной гимнастики.

В основу модификации метода СПСР и разработки сеансов психоэмоциональной регуляции для персонала ТЭЦ легли знания психологов, информация о заболеваемости и результаты многочисленных исследований, полученные в процессе деятельности персонала на тепловых электростанциях.

У большинства испытуемых после овладения приемами и навыками системной психической саморегуляции улучшается психическое самочувствие, психофизиологическое состояние становится более комфортным и устойчивым к воздействию внешних неблагоприятных факторов.

Возможности метода СПСР возрастают при применении его вместе с методом "Горный воздух" и аэрионизацией. Все последующие сеансы сопровождаются прослушиванием приятной, успокаивающей музыки и просмотром слайдов, например, с видами горных вершин. При помощи компьютерной программы и установки "Эльбрус" можно для каждого работника подвести дыхательную смесь воздуха, строго определенную, обедненную по процентной концентрации кислорода. Содержание кислорода в дыхательной смеси становится равным процентному содержанию кислорода на соответствующей высоте подъема в горы над уровнем моря. Человек, находясь в кресле, как бы поднимается в горы и дышит свежим (насыщенным отрицательными аэроионами) "горным воздухом". Эффективность проведения таких сеансов более выражена.

Использование метода СПСР на предприятиях теплоэнергетики способствует сохранению здоровья и оптимизации профессиональной работоспособности представителей ведущей в теплоэнергетике профессии — операторов энергоблоков.

В исследовании [8], направленном на коррекцию функционального состояния операторов сложных эргатических систем, автор выделяет два направления.

Во-первых, использование средств и методов коррекции в процессе профессиональной деятельности, так как утомление операторов развивается задолго до окончания дежурства. Применение электротранквилизации ЦНС, музыкального кондиционирования и фармакологических препаратов позволило сохранить работоспособность операторов на оптимальном уровне в течение всего дежурства. Выбор средств и методов должен отвечать определенным требованиям:

— обладать положительным действием на работоспособность человека при отсутствии негативного влияния на его функциональное состояние;

— быть простым, удобным и доступным для использования;

— иметь достаточно стойкий эффект;

— продолжительность воздействия должна быть не выше 30 мин.

Кроме того, средства и методы оптимизации функционального состояния организма человека должны быть совместимы между собой.

Во-вторых, применение средств и методов коррекции после окончания дежурства, когда их действие направлено на ускорение восстановления исходного состояния и работоспособности. В том числе и в период медицинской реабилитации в условиях профилактория, дома отдыха, санатория. Предлагается использовать курс гипоксической тренировки, рассчитанный на 10...15 дней, для коррекции пограничных функций состояний.

Данный метод был апробирован для операторов наземных автоматизированных комплексов управления космическими аппаратами и показал высокую эффективность.

Проведенный анализ литературных данных показал, что накоплен большой опыт по проблеме оптимизации психофизиологического состояния рабочего персонала. Все рассмотренные выше методы направлены на совершенствование психофизиологических качеств работника, это, в первую очередь, эмоциональная устойчивость и способность сохранять работоспособность в условиях быстро развивающегося утомления. Однако в доступной литературе не удалось обнаружить данных, касающихся методов, направленных на повышение уровня развития интеллектуальных качеств работника (памяти, внимания, технического мышления и т. д.) в процессе производственной деятельности, что является, как показало наше исследование, актуальным для рабочего персонала нефтегазовой отрасли [2].

Интеллект работника играет ведущую роль в ходе его адаптации к экстремальным условиям среды. Поскольку человек как организм и как личность есть целостный объект, его профессионально важные качества (память, внимание, технический интеллект, логическое мышление) составляют единую систему. В ней каждый элемент может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на эффективность других элементов и всей системы в целом. Например, ярко выраженная профессиональная направленность окажет сильное воздействие на развитие большинства профессионально важных качеств. И наоборот, отсутствие достаточного интереса к профессии заблокирует их развитие. Формирование и развитие интеллектуальных ПВК окажет положительное воздействие на личностные и психофизиологические качества (повысит устойчивость

личности к неблагоприятным факторам деятельности, устойчивость к стрессовым факторам — осознание человеком недостаточности развития своих ПВК и несоответствия требованиям профессии ведет к внутреннему конфликту, повышению тревожности и даже к психосоматическим заболеваниям). Таким образом, развитие интеллектуальных качеств работника окажет положительное влияние на его эмоциональную устойчивость и профессиональную пригодность в целом.

Интересен опыт применения интеллектуального тренинга курсантов в процессе летного обучения [12]. Для целенаправленного развития интеллектуальных способностей курсантов в ходе обучения был разработан психолого-педагогический комплекс, который включал в себя: обучение способам произвольного запоминания; обучение навыкам логического мышления; обучение технике быстрого чтения; внедрение в учебный процесс элементов развивающего обучения; использование графических схем и символов для ускорения и повышения прочности овладения знаниями; обучение технике мысленного эксперимента; проведение ознакомительных полетов перед профессиональным обучением; формирование профессиональных пространственных представлений с помощью технических средств обучения (наглядных пособий и стендов, моно- и стереопроекции слайдов, кинофрагментов, а также видео- и аудиотехники) в ходе курса по формированию образца полета. Полученные результаты показали, что применение разработанного комплекса развития интеллектуальных способностей в практике обучения приводит к более выраженному интеллектуальному развитию курсантов и позволяет им достигнуть более высоких показателей обучения.

Таким образом, анализ литературных данных свидетельствует о том, что методы развития психофизиологических качеств работника применяются для восстановления уровня работоспособности и повышения эмоциональной устойчивости операторов сложных динамических объектов — летчиков, корабельных специалистов, операторов энергоблоков и др. Данные методы доказали свою эффективность. Однако обязательным условием их применения является наличие штатного психолога или психотерапевта, что не всегда реализовано на объектах магистрального транспорта и распределения газа.

Методы повышения уровня развития интеллектуальных ПВК [12] предполагают формирование и развитие интеллектуальных качеств курсантов в процессе летного обучения. В доступной литературе не было обнаружено данных, касающихся совершенствования интеллектуальных качеств работников в процессе их производственной деятельности.

Исходя из вышеизложенного, в данном исследовании на основе профессиографического анализа



деятельности и оценки ПВК работников объектов магистрального транспорта и распределения газа [13—15] была разработана методика интеллектуального тренинга. Для создания методики было проработано достаточное количество литературных источников.

Разработанная методика направлена на усовершенствование таких интеллектуальных качеств, как: понятийное (логическое) мышление; память; внимание; техническое мышление; пространственное (образное) мышление; арифметические и счетно-математические способности.

Данная методика достаточно хорошо адаптируется для использования в условиях производства: проста, понятна и не требует больших временных затрат, что особенно важно для рабочего персонала предприятия. При использовании предлагаемой методики не требуется наличия штатного психотерапевта, так как она не относится к группе медицинских.

Методика представляет собой тренинговый комплекс, содержащий 20 занятий (по 30 мин каждое). Каждое занятие состоит из 10...12 упражнений. Рекомендуется проводить два занятия в неделю. Работник получает раздаточный материал и после пояснения заданий консультантом приступает к выполнению. Задание содержит краткое описание схемы выполнения. Время выполнения каждого задания строго регламентировано.

Ниже будут рассмотрены примеры упражнений, входящих в состав тренинга для развития каждого выявленного профессионально важного качества рабочего персонала ООО "Газпром трансгаз Самара".

Развитие внимания

Внимание — это психический процесс, обеспечивающий направленность и сосредоточенность сознания человека в определенный период его деятельности.

Одна из важнейших задач при развитии внимания — развитие контрольной функции, т. е. способности контролировать качество своей деятельности. В профессиональной деятельности внимание неразрывно связано с умственной деятельностью, следовательно, при развитии восприятия, памяти, мышления будет происходить и развитие внимания.

Для развития концентрации внимания мы рекомендуем использовать упражнения: "Перепутанные линии", "Различия в картинках", "Таблица Шульце", "Задание с кольцами".

В качестве примера на рис. 1 показан бланк с 25 перепутанными извилистыми линиями, пронумерованными с правой и левой сторон бланка от 1 до 25. Необходимо только взглядом, без помощи карандаша или пальца проследить путь линий № 10, № 11 и № 12 слева направо и определить,

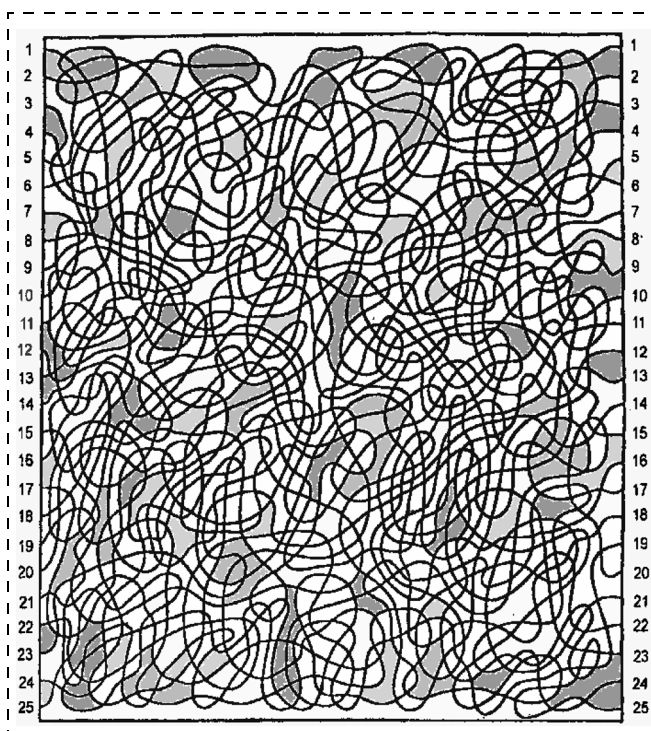


Рис. 1. Упражнение "Перепутанные линии"

у какого номера на правом поле бланка она заканчивается. Работа по решению трех задач продолжается 1 мин 20 с.

Для развития объема и устойчивости внимания рекомендуется использовать упражнение "Таблица Шульце" (рис. 2).

Таблицы располагаются на расстоянии 25...30 см от глаз, взгляд фиксируется в центре, поиск цифр ведется в возрастающем порядке от 1 до 25 исключительно зрительно, без проговаривания; найденные цифры указываются карандашом. Время работы — 1 мин.

5	14	12	23	2
16	25	7	24	13
11	3	20	4	18
8	10	19	22	6
21	15	9	17	1

Рис. 2. Упражнение "Таблица Шульце"

Развитие памяти

Память как процесс запечатления, хранения и воспроизведения информации является, с одной стороны, основой, а другой стороны, функцией целостного интеллекта.

Физиологические ресурсы памяти у каждого человека ограничены врожденными особенностями головного мозга. Поэтому здоровый человек может развивать память только с помощью психологических средств.

Ключом к ее развитию является важнейшее положение современной психологии — память представляет интеллектуальную деятельность.

Любая же деятельность, в том числе и память, связана с определенными способами и приемами выполнения рабочих действий.

Доказано, что каждый нормальный человек при целенаправленном овладении способами запоминания может радикально повысить эффективность своей памяти.

Для развития памяти в разработанной методике предлагается использовать упражнение "Шкалы" (рис. 3), а также ряд тренировочных упражнений на запоминание слов. На бланке изображены 9 шкал приборов со стрелками и два квадрата-задания (см. рис. 3). Внутри каждого квадрата имеются 9 кружков, которые условно обозначают шкалы приборов: 1-й ряд кружков — верхние шкалы, 2-й — средние, 3-й — нижние. Часть кружков перечеркнута стрелкой. Стрелка показывает, в какой последовательности надо суммировать показания шкал приборов, чтобы выполнить задание. Чтобы решить задачу, надо сложить показания приборов и сумму показаний этих шкал написать под этим квадратом. Как определять показания приборов? На каждой шкале в центре стоит ноль. Вправо и влево от нуля имеются деления.

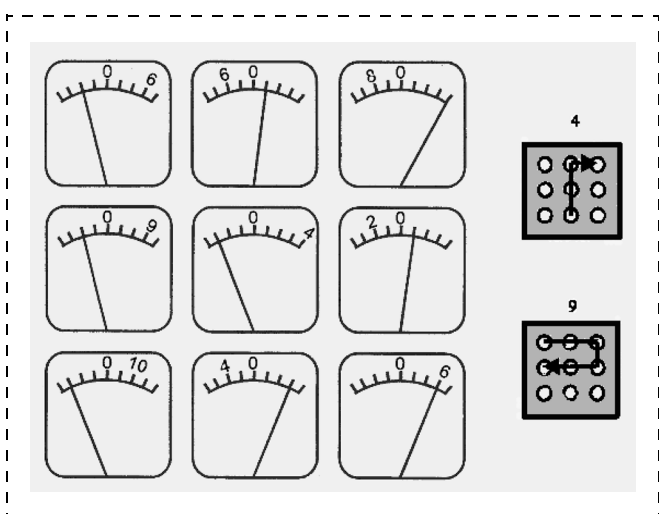


Рис. 3. Упражнение "Шкалы"

Над одним из делений стоит число. По этому числу нужно определить "цену" деления шкалы прибора и затем установить, какое число показывает стрелка. Вправо от нуля расположены положительные числа, влево — отрицательные. Сложение нужно производить с учетом знака. Все операции надо делать в уме, никаких предварительных расчетов на бланке или бумаге делать нельзя, записывать нужно только окончательный ответ. Время на решение данного задания составляет 1 мин 15 секунд.

Техническое мышление

Мышление обычно делят по характеру решения задач на теоретическое и практическое. Теоретические, интеллектуальные операции обычно предшествуют практической деятельности, направленной на их воплощение. Практическое мышление подразумевает постановку целей, выработку планов, проектов.

Высшие формы теоретического мышления возникают из практики и содержат обобщенные представления. Техническое мышление как раз и является такой формой теоретического мышления. Техническое мышление — это множество интеллектуальных процессов и их результатов, обеспечивающих решение задач, связанных с технической деятельностью. Это могут быть как конструкторские и технологические задачи, так и задачи, появляющиеся при обслуживании и ремонте оборудования, приборов и др.

Для развития технического мышления предлагаются упражнения на решение разнообразных физико-технических задач (рис. 4). В каждом задании обучаемые должны выбирать правильный ответ из четырех вариантов:

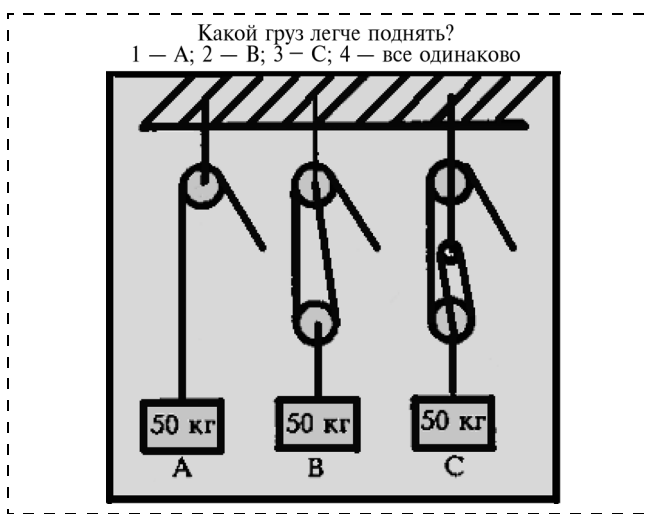


Рис. 4. Упражнение на развитие технического мышления



Логические приемы усвоения и переработки информации, включающие в себя и манипулирование понятиями, составляют операционную основу интеллекта.

Психологические исследования показывают: степень развития понятийного аппарата у разных людей неодинакова; понятия зачастую формируются стихийно на основе внешних поверхностных впечатлений; многие люди не умеют правильно образовывать понятия и грамотно классифицировать предметы и явления.

С другой стороны, в психологических экспериментах доказано, что специальное обучение и тренировки в формировании понятий существенно повышают возможности продуктивного мышления и успешность освоения профессии.

Для развития логического мышления предлагается ряд упражнений и логических задач. В качестве примера приведено описание упражнения "Установление закономерностей" (рис. 5). Необходимо путем сравнения кодов, состоящих из условных знаков и рядов слов, опознавать слова, в которых буквы расположены в той же закономерности, что и условные знаки в коде.

В начале каждой строки стоят условные знаки X, §, O, +, ?, :, =. Этими знаками закодировано одно или несколько слов, имеющих в данной строке. Необходимо определить, какие слова в каждой строке соответствуют определенной последовательности условных знаков, и подчеркнуть их.

Каким образом это сделать? Условные знаки кода обозначают порядок букв в слове. Если все буквы в слове разные, то и знаки, обозначающие это слово, тоже будут разными. Если буквы в слове повторяются, то и знаки, обозначающие эти буквы, будут повторяться. Допустим, имеется такая строка:

=O=O МАМА ДАМА ПАПА НИНА ДЯДЯ

Какие слова в ней надо зачеркнуть? Зачеркиваете слова **МАМА**, **ПАПА**, **ДЯДЯ**, потому что в них порядок букв такой, какой обозначен знаками в начале строки. Время на выполнение данного упражнения 1,5 мин.

X § O § X §	ЛЕДЕНЕЦ	БАРАБАН	ПОРОШОК	АНТЕННА	КАРАВАН
=					
X = § X + O	ЛАЗАРЕТ	КУПОРОС	ДИАДЕМА	НОСОРОГ	ОРИНОВО
§					
§ O = § O + ?	КОЛОКОЛ	ФУФАЙКА	СИНОНИМ	ФАНФАРЫ	РЕЗЕРВЫ
+ X § X ? § =	ТАТАРИН	ТАРАКАН	СЕРЕБРО	ПОРТНОЙ	ТРАКТАТ
: O + § ? O §	ЛУЩЕНИЕ	ГОНОРАР	РЫБАЛКА	ГАДАЛКА	ХИЩЕНИЕ

Рис. 5. Упражнение "Установление закономерностей"

Способности к отражению в форме психических образов пространственных свойств и отношений объектов можно обозначить термином "пространственные способности". Пространственные способности являются интегральной характеристикой интеллекта человека и тесно связаны с механизмами образного мышления.

Более подробно следует остановиться на восприятии пространства, которое является наиболее сложным видом восприятия и играет огромную роль в профессиональной деятельности различных специалистов. Этот вид восприятия включает в себя восприятие формы предмета, его величины, глубины и удаленности, взаимного расположения предметов и объектов. Известно, что если целенаправленно не развивать способности к восприятию пространства, то к моменту окончания школы у подавляющего большинства учеников развитие этой способности будет находиться на низком уровне. Поэтому нужны систематические занятия по развитию способности к восприятию пространства. Для этого необходимо научиться видеть проекционные отношения, проводить измерения и графические построения, использовать схемы и графики, совершать мысленные операции с образами, решая задачи в уме, сочетать измерения "на глаз" с инструментальными измерениями, менять точку отсчета и т. д., а также проводить дополнительные занятия с использованием различных методов.

Для развития данного качества предложено следующее задание. Показан лист бумаги, который сложен вначале вдвое (сверху вниз), затем вчетверо (слева направо), и на нем ножницами сделаны клинообразные надрезы. Теперь мысленно нужно развернуть лист, как это показано в примерах, и определить, какая получится в результате фигура (рис. 6).

Ответы к примеру:

В первом задании лист сложили вначале сверху — вниз, затем слева — направо и сделали надрез справа. Прделав обратную операцию в той же последовательности, определяем, что верный ответ — 3.

Во втором задании лист сложили вначале слева — направо, а затем снизу — вверх и сделали надрез

№ п/п	Содержание задания	Варианты ответов				
		5	4	3	2	1
1.						---
2.						---
3.						---

Рис. 6. Упражнение на развитие образного мышления

сверху. Прделав обратную операцию, определяем, что верный ответ — 2.

В третьем задании лист сложили вначале снизу — вверх, а затем справа — налево и сделали прямоугольный вырез в нижнем правом углу. Прделав обратную операцию, определяем, что в этом задании верный ответ не приведен, следовательно, записываем ответ — 1.

На выполнение заданий отводится 1 мин.

Арифметические способности

Решение несложных арифметических задач позволяет повысить уровень развития практического математического мышления.

Для улучшения математических способностей предлагаются такие упражнения, как: "Количественные отношения", "Числовые закономерности", "Арифметические задачи".

На рис. 7 показано задание "Числовые закономерности". Упражнение состоит из чисел, которые расположены в определенной последовательности. Необходимо выявить закономерность и затем выбрать из четырех чисел то, которое будет следующим в ряду. Правильный ответ нужно обвести кружком или отметить крестиком. На выполнение данного задания отводится 1 мин.

0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	(а) 1,1	(б) 0,11	(в) 11	(г) 0,011
1	4	9	16	25	(а) 32	(б) 36	(в) 48	(г) 49

Рис. 7. Упражнение "Числовые закономерности"

Темп психических процессов

Темп психических процессов — совокупность скорости протекания, степени подвижности и переключаемости психических процессов. От темпа психических процессов зависит, насколько быстро оператор примет решение при возникновении аварийной ситуации. Данное психофизиологическое качество является очень важным для персонала, работающего на производстве, поэтому его необходимо не только оценивать, но и развивать.

Темп психических процессов оценивается по времени выполнения каждого из предложенных в разработанной методике заданий. Поэтому, тренируя описанные выше профессионально важные качества, одновременно развивается и темп психических процессов.

Разработанная методика по улучшению интеллектуальных качеств работников внедрена в ООО "Газпром трансгаз Самара" и используется в филиалах Общества для проведения тренингов по раз-

витию профессионально важных качеств рабочего персонала (машинистов технологических компрессоров, операторов ГРС, электрогазосварщиков, линейных трубопроводчиков, электромонтеров) в процессе производственной деятельности.

Развитие интеллектуальных качеств работников позволит существенно повысить надежность их производственной деятельности, что, несомненно, приведет к снижению аварийности и производственного травматизма.

Список литературы

1. Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте; Учебное пособие / Под ред. Б. Е. Прусенко, В. Ф. Мартынюка. — М.: ООО "Анализ опасностей", 2003. — 351 с.
2. 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.
3. Кузнецова А. С. Методы психологической саморегуляции и психопрофилактика неблагоприятных функциональных состояний человека в связи с особенностями профессиональной деятельности: Дис. кандидата психол. наук: 05.26.02. — М.: РГБ, 1993.
4. Банк В. Л. Медицинская реабилитация летного состава в условиях госпиталя // Профессиональное здоровье летчиков и летное долголетие. — М.: Воениздат, 1989. — С. 70—75.
5. Бодров В. А., Орлов В. Я. Психология и надежность: человек в системах управления техникой. — М.: Изд-во Института психологии РАН, 1998. — 228 с.
6. Новиков В. С., Ушаков И. Б. Сохранение работоспособности летного состава // Физиология летного труда: Учебник. — СПб.: Наука, 1997. — С. 282—306.
7. Дикая Л. Г., Семикин В. В. Регулирующая роль образа функционального состояния в экстремальных условиях деятельности // Психологический журнал. — 1991. — Т. 12. — № 1. — С. 55—65.
8. Благинин А. А. Психологическое обеспечение надежности профессиональной деятельности операторов сложных эргатических систем: Дис. доктора психол. наук: 19.00.03. — СПб.: РГБ, 2006.
9. Лазарев С. В. Психотерапия для персонала ТЭЦ // Охрана труда и социальное страхование. — 2007. — № 12. — С. 69—74.
10. Новиков В. С., Лустин С. И. Гипобарическая гипоксия как метод повышения устойчивости к гравитационным воздействиям // Тр. ХХХ науч. чтений, посвященных разработке творческого наследия К. Э. Циолковского. — СПб.: Наука. — 1996. — С. 27—31.
11. Новиков В. С., Лустин С. И., Благинин А. А. Гипобарическая гипоксия как метод коррекции и реабилитации в медицине // Международ. мед. обзоры. — 1993. — Т. 1. — № 3. — С. 191—193.
12. Пономаренко В. А., Алешин С. В., Жданько И. М. Интеллектуальные способности и успешность летного обучения // Физиология человека. — 1996. — Т. 22. — № 4. — С. 86—90.
13. Волохина А. Т., Иванова М. В., Заяц Б. С. Выявление профессионально важных качеств рабочего персонала ООО "Самаратрансгаз" на основе экспертной оценки // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2008. — № 1. — С. 48—52.
14. Иванова М. В., Волохина А. Т., Жданько И. М. Использование экспертно-аналитического метода многомерного шкалирования для расчета интегрального показателя профессиональной пригодности операторов опасных производственных объектов // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2008. — № 2. — С. 53—57.
15. Волохина А. Т., Иванова М. В., Прусенко Б. Е., Заяц Б. С. IT-технологии для оценки профессионально важных качеств рабочего персонала ООО "Газпром трансгаз Самара" // Газовая промышленность. — 2008. — № 8. — С. 58—61.

О национальном стандарте РФ ГОСТ Р ИСО 7243—2007

С 20.12.2007 введен в действие ГОСТ Р ИСО 7243—2007 "Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра)".

В разделе стандарта "Область применения" разъясняется, что стандарт устанавливает метод, который можно легко применить в производственных условиях для оценки теплового перегрева человека в горячей окружающей среде и который позволяет сделать быстрые выводы.

Отмечается, что стандарт применяется для оценки среднего теплового воздействия на человека в течение периода, характеризующего его активную деятельность, но не применяется для оценки теплового перегрева в течение очень коротких периодов или для оценки теплового перегрева, близкого к зонам комфорта.

В разделе "Принципы и общие определения" указывается, что анализ влияния окружающей тепловой среды на тепловой перегрев требует знания следующих четырех основных параметров: температуры воздуха, средней температуры излучения, скорости движения воздуха и абсолютной влажности. Однако полную оценку этого влияния можно получить путем измерения параметров, производных от основных, зависящих от физических характеристик используемого пространства.

Индекс WBGT включает результаты измерения двух производных параметров: температуры влажного шарика термометра (t_{nw}) и температуры излучения (t_g), а в некоторых случаях — измерений, кроме того, и температуры воздуха (t_a) (температуры сухого шарика термометра).

В зданиях и вне зданий в отсутствие солнечной нагрузки:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g.$$

Вне зданий при наличии солнечной нагрузки:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a.$$

Обращается внимание, что этот метод оценки теплового перегрева основан на измерении указанных параметров и вычислении средних значений с учетом любых пространственно-временных их изменений.

Данные, полученные при помощи этого метода, сравнивают со справочными значениями, и исходя из результатов анализа уменьшают непосредственно тепловой перегрев или нагрузку на рабочем месте, используя соответствующие методы, или выполняют детальный анализ теплового перегрева, используя более сложные методы.

Указанные справочные значения соответствуют уровням воздействия, которым обычно могут подвергаться почти все люди без каких-либо неблагоприятных последствий, при условии отсутствия ранее имевших место патологических условий.

В разделе "Измерение параметрических характеристик окружающей среды" приведены требования к датчикам температуры, значение которой входят в индекс WBGT.

В разделе "Измерение или оценка метаболического тепла" констатируется, что выделение метаболического тепла можно определить путем измерения потребления кислорода работающего человека и путем его оценки по справочным таблицам.

Отмечается, что при отсутствии оценки с использованием справочных таблиц классификацию деятельности можно ограничить пятью основными классами, а именно: отдых и покой; низкое выделение метаболического тепла; умеренное выделение метаболического тепла; высокое выделение метаболического тепла; очень высокое выделение метаболического тепла. Приведенные в табл. 1 данные предназначены для упрощения использования такой классификации. Приведенные значения были установлены для непрерывной работы.

В разделе стандарта "Характеристики измерений" рассматривается случай определения WBGT при постоянстве значений входящих в него температур в пространстве или времени.

Если эти параметры не имеют постоянного значения в пространстве, окружающем работающего человека, необходимо согласно требованиям рассматриваемого стандарта определить индекс WBGT в трех положениях, соответствующих высоте головы, живота и лодыжек относительно земли. Если рабочий стоит, измерения следует выполнять на высоте 0,1; 1,1 и 1,7 м от пола; если сидит — 0,1; 0,6 и 1,1 м от пола. Измерения используют для определения показателей, которые желательно определять одновременно.



Таблица 1

Классификация уровней выделения метаболического тепла

Класс	Диапазон выделения метаболического тепла М		Значение, используемое для расчета среднего выделения метаболического тепла		Примеры
	площади поверхности кожи индивидуума	для средней площади поверхности кожи, равной 1,8 м ²			
	Вт/м ²	Вт	Вт/м ²	Вт	
0 — Отдых	$M \leq 65$	$M \leq 117$	65	117	Состояние отдыха или покоя
1 — Низкое выделение метаболического тепла	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	100	180	В непринужденном положении сидя: легкая ручная работа (письмо, печатание, рисование, шитье, расчеты); работа ладонями и руками (инструменты небольшого верстака, осмотр, сборка или сортировка легких материалов); работа руками и ногами (управление транспортными средствами в нормальных условиях, работа ножным переключателем или педалью). Стоя: сверление (мелкие детали); фрезерование (мелкие детали); намотка катушек; намотка небольшой арматуры; механическая обработка с использованием низковольтных инструментов; прогулка (со скоростью до 3,5 км/ч)
2 — Умеренное выделение метаболического тепла	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	165	297	Длительная работа руками (забивание гвоздей); работа руками и ногами (управление самосвалами, тракторами или дорожно-строительными машинами); работа руками и ногами туловища (работа с пневматическим молотком, сборка трактора, штукатурные работы, фасадные штукатурные работы, прополка, окучивание, сбор фруктов или овощей); толкание или волочение легких тележек или тачек; ходьба со скоростью от 3,5 до 5,5 км/ч; ковка
3 — Высокое выделение метаболического тепла	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	230	414	Интенсивная работа рук и туловища; перенос тяжестей; работа лопатой; работа кувалдой; работа пилой, работа на строгальном станке или строгание твердой древесины; сенокосение; рытье; ходьба со скоростью от 5,5 до 7 км/ч. Толкание или волочение тяжело нагруженных ручных тележек или тачек; заливка щебня; заливка бетонных блоков
4 — Очень высокое выделение метаболического тепла	$M > 260$	$M > 468$	290	522	Очень интенсивная деятельность от быстрого до максимального темпа; работа с топором; интенсивная работа лопатой; подъем по лестнице, карабкание или подъем; быстрая ходьба маленькими шагами, бег, ходьба со скоростью более 7 км/ч

Среднее значение индекса WBGT получают из трех взвешенных показателей, используя следующую формулу

$$WBGT = \frac{WBGT_{\text{голова}} + (2WBGT_{\text{живот}}) + WBGT_{\text{лодыжки}}}{4}$$

Отмечается, что для быстрого определения индекса WBGT достаточно выполнить одно измерение на уровне, на котором тепловой перегрев будет максимальным. Использование такой процедуры приводит к переоценке теплового перегрева по отношению к порогу безопасности. Проведение этой процедуры должно быть отмечено в оценочном отчете.

Если при анализе условий деятельности на рабочем месте параметр не имеет постоянного значения по времени, то должно быть определено его характерное среднее значение.

Наиболее точная процедура состоит в измерении текущих значений этого параметра во времени и выведении из этого результата среднего значения путем интегрирования.

Среднее значение параметра p (например, выделение метаболического тепла, температуры шарика или величины индекса WBGT в случае одновременного измерения трех параметров окружающей среды, значение которых зависит от времени) можно выразить следующей формулой:

$$\bar{p} = \frac{(p_1 t_1) + (p_2 t_2) + \dots + (p_n t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

где p_1, p_2, \dots, p_n — значение параметра в течение времени t_1, t_2, \dots, t_n ; $t_1 + t_2 + \dots + t_n = T = 1$ ч.

Отмечается, что число выполняемых измерений зависит от скорости изменения параметров, характеристик отклика используемых датчиков и желаемой точности измерения.



Таблица 2

Справочные значения индекса WBGT теплового перегрева, соответствующие данной ситуации

Класс выделения метаболического тепла	Выделение метаболического тепла М		Справочное значение WBGT			
	Относительно единицы площади поверхности кожи, Вт/м ²	Всего (для средней площади поверхности кожи 1,8 м ²), Вт	Человек, акклиматизированный к теплу, °С		Человек, не акклиматизированный к теплу, °С	
0 (отдых)	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Нет заметного движения воздуха 25	Заметное движение воздуха 26	Нет заметного движения воздуха 22	Заметное движение воздуха 23
4	$M > 260$	$M > 468$				

Примечание: Данные значения были установлены с учетом максимальной ректальной температуры 38 °С у изучаемых лиц.

Для определения среднего значения выделения метаболического тепла применяют значения, измеренные или прогнозируемые при помощи справочных таблиц. Если выделение метаболического тепла просто классифицируется одним из пяти основных классов, указанных выше, средний уровень выделения метаболического тепла будет определяться исходя из средних его значений, указанных в табл. 1 для каждой элементарной деятельности.

В разделе "Периоды и продолжительность измерений" даются соответствующие указания по их проведению.

В разделе стандарта "Справочные значения" разъясняется, что они основаны на данных, полученных из научной литературы. Обращается внимание, что эти справочные значения характеризуют среднее воздействие теплоты человека за довольно продолжительный период работы. Они не учитывают пиковых значений теплового перегрева, которому могут подвергаться люди в течение коротких периодов (несколько минут), или в результате особенно горячей среды, или при мгновениях физической деятельности.

Подчеркивается, что, если эти значения превышены, необходимо: уменьшить непосредственно тепловой перегрев на рабочем месте, применив соответствующие методы (контроль окружающей среды, снижение интенсивности деятельности и продолжительности времени, проведенного в этой среде, а также использование средств индивидуальной защиты), или выполнить детальный анализ теплового перегрева с применением более изученных методов.

В разделе "Отчет об оценке" комментируется его содержание.

В справочном приложении А приведена таблица справочных значений индекса WBGT теплового перегрева (табл. 2).

В справочном приложении В даны графики справочных значений WBGT для различных режимов труда и отдыха. Также приведены методы акклиматизации к тепловым воздействиям.

В справочном приложении С приведен образец отчета об оценке индекса WBGT и выделения метаболической теплоты.

АНОНС!

В следующем номере журнала в разделе "Информация" будет опубликована статья авторов
Н. Н. Новикова и В. С. Сердюка

"О МИРОВЫХ ПРОБЛЕМАХ В ОБЛАСТИ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ВОЗМОЖНЫХ ПУТЯХ ИХ РЕШЕНИЙ

(по материалам XVIII Всемирного конгресса по охране труда в г. Сеуле)"

"Создание и внедрение технологий сохранения жизнеобеспечивающих функций окружающей среды на основе инновационных разработок искусственного регулирования атмосферных осадков"

Работа удостоена премии Правительства Российской Федерации 2008 года в области науки и техники

Руководитель работы **Залиханов Михаил Чоккаевич**, академик РАН.
Организация — **ФГУП "Федеральный научно-производственный центр "Научно-исследовательский институт прикладной химии"**

Работа посвящена решению одной из приоритетных задач государственной политики в области экологии — повышению уровня гидрометеорологической безопасности и сохранению качества окружающей среды, уменьшению экономического и экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф методами искусственного регулирования атмосферных осадков.

Физический принцип методов заключается в реализации фазовой и коллоидальной неустойчивости облаков и туманов путем их засева кристаллизующими и гигроскопическими аэрозолями, модифицирующими процессы конденсационного и коагуляционного роста облачных систем.

Возможности технологий

— **Предотвращение градобитий на больших территориях** (защита сельскохозяйственных угодий, флоры, фауны, строений, систем жизнеобеспечения, связи и т. п.).

— **Искусственное перераспределение и увеличение осадков в районах с недостаточным увлажнением** (борьба с засухами, лесными пожарами, получение дополнительных водных ресурсов, пополнение водоемов).

— **Локальное уменьшение атмосферных осадков** (снижение негативных последствий техногенных катастроф, обеспечение благоприятных погодных условий при проведении праздничных и спортивных мероприятий).

— **Снижение интенсивности и продолжительности ливневых дождей, опасных гроз и шквалов** (предупреждение паводков, уменьшение селевой и лавинной опасности, повышение безопасности населения, строений и т. п.).

— **Рассеяние туманов и низкой облачности** (повышение безопасности самолетов при взлетах и посадках, сокращение числа задержек рейсов самолетов, повышение безопасности движения транспорта на автомагистралях и судов в акваториях портов).

Основные научные и практические результаты

— Разработаны научно-методические основы искусственного регулирования атмосферных осадков путем активных воздействий на процессы осадкообразования в облаках и туманах с использованием пиротехнических аэрозолей, жидкого азота и порошкообразных реагентов.

— Разработаны физико-химические и технологические основы получения аэрозолей с заданными микрофизическими и кристаллизующими свойствами.

— Созданы ракетная, авиационные и наземная технологии искусственного регулирования атмосферных осадков.

— Разработаны и освоены отечественной промышленностью высокоэффективные и экологически безопасные технические средства:

противоградовой ракетный комплекс, включающий ракеты "Алазань-5" и "Алазань-6" с пусковыми установками ТКБ-040-04 и "Элия";

самолетные осадковызывающие пиротехнические патроны ПВ-26-01, ПВ-26-95, ПВ-50-92, ПВ-50-95, генератор САГ-ПМ и многозарядный комплекс воздействия СКВ-УВ-26;

самолетные генераторы ледяных кристаллов на жидком азоте ГМЧЛ-А и устройства для воздействия на облака порошкообразными реагентами;

наземные стационарные и мобильные генераторы льдообразующего аэрозоля на основе жидкого азота.

— Обеспечено широкомасштабное внедрение разработанных технологий в РФ и за рубежом с организацией специализированных служб метеозащиты.

Ракетная технология автоматизированной противоградовой защиты

Включает:

— противоградовые ракеты "Алазань-5", "Алазань-6" с эффективным радиусом действия 10 км и пусковые установки ТКБ-040-04 и "Элия";

— радиолокационные системы обнаружения, распознавания и управления активными воздействиями на облачные процессы.

Обеспечивает:

— оперативное получение более 30 карт метеорологической информации защищаемого района и управление работой ракетного комплекса;

— предотвращение образования града в развивающихся облаках;

— прерывание процессов градообразования в одноячейковых, многоячейковых и суперячейковых облаках.

Ракеты "Алазань-5" и "Алазань-6" превосходят мировые аналоги по эффективности и надежности. Ракета "Алазань-6" удостоена Золотого Знака Качества "Российская марка".

Применение отечественной ракетной технологии снижает потери от града на защищаемой территории в 5—7 раз.

Применение и эффективность разработанных технологий

— **Противоградовая защита** — более 2,3 млн га в РФ (республики Северного Кавказа, Ставропольский край, Краснодарский край), более 4,0 млн га в странах СНГ и дальнего зарубежья (Молдова, Узбекистан, Украина, Аргентина, Болгария, Бразилия и др.):

снижение потерь от града на защищаемых площадях на 80—90 %;

годовой экономический эффект от защиты сельхозугодий в РФ превышает 1,5 млрд руб. В 2009—2011 гг. планируется расширение площади защиты и увеличение экономического эффекта до 3,0—3,5 млрд руб.



— **Искусственное увеличение осадков** — увеличение объема осадков в засушливых регионах в 1,5–2 раза, прирост сезонного количества осадков на 15–30 % (Ставропольский край, Западная Сибирь, Якутия, Казахстан, Иран, Куба, Сирия, Португалия и др.).

— **Локальное уменьшение и перераспределение осадков** — снижение негативных последствий техногенных катастроф (работы в зоне Чернобыльской АЭС):

повышение метеорологической безопасности объектов (республики Северного Кавказа, Ставропольский край);

создание благоприятных погодных условий в праздничные дни (гг. Москва, Санкт-Петербург, Казань, Ташкент, Астана и др.).

— **Рассеяние туманов и низкой облачности** — повышение безопасности самолетов при взлетах и посадках, транспорта на автомагистралях, судов в акваториях портов;

— в аэропортах России и стран СНГ за 5 лет предотвращено более 10 тыс. часов задержек рейсов.

— **Экспортные поставки** — противорадиационных ракет более 30 %, осадковывывающих патронов около 80 % от объема их производства, объем экспорта за последние 5 лет превысил 11 млн долларов.

— **Технологии и технические средства экологически безопасны.**

Социальная значимость

— Создание дополнительных рабочих мест в промышленном и сельскохозяйственном секторах народного хозяйства РФ.

— Развитие отечественных наукоемких технологий и их продвижение на внутренний и внешний рынок.

— Повышение метеорологической и экологической безопасности.

— Создание благоприятных погодных условий в дни проведения крупных государственных, спортивных и юбилейных мероприятий.

Научно-техническая новизна

— Подтверждена 43 патентами и авторскими свидетельствами на изобретения СССР, Российской Федерации и других стран.

— Изложена более чем в 100 научных трудах и публикациях.

— Технологии и технические средства признаны Всемирной метеорологической организацией.

Получены положительные отзывы

Министерства сельского хозяйства РФ; Министерства природных ресурсов и экологии РФ; Министерства сельского хозяйства Республики Молдова; Северо-Кавказской службы по активным воздействиям РФ; Специальной службы по активным воздействиям Республики Молдова; Крымской военизированной службы по активным воздействиям; военизированное управление по воздействиям на гидрометеорологические процессы Республики Узбекистан; Правительства г. Москвы; Президиума АН Республики Татарстан; Московского государственного университета инженерной экологии; Академиком РАН Израэля Ю. А., Тартаковского В. А.

НОВЫЕ КНИГИ

Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): Допущено Министерством образования и науки РФ в качестве учебника для бакалавров всех направлений подготовки в вузах России / С. В. Белов. — М.: Юрайт.-Издат. Высшее образование, 2009. — 672 с. (Основы наук)

Изложены вопросы возникновения учений о безопасности жизнедеятельности человека и защите окружающей его среды. Рассмотрены теоретические основы учения о человеко- и природозащитной деятельности, описаны современный мир опасностей (естественных, антропогенных, техногенных и др.) и проблемы техносферной безопасности. Подробно раскрыты вопросы защиты человека и природы от различных видов опасностей.

Рассмотрены мониторинг и контроль опасностей в глобальном масштабе и более подробно в пределах Российской Федерации и отдельных ее территорий, а также государственное управление БЖД и ЗОС.

По вопросам приобретения обращайтесь в книготорг "е райт".

Тел.: (495)744-00-12

E-mail: sales@curait.ru, www.urait.ru

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

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

Дизайнер Т. Н. Погорелова.

Технический редактор Е. В. Конова. Корректор З. В. Наумова.

Сдано в набор 12.02.09. Подписано в печать 25.03.09. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,31. Заказ 273.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

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