



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

1(97)
2009

Редакционный совет:

АКИМОВ В. А.
БАЛЫХИН Г. А.
БЕЛОВ С. В.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.
(председатель)
ПАВЛИХИН Г. П.
ПОПОВ П. А.
СОКОЛОВ Э. М.
СОРОКИН Ю. Г.
ТЕТЕРИН И. М.
ТИШКОВ К. Н.
УШАКОВ И. Б.
ФЕДОРОВ М. П.
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

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Козлов В. И. Безопасность жизнедеятельности: маркетинговый подход к решению проблем 2

ОХРАНА ТРУДА

Месхи Б. Ч., Булыгин Ю. И., Алексеенко Л. Н., Деундяк Д. В. Синтез и исследование связи технических и санитарно-гигиенических критериев нормирования негативного воздействия выбросов дизельных машин 6

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Левашов С. П. Методика экспертной оценки профессионального риска 14
Шаврак Е. И. Анализ некоторых аспектов транспортных рисков 17

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Байдичева О. В., Рудаков О. Б., Хрипушин В. В., Барсукова Л. Г. Определение цветности воды с использованием цифровых технологий 23
Бузановский В. А., Попов А. А. Использование рентгенофлуоресценции в экологическом контроле 26
Буренин В. В. Новые конструкции фильтров и устройств для очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий 30
Гумеров Т. Ю., Швинк К. Ю. Особенности восстановления Cr(VI) в Cr(III) при очистке сточных вод 35
Зайнуллин А. М., Шайхiev И. Г., Фридланд С. В. Очистка сточных вод производства diazodinitroquinone 38
Ксенофонов Б. С. Совершенствование технологии очистки сточных вод биохимических производств 40
Терентьев О. М., Можаровская Е. А. Устройство для очистки рабочей жидкости под воздействием магнитного поля 43

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Беседин С. Н. Новый подход к диагностике и прогнозу формирования предпожарной ситуации в энергонасыщенных помещениях 48

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Новый национальный стандарт "Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению" 53

ИНФОРМАЦИЯ

Всероссийская студенческая олимпиада по техносферной безопасности. 55

Приложение. Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть IV. Термины и понятия законодательных актов и нормативных документов Минздравсоцразвития, Росстроя и ГСС. Выпуск 5. Сте-Я. Перечень исходных нормативных документов.

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".

УДК 658.345.8:339.138

В. И. Козлов, д-р мед. наук, проф.,
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Безопасность жизнедеятельности: маркетинговый подход к решению проблем

Основной целью учения о БЖД является формирование у населения знаний о факторах, влияющих на здоровье и путях по снижению степени их негативного воздействия на человека. Однако пока здоровье не приобретет действительную ценность, полноценная мотивация к безопасному поведению на основе здоровья не может быть сформирована. В статье рассматриваются причины низкой эффективности мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности и предлагаются пути решения некоторых из существующих проблем БЖД.

Ключевые слова: мотивация, ценности, безопасность жизнедеятельности, маркетинг.

Kozlov V. I. Health and safety: a marketing approach to the problems solving.

The fundamental object of the Health and Safety theory is to provide the population with the knowledge of the factors influencing human health and of the ways of reducing their negative impact on a human being. At the same time until such an article of commerce as health acquires its real value, a full quality motivation for safety behavior won't be formed.

The reasons for low efficiency of Health and Safety measures are considered, while ways of meeting some of the Health and Safety challenges which exist now are set forth in this work.

Keywords: motivation, values, Health and Safety, marketing.

Материальное производство, осуществляемое в процессе взаимодействия человека с природой, с неизбежностью приводит к изменению естественного окружения людей. Таким образом, современное потребительское общество, меняя условия жизнедеятельности, нарушает основной закон жизни — принцип устойчивости в системе "человек — среда обитания". Это приводит к качественному несоответствию человеческой популяции новым социальным запросам, что, в свою очередь, ведет к негативным для человека последствиям, проявляющимся прежде всего в снижении уровня как индивидуального, так и общественного здоровья. Проблема эта не является новой, еще в 1933 г. Н. Бердяев писал: "Человеческая душа не может выдержать той скорости, которой от него требует современная цивилизация" [2].

Очевидно, что для обеспечения соответствия адапционных реакций организма масштабам перемен, происходящих в окружающей среде, необходима стратегическая линия, направленная в конечном итоге на выживание человечества. В качестве методологической основы этой стратегии предложена концепция безопасности жизнедеятельности (БЖД). Однако, несмотря на то, что основные механизмы обеспечения БЖД хорошо известны, практические меры, направленные на оздоровление окружающей среды, зачастую не достигают цели. Более того, создается впечатление, что чем больше выявляется неблагоприятных факторов для человека, тем ниже степень реагирования на них со стороны большинства населения, в том числе и лиц, облеченных властными полномочиями. Люди зачастую попросту отмахиваются от многочисленных рекомендаций, касающихся вопросов обеспечения их безопасности.

Представляется, что слабость позиций БЖД при попытке применения соответствующих рекомендаций к условиям реальной жизни связана в том числе и с недостаточной проработанностью ее некоторых методологических аспектов.

Во-первых, надо указать на низкую мотивацию проведения мероприятий, обеспечивающих безопасные условия жизнедеятельности. Действительно БЖД как наука, изучающая опасности и способы защиты от них, в практическом применении предполагает, очевидно, целенаправленную деятельность (поведение) людей в интересах снижения степени воздействия этих опасностей. Необходимым же элементом любой деятельности, как известно, являются мотивы, которые формируются на основе целей, намерений, стремлений и пр. Кроме того, большое значение для формирования мотивов имеют такие внутренние факторы как, например, общая культура личности, нравственность, а также факторы внешние, называемые стимулами. Всю эту систему мотивационных факторов принято обозначать термином "мотивация" [6]. Следовательно, сущность мотивации к БЖД заключается в непрерывном выборе и принятии решений на основе взвешивания различных поведенческих альтернатив. Эти решения основываются на согласовании и сопоставлении множества субъективных (личностных) и объективных (общественных) сил, побуждающих людей к определенному стилю мышления и конкретной деятельности в интересах снижения степени воздействия на них разного рода опасностей.

Таким образом, в качестве одного из главных побуждающих поведение мотивационных факторов, рассматривается ее цель — ожидаемый результат самой деятельности. Основная цель БЖД заключается в защите человека от опасностей различного происхождения и в достижении комфортных условий жизнедеятельности [1], т. е. в обеспечении максимальной безопасности человека в данных условиях. Однако помимо определения самой цели необходимо указать на соответствующие показатели и критерии, по которым можно бы было определить степень ее достижения. Вряд ли вызовет сомнение тот факт, что важнейшим атрибутом безопасности является здоровье человека. Следовательно, целевым критерием БЖД является сохранение здоровья людей. Однако здоровье само по себе целью деятельности здорового человека в существующих условиях быть не может. Цели формируются на основе потребностей конкретного человека с учетом их ценностной иерархии, а ценным для людей является лишь то, в чем они испытывают нужду. Очевидно, что в самом общем виде нужда в здоровье может ощущаться только тогда, когда для решения каких-либо задач человек начинает испытывать его недостаток, т. е. тогда, когда он попросту нездоров (болен). Именно для больных сохранение здоровья действительно может являться одной из целевых задач. Здоровый же человек (или чувствующий себя таковым) в привычных для себя условиях жизнедеятельности в здравоохранительной деятельности просто не нуждается.

Таким образом, не отрицая социальной значимости здоровья, необходимо подчеркнуть, что для большинства населения оно служит лишь средством для достижения иных целей. То есть истинную нужду люди испытывают не в здоровье вообще, а в разрешении тех значимых для них проблем, при реализации которых они и могут ощущать действительную потребность в обеспечении БЖД. Однако, если эту нужду можно удовлетворить другим способом, то потребности в проведении мер, обеспечивающих БЖД, просто не будет.

Иллюстрацией к сказанному являются случаи, когда довольно значительная часть населения вместо того, чтобы заниматься укреплением своего здоровья путем закаливания, физических тренировок, отказа от вредных привычек и т. п., некоторые свои проблемы стремится решить посредством модных и не всегда здоровых диет, пластических операций или экстрасенсорных воздействий, а некоторые прибегают даже к услугам колдунов. Очевидно, что такое поведение вполне закономерно, поскольку человек, как уже отмечалось, нуждается не в здоровье как таковом, а в разрешении стоящих перед ним проблем. Образно говоря, человек бежит трусцой отнюдь не для того, чтобы быть здоровым, а для того, чтобы избавиться, например, от излишней полноты, кото-

рая может помешать его карьере или, скажем, снизить его внешнюю привлекательность. И если этого человека убедить, что при прочих равных условиях точно такого же эффекта можно достичь иным, более легким и быстрым способом, можно не сомневаться — бегать трусцой он больше не будет.

Ошибочность выводов о первостепенной ценности здоровья для всех людей связана, на наш взгляд, в том числе и с не вполне корректной постановкой вопросов при проведении социологических исследований о ценностных приоритетах человека. При прямой постановке вопроса привитые с детства штампы о месте здоровья в ряду всех ценностей заставляют респондентов в своих ответах именно его ставить на первое место.

Был проведен опрос двух групп молодых людей в возрасте 18—22 лет одинакового полового, социального, национального и образовательного состава (военнослужащие) об их ценностных приоритетах. При этом в одной группе вопрос о ценности здоровья был поставлен напрямую, а в другой — опосредованно (через отсутствие болезней и долголетие). Установлено, что молодые люди, которым вопрос о месте здоровья в системе их ценностей задавался опосредованно, поставили его только на 4-е место. В действительности мужчин в этом возрасте в значительно большей степени занимают проблемы взаимоотношений со своими товарищами и лицами противоположного пола, вопросы семейного благополучия, нежели состояние собственного здоровья (табл. 1).

Те же респонденты, которым вопрос о ценности здоровья задавался "напрямую", именно его в иерархии своих ценностей поставили на первое место (табл. 2).

Исследованием подтверждено, что большинством здоровых людей их собственное здоровье как первостепенная ценность не воспринимается. Следовательно, для подавляющей части людей укрепление здоровья не может быть целью их жизнедеятельности по объективным причинам. Поэтому ни призывы к отдельным людям о необходимости беречь свое собственное здоровье, равно как и убеждения разного масштаба руководителей о создании для

Таблица 1

Ценностные приоритеты военнослужащих по призыву ($n = 345$)*

Вопросы	Число положительных ответов, %
Уважение сослуживцев, авторитет среди товарищей	27,3
Популярность среди лиц противоположного пола	21,6
Отношения с родителями. Семейное благополучие	18,8
Отсутствие болезней. Собственное долголетие	17,4
Профессиональная карьера, успехи в службе	14,9
Итого	100,0

* n — число опрошенных.



Таблица 2

Ценностные приоритеты военнослужащих по призыву ($n = 520$)

Вопросы	Число положительных ответов, %
Состояние собственного здоровья	23,8
Уважение сослуживцев, авторитет среди товарищей	22,5
Популярность среди девушек	18,9
Отношения с родителями. Семейное благополучие	17,6
Профессиональные карьера, успехи в службе	17,2
Итого	100,0

подчиненных безопасных условий деятельности до сих пор не решили проблему обеспечения БЖД и, по нашему мнению, решить не могут. Как показывает реальная жизнь, руководители коллективов проводят мероприятия по сохранению здоровья лишь только в том случае и ровно настолько, насколько коллективное здоровье не соответствует уровню, необходимому для достижения поставленной перед коллективом (руководителем) цели.

Кроме того, следует отметить, что в целесообразности деятельности в рамках обеспечения БЖД каждый человек в значительной степени руководствуется исходя из собственных представлений о здоровье, так называемой внутренней картиной здоровья (ВКЗ). При этом ореол таких представлений у отдельных людей может быть очень широким, включая в него большой круг патологических состояний [3]. В этой связи особенно важным представляется формирование ВКЗ у разного масштаба руководителей.

Во-вторых, недостаточная эффективность мероприятий по обеспечению БЖД, особенно на производстве, связана с технологией применения профилактических мер. Дело в том, что практически все защитные средства устроены таким образом, что они в той или иной степени сдерживают производственный процесс, уменьшают скорость технологических операций, усложняют выполнение задания, снижают производительность труда, а следовательно, входят в противоречие с материальной заинтересованностью как работодателя, так и самого работника. Необходимо так организовать производство, чтобы профилактические меры не препятствовали решению целевых производственных задач, а были бы их составной частью, а значит, в качестве важнейшей составляющей входили бы в итоговую оценку деятельности и производственных коллективов и каждого работающего.

Образно говоря, обеспечение БЖД должно стать не дополнительным мероприятием, которое необходимо выполнить в рамках производственного задания, а составной частью самой целевой задачи. Надо сделать так, чтобы человек стал не объектом безопасности, а ее субъектом [4]. Работающий должен получать денежное вознаграждение не только за количество и качество произведенного продукта,

но и за то, в насколько безопасных условиях этот продукт произведен. Человек, использующий средства защиты не только не должен находиться в невыгодном для себя положении, но и всемерно поощряться. Причем размеры этого поощрения должны существенно превышать возможный "выигрыш" в случае, если бы такие средства не использовались.

В-третьих, необходим пересмотр всей системы воспитания человека в области безопасного поведения в разных условиях его существования. В настоящее время основным методом работы в этой области все еще остаются убеждение и принуждение — методы, которые показали свою полную несостоятельность. Подобные упрощенные подходы, используемые в процессе обучения населения нормам и правилам БЖД, значительно снижают их эффективность. Согласно современным взглядам на воспитательный процесс перспективным считается переход от принуждения как основного принципа воздействия к использованию манипуляции, под которой подразумевается осуществление влияния на поведение индивидуума с помощью косвенных приемов группового воздействия и упора на коллективный характер поставленных целей. При этом большее предпочтение отдается позитивным побуждениям, чем угрозам и запугиваниям [8].

Давно уже не дает эффекта и до настоящего времени широко эксплуатируемое чувство страха людей перед различными опасностями, в том числе болезнями. Не однозначна и роль страха перед возможностью наложения штрафных или иных санкций к нарушителю регламентированных правил поведения. С одной стороны, страх быстро притупляется, при этом может возникнуть даже желание рискнуть (провокационная роль страха), а с другой — сильный страх возбуждает людей, они просто перестают воспринимать информацию и не реагируют на соответствующие предостережения [10].

Говоря о проблемах БЖД, необходимо отметить также и так называемую донорскую усталость общества — нежелание людей участвовать в мероприятиях и выделять средства на ту деятельность, цели которой не достигаются, на разработку и реализацию программ, которые в течение длительного времени не дают результатов. Людям необходимо предлагать понятные для них и по возможности менее затратные профилактические модели, свежие подходы по формированию среди населения навыков БЖД.

Таким образом, будучи вполне обоснованной теоретически, практически БЖД имеет ряд методологических недостатков, главным из которых является отсутствие для нее мотивационных основ. Мотивация к безопасному поведению не может быть сформирована на основе целевой задачи БЖД до тех пор, пока такой товар как здоровье в условиях рыночных отношений действительно не станет ценностью, т. е. необходимым условием реализации насущных

потребностей человека. Подобный подход к формированию БЖД, основанный на изучении потребностей, является, по сути, маркетинговым, сущность которого состоит в деятельности, направленной на реализацию уже существующих и вновь сформированных потребностей [5]. Существенным при таком подходе представляется и то, что деятельность по обеспечению БЖД должна быть активной, а значит свободной, т. е. не навязанной извне. Важно не заставлять человека проводить те или иные действия для обеспечения БЖД, а создать условия для сознательного выбора соответствующего поведения.

Известно, что основной движущей силой всех сфер общественного развития с начала цивилизации и до настоящего времени являются деньги [7]. Именно они являются мощнейшим мотивационным фактором любой деятельности человека. К сожалению, современный рынок оценивает только произведенные товары и оказываемые услуги, т. е. то, во что уже вложен труд человека. В то же время он не учитывает ценности, предоставленные природой, в том числе и здоровье человека. В этой связи очевидно, что основной недостаток существующих в настоящее время программ в рамках БЖД в том и заключается, что они остаются вне монетарной системы. Поэтому действительно важным представляется проведение специальных мероприятий с тем, чтобы такой важный товар, каким является здоровье, стал востребованным людьми и конкурентоспособным на рынке других товаров и услуг. Иными словами, необходимо придать здоровью не мнимую, а истинную для каждого человека ценность.

В формировании безопасной жизнедеятельности следует различать два основных подхода: коллективный (общественный) и индивидуальный. Что касается проблем БЖД на общественном уровне, то очевидно, что их решение видится в учете здоровья как важнейшей составляющей цели того или иного коллектива, общества в целом, т. е. доход любого производства должен находиться в прямой зависимости от показателей коллективного здоровья его субъектов. Индивидуальная же модель БЖД ассоциируется, прежде всего, с так называемым профилактическим поведением. В этой связи необходимо сделать так, чтобы человек постоянно нуждался в сохранении бесплатно полученного от природы такого важнейшего ресурса, каким является здоровье.

В самом общем виде решение задач повышения эффективности мер, направленных на обеспечение БЖД, видится на путях внедрения страховых методов во все сферы жизнедеятельности человека. При этом страхование не должно как в настоящее время носить характер налога. Сумма страховых сборов должна быть дифференцирована в зависимости от многих факторов, в том числе и от степени безопасности условий жизнедеятельности, в которых

реально находится человек, а также от состояния его здоровья.

Рудиментарная мотивация современного человека в отношении безопасного поведения имеет два главных истока. Первый состоит в том, что между причиной (опасности) и следствием (нарушением здоровья) имеется часто весьма большой, порой еще не определенный по продолжительности временной интервал. Вторая причина кроется в том, что человек с самого раннего возраста подвергается влиянию множества других конкурирующих с понятием "здоровье" воздействий, которые являются значительно более мощными и значимыми [9]. В свое время в отношении науки Ф. Энгельс говорил: "Если у общества появляется техническая потребность, то это продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов". Очевидно, что не мифическая, а истинная потребность общества и отдельных его членов в здоровье может продвинуть решение вопросов обеспечения безопасности больше, чем сотни надзирателей и тысячи воспитателей. "Нет деятельности, не детерминированной потребностями", — писал Н. А. Бердяев.

Таким образом, сущность маркетингового подхода к обеспечению БЖД заключается в том, чтобы изучая структуру как индивидуальных, так и коллективных потребностей, проводить работу по формированию потребностей, удовлетворение которых способствовало бы укреплению здоровья. Для того чтобы человек активно проводил мероприятия по обеспечению БЖД, необходимо не навязывать ему "нужные мероприятия", а создать для него условия, при которых он бы сам ощущал потребность в такой деятельности, осуществление которой было бы связано с достижением безопасных для него условий.

Список литературы

1. **Безопасность** жизнедеятельности: Учебник для вузов / Под общ. ред. С. В. Белова. 5-е изд., испр. и доп. — М.: Высш. шк., 2005. — 606 с.
2. **Бердяев Н. А.** Человек и машина // Вопросы философии. — 1989. — № 2. — С. 158.
3. **Каган В. Е.** Внутренняя картина здоровья — термин или концепция? // Вопросы психологии. — 1993. — № 1. — С. 86—88.
4. **Котик М. А.** Психология и безопасность. — Таллинн, 1989. — 448 с.
5. **Ламбен Жан-Жак.** Менеджмент, ориентированный на рынок. Перев. с англ. / Под ред. В. А. Колчанова. — СПб.: Питер, 2005. — 800 с.
6. **Маклаков А. Г.** Общая психология: Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2005. — 583 с.
7. **Одум Ю.** Экология: В 2-х томах. Т. 1. Перевод с англ. — М.: Мир, 1986. — 328 с.
8. **Comanders Gall.** — Washington, 1980. — November-December. — P. 3.
9. **Lamm G.** Профилактика неинфекционных болезней: опыт и перспективы / Материалы Европейской конференции по профилактике хронических неинфекционных болезней и борьбе с ними. — М.: Медицина. — 1991.
10. **Leventhal H., Hirshman R. S.** Social Psychology and prevention // Social Psychology of Health and Tolness/ Eds G. E. Sanders, T. Suls. — Hillsdale. — N T 5 Erlbaum. — 1982.

УДК 614.8:504.5:629.4

Б. Ч. Месхи, д-р техн. наук, проф., **Ю. И. Булыгин**, д-р техн. наук, проф.,
Л. Н. Алексеенко, асс., **Д. В. Деундяк**, инж.,
Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону

Синтез и исследование связи технических и санитарно-гигиенических критериев нормирования негативного воздействия выбросов дизельных машин

Рассмотрена взаимосвязь технических и санитарно-гигиенических критериев нормирования выбросов вредных веществ транспортом. Доказано, что критерием эффективности мероприятий по снижению выбросов может быть эколого-экономический коэффициент. Разработана математическая модель определения концентрации бенз(а)пирена в отработанных газах двигателей внутреннего сгорания. Рассчитаны санитарно-защитные зоны предприятий, эксплуатирующих транспорт с учетом технически ненормируемых канцерогенов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, рабочая зона, нормирование выбросов, вредные вещества, транспорт, санитарно-защитные зоны.

Meskhi B. Ch., Bulygin Y. I., Alekseenko L. N., Deundyak D. V. *The link synthesis and research of technical and sanitary-hygienic normalization parameters of diesel engines pollution negative influence.*

The interrelation of technical and sanitary-and-hygienic criteria of normalization of emissions of harmful substances is considered by transport. It is proved, that criterion of efficiency of actions on emissions decrease may be the ecology-economic factor. The mathematical model of definition of concentration benz(a)piren in full-filled gases of Diesel-tools are developed. The Sanitary-protective zones are calculated that used the transport in view of technically not normalized carcinogens.

Keywords: air, working area, rationing emissions, toxic substances, transport, sanitation and protection zone.

Введение

Тепловозы являются основными загрязнителями атмосферного воздуха населенных мест и воздуха рабочих зон железнодорожных предприятий. На их долю приходится не менее половины выбросов оксидов азота всей отрасли и значительная часть выбросов сажи и канцерогенов. В непосредственной близости от тепловоза предельно допустимые кон-

центрации (ПДК) по этим ингредиентам превышены в десятки и даже в сотни раз. Даже при соблюдении существующих технических нормативов выбросов уровень фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе на территориях железнодорожных предприятий значительно превышает значения установленных ПДК в особенности по оксидам азота, саже и некоторым канцерогенам и оказывает негативное воздействие на работающих [1], [2]. Поэтому не вызывает сомнения, что задача снижения вредного воздействия транспортных средств (ТС) на атмосферный воздух и воздушную среду рабочих зон является актуальной.

Принципы и виды нормирования выделения вредных веществ в атмосферный воздух и рабочую зону

Существуют два вида нормирования негативного воздействия вредных веществ, выделяемых двигателями ТС: по санитарно-гигиеническим и техническим показателям.

Технические показатели введены для оценки экологического уровня конструкции ДВС ТС и регламентируются рядом нормативно-технических документов: ОСТ 37.001.054—74, ГОСТ Р 50953—96, ГОСТ Р 52160—2003, ГОСТ Р 52033—2003, ГОСТ Р 51249—99, ГОСТ Р 51250—99, ГОСТ Р 17.2.2.07—2000, Директивами ЕС 97/68/ЕС, МЭК 22 "Дорожный транспорт", Правилами ЕЭК ООН и другими стандартами.

Санитарно-гигиеническая норма — показатель, соблюдение которого гарантирует безопасность или оптимальные (комфортные) условия жизнедеятельности человека.

В РФ в настоящее время, согласно санитарным нормам СН 245-71 и их последующим дополнениям ГН 2.1.6.695—98 "Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений, санитарная охрана воздуха", для большинства токсичных компонентов отработанных газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) установлены их предельно допустимые концентрации (ПДК) в воздухе (табл. 1). При этом используется трехступенчатая система нормирования, включающая в себя среднесуточную и макси-

Таблица 1
Токсичность некоторых компонентов отработанных газов ТС

Компонент	Класс опасности	Предельно-допустимая концентрация (ПДК), мг/м ³		
		Среднесуточная ПДК _{сс}	Максимально разовая ПДК _{м.р}	В воздухе рабочей зоны ПДК _{р.з}
Оксиды азота (в пересчете на NO ₂)	2	0,04	0,085	2
Монооксид углерода СО	4	3	5	20
Сажа С	3	0,05	0,15	4
Углеводороды C _n H _m (в пересчете на С)	2...4	—	—	300
Бенз(а)пирен C ₂₀ H ₁₂	1	10 ⁻⁶	10 ⁻³	15 · 10 ⁻⁵

мально разовую ПДК, а также предельную концентрацию вредного вещества в воздухе рабочей зоны.

Связи между этими тремя степенями нормирования и классификация ПДК показаны на рис. 1 и 2. Среднесуточная ПДК токсичного вещества в атмосфере населенных пунктов не оказывает прямого или косвенного вредного воздействия на человека в условиях его круглосуточного, неопределенно долгого пребывания в зоне нормирования. Максимально разовая ПДК вредного вещества (ВВ) в воздухе населенных мест — это концентрация, не вызывающая рефлекторных реакций в организме человека, находящегося в течение 30 мин в данных условиях. Предельно допустимой концентрацией токсичного вещества в воздухе рабочей зоны является концентрация, не вызывающая у работников, ежедневно находящихся в зоне нормирования по 8 часов в течение всего рабочего стажа, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемого непосредственно в процессе работы или в более отдаленные сроки. Указанные значения ПДК установлены применительно к вредному веществу, находящемуся в воздухе стандартного состава, прежде всего по кислороду. При этом среднесуточные ПДК являются основными, а максимально разовые ПДК устанавливаются, в первую очередь, для соединений, обладающих выраженным раздражающим действием или резким запахом.

Таким образом, необходимость ступенчатого (раздельного) нормирования вредных веществ определяется **законом толерантности** (приспособляемости). На предприятии в течение рабочего дня загрязненным воздухом дышат практически здоровые люди, прошедшие необходимое медицинское обследование, а в населенных пунктах круглосуточно находятся не только взрослые, но и дети, пожилые люди, беременные, люди, страдающие различными заболеваниями, поэтому ПДК_{р.з} должно

быть выше ПДК_{м.р} и ПДК_{с.с}. При нормировании содержания токсичных компонентов отработанных газов в воздухе с использованием ПДК лимитирующим фактором является вредное воздействие индивидуального химического соединения на организм человека.

В действительности все вредные вещества действуют на человека одновременно. При этом негативное влияние одного компонента отработанных газов может усиливаться присутствием другого. Поэтому для проведения сравнительной оценки токсикологической зависимости различных компонентов отработанных газов применяется ряд относительных показателей. В частности, используется приведение массовых концентраций различных веществ по ПДК к одному веществу, выбранному за эталон. В качестве такого эталона обычно принимают монооксид углерода, токсикологические свойства которого хорошо изучены. При этом приведенная к монооксиду углерода концентрация *i*-го токсичного ком-

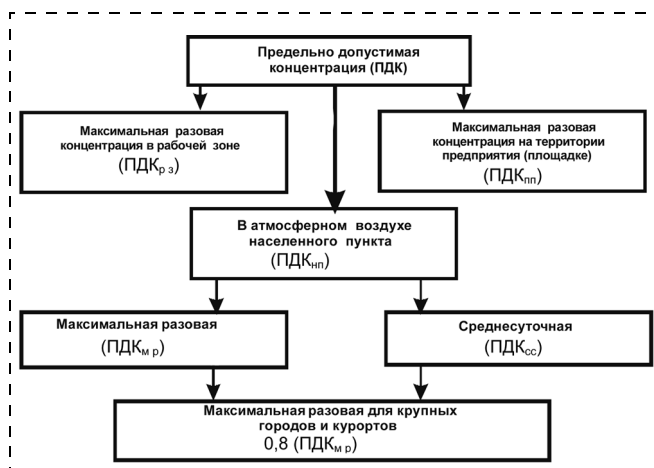


Рис. 1. Классификация ПДК

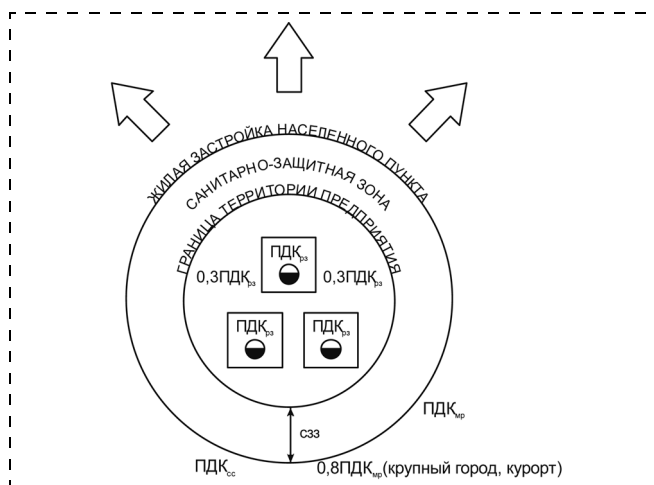


Рис. 2. Зоны и территории нормирования

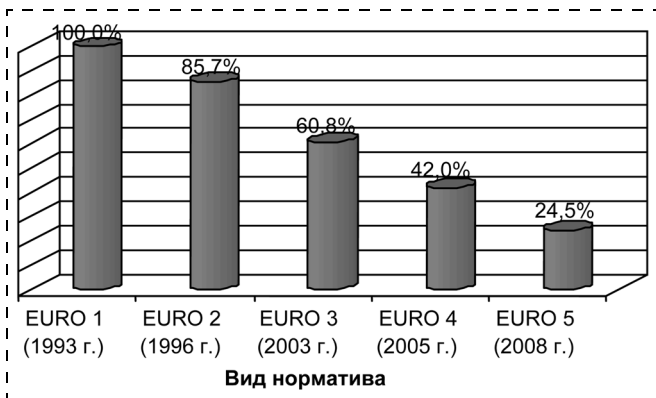


Рис. 3. Динамика европейского законодательства по снижению вредного воздействия на человека эмиссии ОГ дизелей автомобильных ТС

Таблица 2

Международные нормы выбросов ВВ транспортными средствами, г/(кВт·ч)

Стандарт	Год введения	Сажа (твердые частицы, углерод)	NO _x	C _n H _m	СО
UIC-623.1/2/3	1997	2*	12,0	0,8	3,0
EPA USA	1996	0,27	7,5	0,4	2,0
EURO 1***	1993	0,36	8,0	1,1	4,5
EURO 2	1996	0,15	7,0	1,1	4,0
EURO 3	2000	0,1	5,0	0,66**	2,1
EURO 4	2005	0,02	3,5	0,46**	1,5
EURO 5	2008	0,02	2,0	0,25**	1,5

* — Единицы Bosh; ** — не метановые углеводороды; *** — Россия с 1999 г.

понента C_{inp} отработанных газов определяется по формуле:

$$C_{inp} = \left(\frac{ПДК_{CO}}{ПДК_i} \right) C_i \quad (1)$$

где ПДК_{CO}, ПДК_i — предельно допустимые концентрации СО и *i*-го токсичного компонента отработанных газов; C_i — концентрация *i*-го токсичного компонента в отработанных газах. В результате был получен ряд коэффициентов относительной агрессивности токсичных компонентов ОГ [2]:

$$K_{CO} : K_{C_n H_m} : K_{NO_x} : K_C : K_{SO_x} : K_{B(a)P} = 1 : 3,16 : 41,1 : 41,1 : 16,5 : 1\ 260\ 000,$$

который используется для оценки прогресса стандартов для автомобильных ТС по снижению вредного воздействия на организм человека эмиссии ОГ (рис. 3).

Представленная на рис. 3 диаграмма получена путем определения произведения коэффициента относительной агрессивности на соответствующее зна-

чение норматива выброса (табл. 2). Например, эквивалентный СО норматив эмиссии оксидов азота определяется по формуле: $\vartheta_{NO_x} = K_{NO_x} [NO_x]$. Тогда эквивалентный СО суммарный норматив можно рассчитать так: $\vartheta_1 = \vartheta_{NO_x} + \vartheta_C + \vartheta_{CH} + \vartheta_{CO}$. На рис. 3 за 100 % принят расчетный эквивалентный СО суммарный норматив EURO1 $\vartheta_1 = 351,6$ г/кВт·ч.

Аналогичный подход был предложен и в работе [3], где степень вредного воздействия эмиссии ОГ тепловозов оценивается по эколого-экономическим коэффициентам ЭЭК по сути соответствующим эквивалентным СО суммарным нормативам выбросов ВВ. Заметим, что данный подход интегрально связывает технические нормативы выбросов с установленными санитарно-гигиеническими ПДК.

На рис. 4 представлены эквивалентные СО суммарные нормативы ЭЭК, рассчитанные в зависимости от режимов нагрузки тепловозов в соответствии с ГОСТ Р 50953—96. Из рис. 4 следует, что эквивалентный СО суммарный российский норматив по ГОСТ Р 50953—96 на номинальных режимах ра-

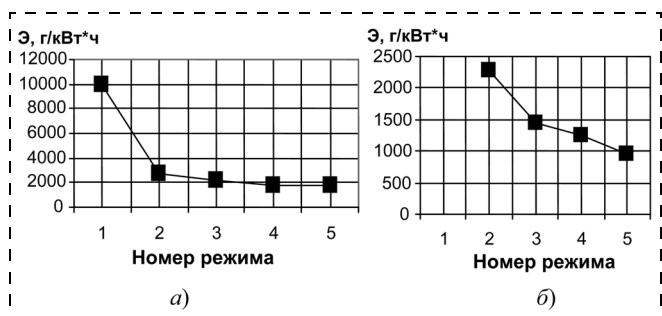


Рис. 4. Суммарный ЭЭК тепловозов 2ТЭ10 (а) и ТЭМ2У (б) по ГОСТ Р 50953—96.

Номера режимов: 1 — холостой ход (отсутствие нагрузки); 2, 3 и 4 — режимы частичной нагрузки двигателя; 5 — номинальный режим нагружения ДВС (полная нагрузка)

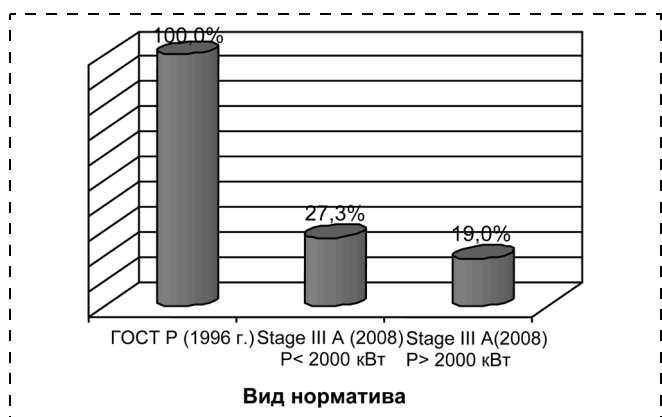


Рис. 5. Развитие европейского законодательства по снижению вредного воздействия на человека эмиссии ОГ дизелей тепловозов в сравнении с российскими стандартами



Таблица 3
Международные нормы Stage IIIA выбросов ВВ для двигателей железнодорожного подвижного состава, г/(кВт·ч)

Категория	Мощность P , кВт	CO	C_nH_m	$C_nH_m + NO_x$	NO_x	Сажа	Дата введения
RCA	$130 < P$	3,5	—	4,0		0,2	2005
RLA	$130 < P < 560$	3,5	—	4,0		0,2	2006
RHA	$P > 560$	3,5	0,5*	—	6,0*	0,2	2008

* $C_nH_m = 0,4$ г/кВт·ч и $NO_x = 7,4$ г/кВт·ч для двигателя с $P > 2000$ кВт и $D = 5$ л/цилиндр.

вен $\mathcal{E}_{ГОСТP} = 1000...2000$ г/кВт·ч, что значительно превышает нормативы EURO стандартов. На рис. 5 представлено развитие законодательства Евросоюза по снижению эмиссии ОГ для тепловозов RHA в сравнении с ГОСТ Р 50953—96.

Представленная диаграмма получена аналогичным путем, что и диаграмма на рис. 3 на основе данных о нормах выбросов (табл. 3). За 100 % на рис. 5 принят эквивалентный СО суммарный норматив ГОСТ Р 50953—96 $\mathcal{E}_{ГОСТP} = 1000...2000$ г/кВт·ч, рассчитанный для одного магистрального 2ТЭ10 и одного маневрового ТЭМ2У тепловозов. Эквивалентный СО суммарный норматив Stage IIIA равен для 2ТЭ10 $\mathcal{E}_{IIIA} = 317,1$ г/кВт·ч и для ТЭМ2У $\mathcal{E}_{IIIA} = 259,9$ г/кВт·ч, что соответствует примерно стандарту EURO 2 для АТС.

Эколого-экономические коэффициенты (ЭЭК), Г/кВт·ч, можно использовать для оценки эффективности внедрения разрабатываемых конструктивных, эксплуатационных и химико-технологических мероприятий снижения выбросов ВВ в атмосферный воздух и рабочую зону от ТС и установления взаимосвязей процессов выделения ВВ с параметрами рабочей зоны производственной среды [3]. С помощью автоматизированной системы (АС) ENGINE и введенных ЭЭК можно исследовать эффективность применения в двигателях ТС альтернативных видов топлив, перспективных топливных систем, топливных катализаторов и нейтрализаторов ОГ, систем рециркуляции отработанных газов, а также оценить степень загрязнения атмосферного воздуха при экологических расчетах. АС ENGINE объединила в себе модели процессов горения в двигателях (химической кинетики и термодинамики) в единое целое, которые направлены на решение задач оптимизации энерго-экологических показателей работы ДВС ТС. Например, в [4] были рассчитаны ЭЭК для тепловоза, работающего на различных видах топлива. При работе на водороде ЭЭК снижаются для тепловозов до 170 г/кВт·ч, тогда как при работе на аммиаке до 1130 г/кВт·ч.

Ненормируемые (не лимитируемые) вещества и косвенно нормируемые компоненты

В отработанных газах двигателей внутреннего сгорания ТС присутствует несколько сотен веществ, а нормирование происходит только по пяти показателям [2]. Все остальные компоненты, находящиеся в ОГ, нормированию в настоящее время не подлежат. Эти вещества называют ненормируемыми (не лимитируемыми). Ненормируемыми эти вещества являются только по техническим показателям, а не по санитарно-гигиеническим. Перечень компонентов, подлежащих санитарно-гигиеническому нормированию, значительно шире и включает в себя несколько десятков веществ и 280 компонентов, содержащихся в ОГ ДВС ТС. Проблема здесь заключается в сложности экспериментального определения концентраций некоторых компонентов в отработанных газах ТС. Решение этой проблемы наиболее актуально для ряда канцерогенных веществ (бенз(а)пирена, альдегидов и других вредных веществ).

Наравне с ненормируемыми веществами существуют и так называемые косвенно нормируемые компоненты. Например, оксиды серы, присутствующие в ОГ двигателей из-за наличия серы в топливе. Сами оксиды серы напрямую не нормируются по техническим показателям, однако содержание серы в топливе устанавливается стандартами на дизельные и бензиновые топлива [2, 4]. Со временем список нормируемых веществ пополняется. Так, например, давно предлагается нормировать даже нетоксичный углекислый газ CO_2 , выбросы которого многие исследователи связывают с парниковым эффектом.

Модель образования и гибели бензапирена (Б(а)П)

Бензапирен (Б(а)П) чрезвычайно сложно определять экспериментально. До сих пор на него не разработан технический норматив выброса, поэтому количественная оценка его в отработанных газах ДВС весьма актуальна. Как показывают расчеты эколого-экономических коэффициентов, г/кВт·ч [2], учитывающих агрессивность компонентов, входящих в отработанные газы дизельных ДВС, не учет только Б(а)П приводит к погрешности оценки токсичности дизельного ДВС от 3 до 10 %. Для бензиновых и газотурбинных двигателей эта погрешность уже составляет 50...100 %. Приведенные выше оценки доказывают необходимость инструментально-аналитического определения Б(а)П в отработанных газах ДВС. Анализ схемы синтеза полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) с учетом принятых допущений позволил сформу-

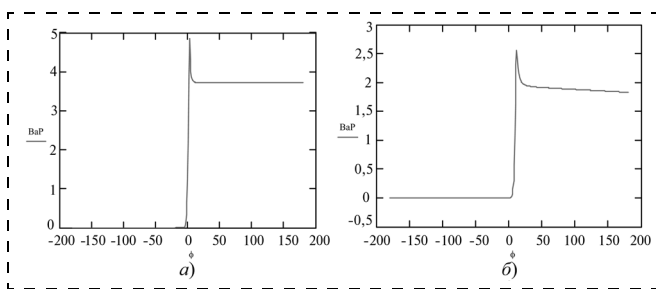


Рис. 6. Изменение массовой концентрации бензопирена ВаР [$\mu\text{кг}/\text{м}^3$] от угла $\Phi = \varphi$ поворота коленчатого вала в ДВС маневрового ЧМЭЗ (а) и магистрального ТЭ10 (б) тепловозов

ликовать модельное дифференциальное уравнение (2) для концентрации Б(а)П в цилиндре ДВС [5]:

$$\frac{d[C_{20}H_{12}]}{d\tau} = K_1[C_2H_2]^m - K_2[C_2H_2]^n[C_{20}H_{12}], \quad (2)$$

где τ — текущее время, с; $[C_2H_2](\tau)$ — массовая концентрация ацетилена в камере сгорания ДВС, $\text{г}/\text{м}^3$; $[C_{20}H_{12}](\tau)$ — массовая концентрация бенз(а)пирена, $\text{мкг}/\text{м}^3$; параметры K_1 и K_2 вычисляются на основе метода каскадной факторизации [6], а показатели степени $m \sim 5$, $n \sim 2$ уточняются на основе опытных данных. Учитывая, что $d\varphi = \omega dt$ после преобразований (2) получим уравнение, которое можно использовать для оценки токсичности поршневых ДВС по бенз(а)пирену:

$$\frac{d[C_{20}H_{12}]}{d\varphi} = \frac{1}{\omega} [K_1[C_2H_2]^5 - K_2[C_2H_2]^2[C_{20}H_{12}]], \quad (3)$$

где φ — угол поворота коленчатого вала (п. к. в.) ДВС, град. п. к. в.; ω — зависящая от режима работы частота. Для реализации модели [7] достаточно иметь экспериментальные или рассчитанные массивы по выбросам углеводородов $C_nH_m(\varphi)$, а также некоторые конструктивные параметры ДВС, которые могут быть определены с помощью AC ENGINE [7], [3]. Параметры K_1 и K_2 следует подбирать особенно тщательно, согласуя подбор с результатами эксперимента. На рис. 6 представлены результаты расчета концентраций бенз(а)пирена в ОГ наземных ТС.

Уровни фоновых концентраций и размеры санитарно-защитных зон предприятий железнодорожного транспорта

В соответствии с ФЗ-96 "Об охране атмосферного воздуха" от 4.05.99 все ТС подлежат регулярным проверкам на соответствие их выбросов техническим нормативам и в случае превышения нормативов, эксплуатация таких ТС запрещается. Вместе с тем, предприятия, эксплуатирующие тепловозы в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.984—2000 имеют установленную санитарно-защитную зону (СЗЗ),

Таблица 4

Размеры СЗЗ для предприятий

Класс производства	I	II	III	IV	V
Минимальный размер СЗЗ, м	1000	500	300	100	50

представляющую собой территорию определенной протяженности и ширины, отделяющую источники загрязнения от границ зоны жилой застройки (см. рис. 2). В зависимости от класса предприятия устанавливается нормативный минимальный размер СЗЗ (табл. 4).

Для локомотивных депо, железнодорожных станций, вокзалов, предприятий, эксплуатирующих тепловозы, относящихся к III классу производства СЗЗ равна 300 м. Однако, как следует из ОНД-86, размеры СЗЗ, установленные в Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий, должны проверяться расчетом загрязнения атмосферы в соответствии с требованиями вышеприведенного документа и с учетом перспективы развития предприятия и фактического загрязнения атмосферного воздуха. Если при этом размеры СЗЗ получаются больше, чем установленные государственными стандартами, то требуется пересмотр организационно-технических решений, направленных на обеспечение выполнения санитарно-гигиенических норм за счет уменьшения количества выбросов вредных веществ в атмосферу. При невозможности обеспечить требуемые размеры СЗЗ, их устанавливают в соответствии с фактическим загрязнением атмосферного воздуха по согласованию с соответствующими органами власти.

Для уточнения размеров СЗЗ и определения фоновых концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) были произведены расчеты рассеивания ЗВ, выделяемых от тепловозов, находящихся стационарно на пунктах экологического контроля (ПЭК), где производится регулировка их ДВС по технико-экологическим показателям. Расчеты проведены для магистральных (ТЭ10) и маневровых тепловозов (ЧМЭЗ и ТЭМ2У) на всех режимах работы при неблагоприятных метеорологических условиях, т. е. рассмотрены так называемые граничные случаи, соответствующие наихудшему рассеиванию ЗВ в приземном слое атмосферы.

Исходные данные по выбросам соответствовали техническим нормативам выбросов (ТНВ) тепловозов, определенных в соответствии с действующим ГОСТ Р 50953—96. Использовались также дополнительные технические параметры, необходимые для расчета — мощность, высота трубы, эффективный диаметр устья и объем отработанных газов.

Расчеты показали, что концентрации ЗВ в атмосферном воздухе в пределах СЗЗ значительно превышают значения санитарно-гигиенических нормати-



Таблица 5

Расчет приземных концентраций вредных веществ, выделяемых от магистрального и маневрового тепловоза на ПЭК при неблагоприятных метеорологических условиях при соблюдении технических нормативов выбросов (ТНВ)

Тип ТС	ТНВ* ВВ	Максимальная приземная концентрация ВВ в отношении к ПДК							Расстояние, на котором достигается ПДК _{мр} ВВ, м (размер СЗЗ ТС)				Опасная скорость ветра, м/с
		C _м /ПДК _{сс}			C _м /ПДК _{мр}		C _м /ПДК _{рз}		NO _x	C	Б(а)П**	СО	
		NO _x	C	Б(а)П**	NO _x	C	NO _x	C					
Магистральный тепловоз 2ТЭ10	ГОСТ Р	183	15	7,5	86	4,8	3,7	>1	4565	403	652	141	6,57
	EURO 1	37	4	7,5	17,4	1,33	>1	>1	1648	138	652	—	
	EURO 3	23,5	1,1	7,5	10,9	>1	>1	>1	1283	—	652	—	
	EURO 5	9,3	>1	7,5	4,4	>1	>1	>1	762	—	652	—	
Маневровый тепловоз ЧМЭЗ	ГОСТ Р	122	12	11,5	57,2	4,0	2,43	>1	2190	234	405	—	4,01
	EURO 1	41	4,5	11,5	19,3	1,47	1,1	>1	1124	102	405	—	
	EURO 3	25,6	1,23	11,5	12,1	>1	>1	>1	875	—	405	—	
	EURO 5	10,2	>1	11,5	4,82	>1	>1	>1	524	—	405	—	

* Данные ТНВ для номинального режима по российским стандартам приведены по ГОСТ Р 50953—96.
 ** Данные по Б(а)П получены по результатам модельных расчетов, так как этот канцероген не нормируется в выбросах ТС.

Примечание. Режимы испытаний соответствуют полному нагружению (номинальный режим).

вов всех трех ступеней нормирования — ПДК_{с.с}, ПДК_{м.р} и ПДК_{р.з}, а сами размеры СЗЗ существенно превосходят установленные нормативные величины. Расчеты были произведены по методике, изложенной в ОНД-86, а также с использованием разработанных авторами программных продуктов (AC ENGINE) и моделей токсичности для наземных ТС на различных режимах нагрузки. Результаты сведены в табл. 5, а также наглядно по ступеням нормирования представлены на графиках (рис. 7).

Как следует из расчетов, максимальная приземная концентрация ЗВ в воздухе по оксидам азота (NO_x) превышает ПДК_{с.с} в 122...183 раз для магистральных тепловозов и в 122...155 раз для маневровых, работающих в номинальном режиме. ПДК_{м.р} превышены соответственно в 74—88 раз и в 57—74 раз. Расстояние, на котором достигается ПДК ЗВ, составляет для магистральных тепловозов 3790...4565 м, а для маневровых — 2048...2190 м. Результаты вычислений максимальных приземных концентраций частиц сажи (С) в атмосферном воздухе показывают, что ПДК_{м.р} превышены в 3,5...4,8 раз для магистральных тепловозов и в 4...5,1 раз для маневровых, работающих на номинальном режиме. При этом расстояние, на котором достигается ПДК_{м.р} сажи в воздухе, составляет для магистральных тепловозов 344...403 м, а для маневровых — 214...234 м. Результаты вычислений максимальных приземных концентраций СО в атмосферном воздухе показывают, что ПДК_{м.р} превышены на 3 % для магистральных тепловозов, работающих на номинальном режиме. При этом

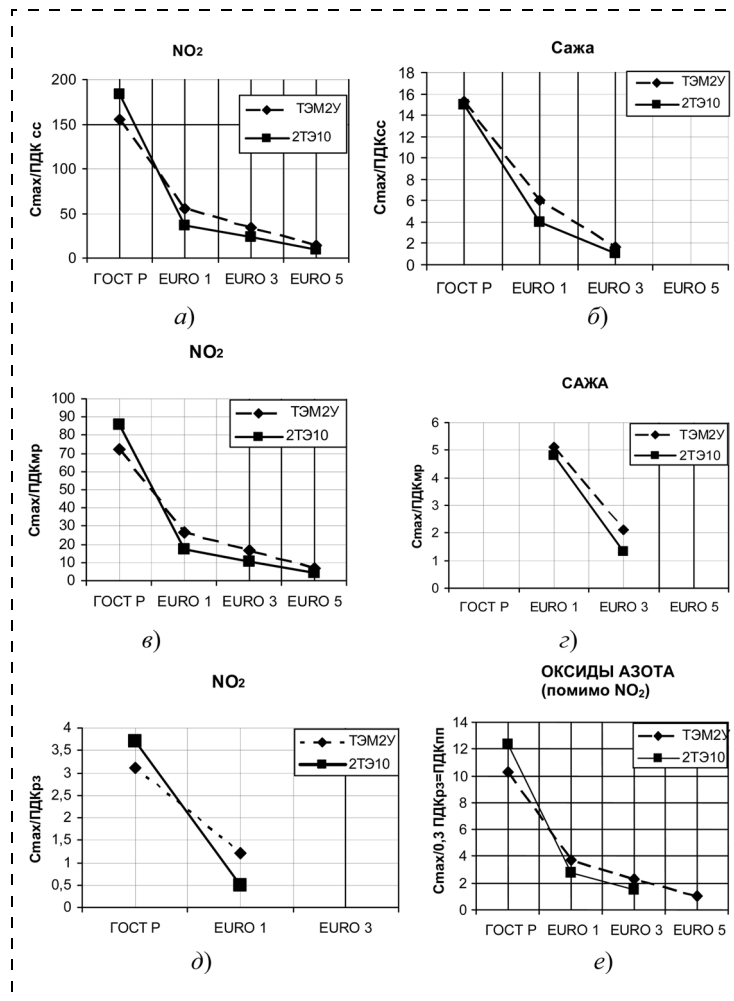


Рис. 7. Превышение максимальных приземных концентраций ЗВ над ПДК по ступеням нормирования:

a и *б* — относительно среднесуточных ПДК; *в* и *г* — относительно максимально-разовых ПДК; *д* и *е* — относительно ПДК, установленных в рабочей зоне и на производственной площадке



расстояние, на котором достигается $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$, составляет для магистральных тепловозов 141 м.

При таком значительном превышении санитарно-гигиенических норм в зоне работы тепловозов закономерен вопрос о возможности соблюдения этих норм даже при эксплуатации самой современной дизельной техники.

Для выяснения этого обстоятельства были произведены дополнительные исследования загрязнений атмосферного воздуха в предположении, что тепловозы оснащены дизелями, отвечающими гораздо более жестким, по сравнению с российскими, европейским и американским стандартам. Расчеты выполнялись для стандартов UIC-623.1/2/3, EPA USA, EURO 1, EURO 2, ..., EURO 5 (см. табл. 2). Из результатов расчетов следует, что при соблюдении тепловозами норм UIC-623.1/2/3, EPA USA, EURO 1, EURO 2, ..., EURO 5, выбросы, хотя и существенно снизятся по сравнению с российским стандартом, значения концентрации наиболее опасного ингредиента в выбросах ОГ тепловоза — оксида азота в зоне работы наземных ТС будут также многократно превышены.

Для тепловозов, работающих с соблюдением EURO 1, максимальная приземная концентрация ВВ в воздухе по NO_x превышает $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ в 16...17 раз для магистральных тепловозов и в 19...26 раз — для маневровых, работающих на номинальном режиме. Расстояние, на котором достигается $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ЗВ, составляет для магистральных тепловозов ~ 1650 м, а для маневровых ~ 1100 м.

Для тепловозов, работающих с соблюдением EURO 3 максимальная приземная концентрация ЗВ в воздухе по NO_x превышает $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ в 10...11 раз для магистральных тепловозов и в 12...16 раз — для маневровых, работающих на номинальном режиме. Расстояние, на котором достигается $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ЗВ, составляет для магистральных тепловозов ~ 1300 м, а для маневровых ~ 850 м.

Оснащение же ТС двигателями, отвечающими стандарту EURO 5 (страны ЕС переходят на этот стандарт в 2008 г., а Россия только к 2014 г.) может привести к существенному снижению максимальных приземных концентраций в атмосферном воздухе по всем основным ингредиентам кроме оксидов азота, по которым на номинальном режиме работы тепловозов будет наблюдаться превышение $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ в 4...7 раз при размерах СЗЗ для магистральных тепловозов 766 м, а для маневровых — 497 м. Что касается приземных концентраций бенз(а)пирена, то они превысят $\text{ПДК}_{\text{с.с}}$ в 7,5...11,5 раз, а расстояние, на котором достигается $\text{ПДК}_{\text{с.с}}$ ЗВ, составит для магистральных тепловозов ~ 652 м, а для маневровых ~ 405 м.

При исследовании рассеивания ЗВ в атмосфере от тепловозов не учитывалась так называемая "эффект-

ная высота выброса" $H + \Delta h$, введенная Д. Л. Лайхтманом при описании турбулентной диффузии в приземном слое атмосферы, обусловленная начальной скоростью отработанных газов и разностью между температурой выброса и температурой окружающего воздуха. Так, при скорости ветра 0,5 м/с значение Δh при работе на холостом ходу составляет 2,4 м, а при работе на промехуточном и на номинальном режимах — 4,2 м, что является весьма существенной величиной по сравнению с геометрической высотой трубы H .

Следует заметить, что уточнение касается тепловозов, выбросы которых соответствуют ТНВ, а также определенных метеоусловий (небольших скоростей ветра), реально же при эксплуатации ТС мы имеем дело с различной дизельной техникой, выбрасывающей ЗВ в количествах, значительно превышающих ТНВ. При скорости ветра 3 м/с и более поправка Д. Л. Лайхтмана "не работает", а именно эти скорости и соответствуют опасной скорости ветра. При анализе полученных результатов необходимо отметить, что расчетами определялись разовые концентрации, относящиеся к 20...30-минутному интервалу осреднения. Что касается среднесуточных концентраций, зависящих от времени выделения ЗВ и от их рассеивания, то следует сказать, что согласно регламенту реостатных испытаний тепловозов, в соответствии с технологическими режимными картами, время проведения экологического контроля на ПЭК должно составлять для магистральных тепловозов около 6...7 ч, для маневровых — 3...4 ч. Это доказывает, что повышенные концентрации ЗВ удерживаются в зоне работы тепловозов практически весь рабочий день, оказывая вредное воздействие на работающих.

Наконец, необходимо отметить то обстоятельство, что результаты представленных расчетов справедливы в двухметровом слое над поверхностью земли и могут быть дополнены определением вертикального распределения концентраций ЗВ, а также суммацией ЗВ однонаправленного действия. Однако все это не приведет к принципиальным изменениям в расчетах, которые выполнены в соответствии с действующим нормативным документом (ОНД-86), ориентированным на стационарные источники загрязнения, как и в нашем случае.

Связь санитарно-гигиенических и технических нормативов

Строгого соответствия между техническими показателями и санитарно-гигиеническими не существует, однако пропорциональная зависимость есть [2]. Отсутствие строгой взаимосвязи между указанными показателями обусловлено различными методиками измерения. В одном случае — это измерение



концентрации ВВ в воздухе, причем на расстоянии около 1,5...2,0 м от оцениваемого объекта, в другом — измерение непосредственно в выхлопной трубе ДВС или ТС.

Однако в результате вышеизложенного расчетно-аналитического исследования установлено, что строгая прямая пропорциональная зависимость между техническими и санитарно-гигиеническими показателями все же наблюдается. Эта связь относится преимущественно к техническим нормам выбросов оксидов азота (они определяют токсичность выбросов) и их максимальным приземным концентрациям. Если обратиться к графикам на рис. 7, а, в и д и нормам выбросов NO_x (см. табл. 2), то можно заметить, что динамика прогресса технических нормативов EURO по оксидам азота соответствует динамике изменения их максимальных фоновых концентраций относительно ПДК. Правда, эта зависимость наблюдается для тепловозов стационарно размещающихся на ПЭК в локомотивном депо. Таким образом, назначая новый прогрессивный технический норматив можно достоверно предсказать снижение уровней загрязнения атмосферного воздуха открытых производственных площадок и рабочих зон. При исследовании связи нормативов передвижных ТС расчеты рассеивания ЗВ должны основываться на более совершенных методиках.

Перспективные мероприятия по снижению выбросов ВВ ТС

Так как тепловозы, удовлетворяющие стандартам EURO на токсичность отработавших газов, в России до сих пор не разработаны (и даже если будут разработаны) и замена ими транспортного парка потребует длительных сроков, то для предприятий железнодорожного транспорта необходима скорейшая проработка проектных решений и выявление технических возможностей обеспечения действующих Санитарно-гигиенических норм.

В ином случае, в условиях современного состояния дизельной техники в России нормативы должны быть пересмотрены в соответствии с результатами расчетов загрязнения атмосферного воздуха и воздуха территорий предприятий, что неприемлемо. Проблема усугубляется еще и тем, что транспортные магистрали охватывают курортные зоны, где санитарные нормативы еще более жесткие. В связи с этим, Ростехнадзор и Минприроды РФ предъявляют повышенные требования к снижению выбросов вредных веществ и установкам систем очистки отработанных газов тепловозов. Они вправе запретить реостатные испытания или требовать перенос реостатных станций и пунктов экологического контроля за черту жилой застройки города. Поэтому необходимы скорейшие продуманные решения.

В качестве перспективных организационно-технических мероприятий, обеспечивающих уменьшение количества выбросов ЗВ, следует выделить:

- осуществление выдачи разрешения на эксплуатацию для каждого ТС в соответствии с техническим нормативом выбросов, отвечающим требованиям норм на основании результатов инструментального экологического контроля тепловозов на ПЭК;
 - внедрение на предприятиях, эксплуатирующих тепловозы природоохранных мероприятий для достижения установленных выбросов ЗВ в случае их превышения, а именно:
- реализация методики безразборной диагностики ДВС;
 - установка систем нейтрализации и очистки ОГ, а также топливных катализаторов, обеспечивающих более полное сгорание;
 - применение новых дизельных топлив, отвечающих требованиям европейских стандартов качества, а также масел, обладающих восстанавливающими свойствами, различных присадок;
 - проведение эффективных мероприятий по регулированию выбросов ЗВ в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Список литературы

1. Булыгин Ю. И., Сакаев Э. К., Бомпштейн Л. Г., Чичин А. В., Чичин В. А. О санитарно-защитных зонах предприятий, эксплуатирующих тепловозы // Локомотив. — 2003. — № 8. — С. 35—36.
2. Кульчицкий А. Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пос. для высшей школы. — М.: Академический проект, 2004. — 400 с.
3. Булыгин Ю. И., Деундяк Д. В., Корончик Д. А. Моделирование рабочего процесса и процессов образования токсичных компонентов в цилиндре транспортного двигателя // Сб. трудов Междунар. науч.-технич. конф. Двигатель — 2007 / Россия. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. — Сентябрь 2007 г. — С. 397—402.
4. Булыгин Ю. И., Алексеенко Л. Н., Богданова И. В., Щеккина Е. В. Снижение выбросов вредных веществ тепловозами и улучшение условий труда работников железнодорожного транспорта при использовании нового EURO дизельного топлива // Эффективные и технологические процессы в металлургии, машиностроении и станкоинструментальной промышленности: Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. в рамках Промышленного конгресса Юга России и междунар. специализир. выставки "Метмаш. Станкоинструмент — 2007", 3—5 сент. ВЦ "ВертолЭкспо". — Ростов н/Д, 2007. — Секц. 5.
5. Лукачев С. В. Образование и выгорание бенз(а)пирена при сжигании углеводородных топлив. — М.: Машиностроение, 1999. — 153 с.
6. Белушкина Г. В., Булыгин Ю. И., Деундяк Д. В. О математической модели образования и сгорания бенз(а)пирена для дизельных двигателей // Сб. трудов VI школы-семинара "Математическое моделирование, вычислительная механика и геофизика. Ростов-на-Дону. 2007". — Ростов-на-Дону: ЮФУ ЦВВР, 2008.
7. Алексеенко Л. Н., Булыгин Ю. И., Деундяк Д. В., Корончик Д. А. Модели образования вредных веществ в цилиндре транспортного ДВС и их идентификация // Сб. трудов Междунар. науч.-технич. конф. Двигатель — 2007 / Россия. — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. — Сентябрь 2007 г. — С. 402—406.

УДК 614.8.084

С. П. Левашов, канд. техн. наук, доц.,
Курганский государственный университет

Методика экспертной оценки профессионального риска

Предложена методика оценки профессионального риска, основанная на введении набора элементов "вероятность наличия опасности" — "вероятность воздействия опасности" — "вероятная тяжесть ущерба". Методика представляет собой инструмент для исследования механизмов, связывающих условия, обстоятельства, причины и закономерности возникновения несчастных случаев.

Ключевые слова: профессиональный риск, оценка риска, человеческий фактор, несчастный случай, тяжесть ущерба, снижение риска.

Levashov S. P. *The method of peer review occupational risk.*

A professional risk assessment methodology, based on the introduction of a set of elements "the probability of presence of danger" — "the probability of impact hazard" — "the probable severity of the damage". The technique is an instrument to study the mechanisms linking the conditions, circumstances, causes and characteristics of occurrence of accidents.

Keywords: occupational risk, risk assessment, human factors, accident, the severity of the damage, reducing the risk.

Российская специфика государственного регулирования вопросов, связанных с профессиональными рисками здоровью и жизни персонала промышленных предприятий, заключается в большем объеме государственного надзора за обеспечением безопасности труда и ограниченной свободе выбора для самих организаций при решении данных вопросов по сравнению с промышленно развитыми странами Европейского союза (ЕС).

Оценка рисков на рабочем месте в странах ЕС и аттестация рабочих мест по условиям труда в Российской Федерации (РФ) являются схожими процедурами, направленными на получение данных, необходимых для принятия решений о мерах, требующихся для обеспечения достаточной степени защиты здоровья и безопасности работников. Однако они отличаются вследствие различных концепций и принципов, заложенных в правовых основах систем обеспечения здоровья и безопасности работников в ЕС и охраны труда в РФ. Цели и практическое применение аттестации рабочих мест являются гораздо шире целей обязательной оценки профессиональных рисков ЕС.

Основной целью оценки рисков в европейской практике является предотвращение и снижение опасностей, угрожающих здоровью и безопасности работников. Оценка рисков представляет собой ряд последовательных шагов, способствующих активному управлению в сфере обеспечения здоровья и безопасности работников, и включающих идентификацию опасностей (сбор информации и выявление опасностей и их источников); оценку риска и определение его допустимости; управление риском, в том числе, планирование мер, направленных на предотвращение или снижение риска, применение корректирующих и предупреждающих мероприятий, контроль эффективности принятых решений; документирование процедуры.

В Российской Федерации в дополнение к этим целям при проведении аттестации рабочих мест преследуется и ряд других целей, не ставящихся при проведении оценки рисков (сертификация производственных объектов на соответствие требованиям по охране труда; обоснование предоставления льгот и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда; составление статистической отчетности о состоянии условий труда и т. д.). По этой причине методологический подход ЕС к оценке рисков является более простым, чем аттестация рабочих мест.

Поскольку оценка рисков не преследует вышеупомянутых целей, то она во многих случаях может быть более упрощенной, так как полностью подчинена единственной цели: предоставлению информации, необходимой для обеспечения здоровых и безопасных условий труда, а также для оценки того, была ли эта цель достигнута.

Существуют многочисленные подходы к изучению рисков, связанных со здоровьем и безопасностью человека: методы страховой статистики, основывающейся на массовом наблюдении случаев утраты здоровья из-за несчастных случаев и заболеваний; методика оценки риска по шкале Россера, используемая для количественного анализа детерминированных эффектов; оценка риска с помощью карт опасности и т. д. Во многих государствах ЕС широкое распространение получили матрицы риска, которые ощутимо облегчают процесс классификации риска. В РФ аналогичный подход представлен в ГОСТ Р 51901.4—2005 "Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании".

В проекте стандарта "ССБТ. Система управления охраной труда в организации. Руководство по применению ГОСТ Р 12.0.006—2002" [1], помимо рекомендаций по применению и улучшению системы управления охраной труда в целом, содержатся, в частности, методические рекомендации по идентификации опасностей на рабочих местах, применению методов оценки рисков на рабочих местах, их классификации и управления. Руководство предназначено для приведения системы управления охраной труда в соответствие с требованиями стандартов OHSAS 18001:1999 и ГОСТ Р 12.0.006—2002 и облегчения процедуры ее сертификации.

Предлагаемая в проекте упомянутого стандарта методика оценки риска основана на применении диаграмм в системе координат "Вероятность события / Последствия события" (рис. 1). Пояснения к матрице представлены в табл. 1.

Матрица рисков показывает зависимость уровня (категории) риска от соотношения вероятности события и тяжести его последствий. Вероятность и последствия нежелательного или опасного события условно разделяются на пять категорий, каждая из которых характеризуется качественными характеристиками: очень низкая, низкая, средняя, высокая и очень высокая (категорий может быть и три и десять в зависимости от поставленных целей и обоснованной точности оценки риска). Затем этим категориям присваиваются соответствующие цвета опасности или баллы, например, от 1 до 5. Величина риска определяется, как произведение баллов, характеризующих вероятность события и его последствия. Так, очень часто происходящее событие, оцениваемое экспертами в 5 баллов, приводящее к легким последствиям, оцениваемым в 2 балла, представляет высокий уровень риска с величиной 10 баллов.

При всей привлекательности данный подход представляется несколько упрощенным, поскольку не учитывает так называемый человеческий фактор, лежащий в основе 60...70 % несчастных случаев. То, что справедливо для "чисто" технических систем, оказывается неприемлемым для эргатических, так как наличие или отсутствие мотивации, профессионального опыта, знаний, средств защиты и т. п. могут в значительной степени повлиять как на вероятность, так и на тяжесть последствий несчастного случая. Присутствие субъективного фактора в системе "человек—машина—среда" обуславливает необходимость введения дополнительного параметра, позволяющего учитывать ее специфику [2, 3].

Понятие "профессиональный риск" характеризует вероятностную меру возникновения опасных явлений (событий, процессов), сопровождающихся воздействием на человека вредных факторов, и на-

Уровень (категория) риска	Величина риска	Что надо делать?
ОНР (очень низкий риск)	1—3	Выполнение текущих процедур
НР (низкий риск)	4—6	Выполнение специфических процедур ответственным исполнителем по охране труда
СР (средний риск)	5—9	Требуется соответствующий мониторинг и выполнение специальных процедур и требований
ВР (высокий риск)	10—16	Требуется плановые действия, информирование высшего руководства для принятия решений
ОВР (очень высокий риск)	15—25	Требуется незамедлительные действия



Рис. 1. Матрица риска

несенного при этом ущерба. Исходя из этого, оценка профессионального риска должна быть основана на комбинации вероятности возникновения угрозы на рабочем месте, степени подверженности работника воздействию вредного фактора и последствий для здоровья и/или безопасности работника в том случае, если угроза осуществится. При этом под мерой риска понимается некоторая комплексная характеристика рискованного события, основанная на введении набора упорядоченных элементов, где первый элемент описывает вероятность наличия опасности, второй — вероятность воздействия опасности, третий — вероятную тяжесть ущерба. Такая схема представляет собой инструмент для исследования

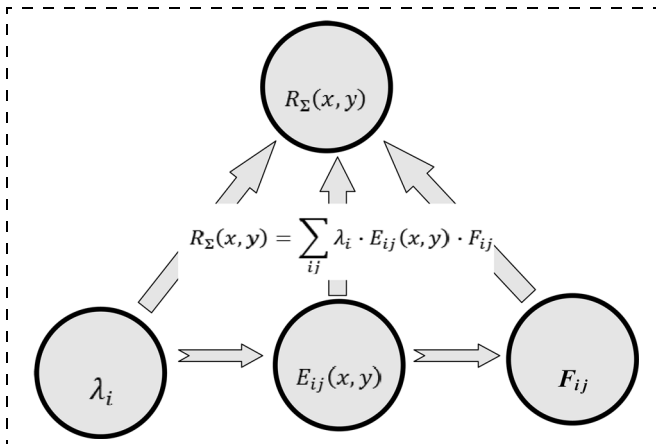


Рис. 2. Схема формирования риска:

$R_{\Sigma}(x, y)$ — индивидуальный риск в точке (x, y) ; λ_i — вероятность наличия фактора i ; $E_{ij}(x, y)$ — вероятность реализации механизма воздействия j в точке (x, y) фактора i ; F_{ij} — вероятность негативных последствий при реализации механизма воздействия j фактора i

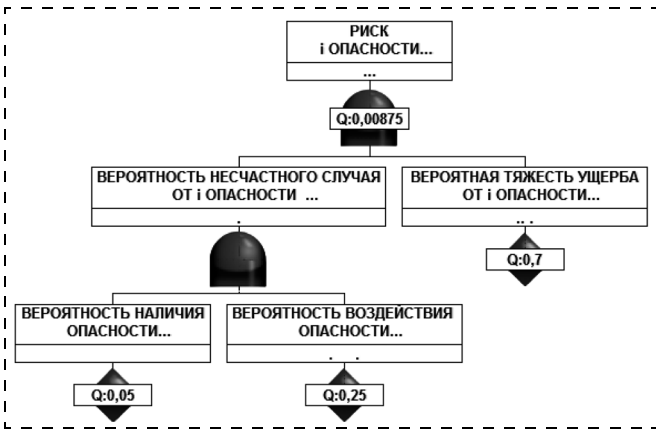


Рис. 3. Структурная схема анализа риска

Таблица 2

Вероятность воздействия опасности		Вероятность наличия опасности	
0,99	Ожидается, это случится	0,99	Постоянная
0,80	Очень вероятно	0,80	Регулярная
0,50	Необычно, но возможно	0,50	Время от времени
0,10	Маловероятно	0,10	Иногда
0,05	Почти невозможно	0,05	Редко
0,00	Абсолютно невозможно	0,00	Никогда

Таблица 3

Вероятная тяжесть ущерба	
0,99	Очень тяжелый (смертельный исход или большое число серьезных ранений; инвалидность)
0,80	Значительный (серьезные ушибы и сильные ранения; стойкая утрата трудоспособности)
0,50	Средней тяжести (требуется медицинская помощь; временная утрата трудоспособности)
0,10	Легкий (требуется оказание первой доврачебной помощи)
0,05	Очень легкий (травм и профзаболеваний нет; оказание первой доврачебной помощи не требуется)
0,00	Отсутствует (травмы и профзаболевания невозможны в силу отсутствия обстоятельств, их вызывающих)

Таблица 4

Риск	
>0,50	Крайне высокий риск, немедленное прекращение деятельности
0,30...0,50	Высокий риск, необходимы немедленные усовершенствования
0,10...0,30	Серьезный риск, необходимы усовершенствования
0,01...0,10	Возможный риск, необходимо уделить внимание
<0,01	Небольшой риск, возможно приемлемый

механизмов, которые связывают между собой условия, обстоятельства, причины и закономерности возникновения несчастных случаев (рис. 2).

"Вероятность наличия и воздействия опасности" в сочетании определяют *вероятность несчастного случая*, как такового. "Вероятная тяжесть ущерба" характеризует его *возможные последствия*. Исходя из того, что наличие указанных условий является необходимым, т. е. отсутствие любого из них приведет к отсутствию риска, символы событий связаны логическим знаком "И", а структурная схема имеет вид, изображенный на рисунке 3. Приведенная схема выполнена с использованием программного комплекса "Relax Reliability Studio 2007" (компании Relax Software Corporation, США), широко применяемого для анализа и оценки рисков. Использованный разработчиками символ Q характеризует вероятность того или иного события.

Совокупность идентифицированных рисков на аналогичных рабочих местах характеризует профессиональный риск вида деятельности.

Варианты экспертных оценок вероятностей приведены в табл. 2—4. При наличии достоверных статистических данных, результаты оценки риска могут быть трансформированы в количественные показатели.

Применение методики экспертной оценки риска в качестве инструмента обоснования эффективных управленческих решений позволяет получать количественные характеристики риска, сравнивать и ранжировать различные по степени эффекты воздействия факторов производственной среды, разрабатывать механизмы и стратегию регулирующих мер по снижению риска.

Список литературы

1. Оценка рисков на рабочих местах / Безрукова М. С., Иванов Г. М., Иванов Ю. Г., Нечипорюк В. И. М.: НПКФ ЭЛЕКТРОН, 2007. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://npkfelecton.ru/>.
2. Левашов С. П. Вероятностный анализ и моделирование риска профессиональной деятельности // Безопасность труда в промышленности. — 2007. — № 2.
3. Левашов С. П. Профессиональный риск: методология системного анализа и моделирования: Учеб. пособие. — Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2008. — 154 с.



УДК 502.5/8(075.8)

Е. И. Шаврак, канд. техн. наук,
Южно-Российский государственный технический университет,
Волгодонский институт

Анализ некоторых аспектов транспортных рисков

Рассмотрены некоторые аспекты транспортных рисков, проявляющиеся на разных уровнях функционирования социотранспортной системы: зависимость транспортных рисков от состояния макроэкономики и автомобилизации в стране, вклад человеческого фактора в риск дорожно-транспортных происшествий (ДТП), экологические риски здоровью водителей и пассажиров легковых автомобилей. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: транспорт, риск, экономика, автомобилизация, модель, человеческий фактор, здоровье, экологическая безопасность.

Shavrak E. I. Analysis of some aspects of transport risks.

Some of aspects of transport risks, becoming apparent on various levels of sociotransport system functioning, have been considered: dependence of transport risks on microeconomics condition and motorization in a state, deposit of human element to risk of traffic accidents, ecological risks to health of drivers and passengers of car. A findings may be utilized for increase of effectiveness of arrangements for road traffic safety securing.

Keywords: transport, risk, economics, motorization, model, human element, health, ecological safety.

1. Введение

В настоящее время нет сфер деятельности, полностью исключаящих факт неблагоприятного для человека события. Вероятность наступления таких событий принято оценивать с помощью понятия риска, т. е. частоты возникновения поражающих воздействий определенного вида в точке нахождения индивидуума [1]. Анализ рисков, типичных для современного российского общества, позволяет сделать вывод, что одной из наиболее опасных социотехнических систем является социотранспортная система, включающая транспортно-промышленный комплекс и многочисленный обслуживающий и управленческий персонал [2].

Данная статья посвящена некоторым аспектам транспортных рисков, проявляющихся на разных

уровнях функционирования социотранспортной системы. Рассмотрим перечисленные ниже вопросы.

1. *Зависимость транспортных рисков от состояния экономики страны.* С помощью корреляционного анализа установлены количественные характеристики взаимосвязей между транспортными рисками, автомобилизацией и величинами валового национального дохода на душу населения, построены соответствующие математические модели.

2. *Зависимость транспортных рисков от уровня автомобилизации в России.* Проанализирована динамика транспортных рисков в России в сопоставлении с "мировой линией аварийности" (модель Смида). Установлено наличие стабильного положительного отклонения от модели Смида, что свидетельствует о недостаточном уровне адаптации коллективного транспортного поведения российского общества к растущей автомобилизации.

3. *Роль человеческого фактора в дорожном травматизме.* Рассмотрен вклад российских пользователей транспорта в транспортные риски, проанализированы причины сезонного роста аварийности.

4. *Оценка экологической безопасности легкового автомобиля.* С использованием методологии расчета характеристик риска произведена оценка индивидуального канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью водителей и пассажиров.

2. Зависимость транспортных рисков от состояния экономики страны

2.1. Исходные данные для исследования

Для оценки динамики дорожного травматизма принято использовать следующие показатели транспортных рисков:

- социальный риск, выражаемый количеством погибших в ДТП на 100 000 жителей;
- "эпидемиологическая опасность" автомобиля равна количеству погибших в ДТП на 100 000 автомобилей.

В качестве "общего знаменателя" для сравнений транспортных рисков применяют показатель автомобилизации населения — количество автомобилей на 1000 или 100 000 жителей.

Поскольку уровень организационно-технического совершенства объектов транспорта, их способности обеспечивать безопасность дорожного движения, а также эффективность функционирования инсти-



Таблица 1

Транспортные риски и экономика (данные за 2003 год)

Страна	Количество погибших в ДТП		Количество автомобилей на 1000 жителей [3]	ВНД на душу населения, долл. [4]
	на 100 000 автомобилей [3]	на 100 000 жителей [3]		
США	18	14,6	810	37 810
Италия	13	9,7	745	21 570
Германия	10,8	7,1	655	25 270
Франция	15	9,2	615	24 730
Канада	14,7	8,7	591	24 470
Япония	9	5,38	588	34 180
Англия	14	5,6	551	28 320
Россия	119	23,93	201	2610
Иран	624	38,7	62	2010
Китай	677	13,33	19,7	1100
Индия	607	20,0	33	540

тутов и общественных практик, формирующих безопасное, транспортное поведение, в той или иной степени определяется соответствующим финансовым обеспечением, были рассмотрены взаимосвязи между транспортными рисками, автомобилизацией и валовым национальным доходом на душу населения (ВНД на душу населения) для стран с разными уровнями развития экономики.

Валовый национальный доход (ВНД) — это сумма валовой стоимости, добавленной всеми производителями, плюс все налоги (минус субсидии), не включенные в стоимость продукции, плюс чистые поступления от первичного дохода (выплаты по заработной плате и доход от имущества). ВНД на душу населения — валовый национальный доход, разделенный на численность населения данной страны по состоянию на середину года и выраженный в долларах США по текущему курсу.

Исходные данные для исследования зависимости транспортных рисков от состояния экономики страны представлены в табл. 1.

2.2. Анализ полученных результатов

В результате корреляционного анализа с использованием компьютерного пакета STATISTICA 6 for

Таблица 2

Характеристики моделей, отражающих взаимосвязи между транспортными рисками и экономикой страны

Уравнение регрессии*	Коэффициент детерминации R^2
$\lg A = 5,71 - 12,8(\lg \text{ВНД})^{-1}$ (1)	0,93
$\lg T = 6,03 - 1,1 \lg \text{ВНД}$ (2)	0,93

* Обе модели являются статистически значимыми, так как $p < 0,05$.

WINDOWS установлены статистически значимые корреляционные связи достаточно высокого качества между количеством погибших в ДТП на 100 000 автомобилей (T), уровнем автомобилизации (A) и ВНД на душу населения. Корреляция между социальными рисками и показателем ВНД не обладает достаточным качеством, поэтому в дальнейшем не рассматривается. Характеристики моделей представлены в табл. 2. Полученные результаты свидетельствуют о роли экономической составляющей в управлении транспортными рисками.

В рамках модели 1 может быть сделано предположение о несоответствии между современными темпами автомобилизации российского общества и уровнем российской экономики. Расчеты показывают, что обеспечение эффективности функционирования имеющихся транспортных средств, соответствующей критериям стран с развитой экономикой, вероятно лишь при условии увеличения объема валового национального дохода в стране примерно в 2 раза.

Расчеты, проведенные с помощью модели 2, позволяют предположить, что уменьшение транспортных рисков ДТП в два раза, планируемое в рамках Транспортной Стратегии России [5] к 2025 г., должно быть обеспечено увеличением показателя ВНД на душу населения в 2,8 раза.

3. Зависимость транспортных рисков от уровня автомобилизации

3.1. Модели Смита

Профессор Р. Смед в статье (Smeed, 1949), опубликованной в ведущем мировом журнале по математической статистике — Journal of Royal Statistics, предложил модели, связывающие транспортные риски с уровнем автомобилизации, и описываемые следующими уравнениями:

$$T = 30(A_1)^{-2/3}; \quad (3)$$

$$C = 30(A_1)^{1/3}, \quad (4)$$

где T — число погибших в ДТП в расчете 100 000 автомобилей; C — число погибших в расчете на 100 000 человек; A_1 — число автомобилей в расчете на душу населения [3].

При использовании в качестве показателя автомобилизации величины A , соответствующей количеству автомобилей на 1000 жителей, уравнения (3) и (4) принимают вид:

$$T = 3000A^{-2/3}; \quad (5)$$

$$C = 3(A)^{1/3}. \quad (6)$$

В рамках модели, характеризующей "эпидемиологическую опасность" автомобиля [уравнения (3)



Таблица 3

Транспортные риски и автомобилизация

Год	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2003	2004	2005
<i>A</i>	58,6	63,4	68,0	74,7	83,5	92,3	101,7	112,5	120,7	126,4	132,3	150,0	160,0
<i>T</i>	407	399	362	335	287	239	195	166	163	160	187	160	148
Модель Смида (5)	199	189	180	169	157	147	138	129	123	119	116	106	102
<i>C</i>	23,85	25,30	24,60	25,03	24,00	22,11	19,87	18,7	19,68	20,15	24,55	23,93	23,70
Модель Смида (6)	11,7	12	12,24	12,63	13,11	13,56	14,00	14,48	14,83	15,05	15,27	15,93	16,28
Отклонения от моделей, %	105	111	101	98	83	63	42	29	33	34	61	50	45

и (5)], смертность в ДТП в расчете на единицу парка автомобилей убывает гиперболически (с показателем $-2/3$) по мере роста автомобилизации населения. Согласно модели, рассматривающей социальные риски [уравнения (4) и (6)], смертность в ДТП на душу населения растет по мере роста автомобилизации населения затухающим образом, т. е. в рамках этой модели "маргинальная вредность" роста автомобилизации — величина хотя и положительная, но убывающая.

Модели Смида разделяют "координаты" стран с различным уровнем "национальной транспортной культуры", являясь, своего рода, линией "мировой аварийности". "Если формулы Смида (уравнения (3) и (4), прим. авт.) не согласуются с наблюдаемыми для конкретной страны данными, мы склонны предположить, что в ней дела с безопасностью дорожного движения обстоят лучше или, соответственно, хуже, чем это могло бы быть в принципе..." [6]. Иллюстрацией этого положения может служить тот факт, что показатели аварийности в странах с развитой автомобилизацией (Западная Европа, США, Япония, Австралия) составляют всего 30...50 % от значений, рассчитанных в соответствии с моделями Смида. В то же время "координаты" Бразилии, Индии, Китая, Ирана, Нигерии, Венесуэлы расположились заметно выше линии "мировой аварийности" [3].

3.2. Сопоставление динамики дорожного травматизма в России с "мировой линией аварийности"

В течение последних лет в России происходит резкий рост автомобилизации, главным образом, за счет увеличения количества индивидуального транспорта. В табл. 3 приведена информация о динамике автомобилизации *A* (число легковых автомобилей на 1000 жителей), а также транспортных рисков *T* (число погибших в ДТП на 100 000 автомобилей) и *C* (число погибших в ДТП на 100 000 жителей) в России за последние годы [7—9]. Для сопоставления с общемировой тенденцией показаны

значения рисков, рассчитанные в соответствии с моделями Смида и отклонения от этих моделей, характерные для России.

На рис. 1 и 2 (см. 2-ю стр. обложки) представлена графическая интерпретация данных, приведенных в табл. 3. На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что тенденция сближения с "линией мировой аварийности", характерная для России начала 1990-х годов, сменилась периодом достаточно стабильного положительного отклонения от нее.

Мировой опыт стран с развитой автомобилизацией показывает, что преодоление этой застойной тенденции возможно путем "национального самообучения", основанного на развитии и последовательном укреплении многообразных гражданских институтов и общественных практик, позволяющих сформировать: национальную дорожную сеть, отвечающую транспортным потребностям, порожденным фактическим уровнем автомобилизации, а также национальным представлениям о цене жизни, времени и здоровье граждан; грамотное, ответственное, дружелюбное и поэтому безопасное транспортное поведение участников дорожного движения. В параллель с этими процессами должно происходить непрерывное улучшение параметров активной и пассивной безопасности автомобиля, диктуемое в основном факторами рыночной конкуренции [3].

4. Транспортные риски и человеческий фактор

Индивидуальные особенности и поведение участников дорожного движения оказывают большое влияние на риск ДТП. Рассмотрены лишь некоторые взаимосвязи между человеческим фактором и транспортными рисками. В качестве исходной информации при этом использованы статистические данные ГИБДД РФ, исследования норвежских и российских ученых, а также собственные расчеты экологических рисков здоровью водителей и пассажиров автотранспортных средств (АТС).



4.1. Риск ДТП по вине пользователей дорог

4.1.1. Динамика ДТП по типам пользователей дорог

Рассмотрение динамики ДТП в России по типам пользователей дорог (табл. 4) показывает, что для последних лет характерна тенденция увеличения количества ДТП по вине водителей АТС.

4.1.2. Динамика ДТП по вине водителей отдельных категорий транспорта

При рассмотрении динамики ДТП в России по вине водителей отдельных категорий транспорта (рис. 3 — см. 2-ю стр. обложки) можно отметить, что наибольший рост имеется в группе физических лиц, в то время как в группе водителей транспорта юридических лиц цифры на протяжении ряда лет изменяются незначительно. По-видимому, можно говорить о том, что последняя категория водителей с большей ответственностью относится к соблюдению правил дорожного движения.

Некоторые исследователи обращают внимание на преобладание "водителей в первом поколении" среди физических лиц — участников дорожного движения в высокоаварийных странах, в том числе и в России [10]. Утверждается, что транспортное поведение таких водителей опасно, поскольку не опирается на ранее накопленный опыт водительских "проб и ошибок" старших родственников.

4.1.3. Оценка риска ДТП вследствие нарушения водителем некоторых правил дорожного движения

Одними из наиболее распространенных причин ДТП по вине водителя являются превышение скорости и неспособность водителя выполнять надлежащим образом свои функции по управлению транспортным средством вследствие опьянения. В табл. 5 представлено сравнение риска попадания в аварию с последующими травмами в результате превышения скорости и в аварию, произошедшую в результате опьянения. Данные свидетельствуют о беспрецедентно больших величинах относительных рисков ДТП.

4.2. Состояние здоровья пользователя транспорта как фактор риска ДТП

4.2.1. Взаимосвязь болезней и недомоганий водителя автомобиля с риском ДТП

Состояние здоровья зачастую определяет надежность деятельности человека, а вероятность ошибочных действий, безусловно связана с его внезапным нарушением. Частота таких случаев нарастает параллельно росту числа автомобилей. В табл. 6 представлена информация о взаимосвязи различных психосоматических отклонений у водителя автомобиля с риском возникновения ДТП.

Таблица 4

Динамика ДТП по типам пользователей дорог [9]

Год	1999	2000	2001	2002	2003	2007
Число ДТП (общее)	159,8	157,6	164,4	184,4	204,3	233,8
Удельный вес числа ДТП по вине водителей (%)	69,7	69,2	69,8	71,7	73,3	81,3
Удельный вес числа ДТП по вине пешеходов (%)	30,3	30,8	30,2	28,3	26,7	18,7

Таблица 5

Риски ДТП вследствие превышения скорости и опьянения водителя [11]

Скорость (км/ч)	Скорость (относительный риск*)	Содержание алкоголя в крови (г/дл)	Содержание алкоголя в крови (относительный риск**)
60	1,0	0,00	1,0
65	2,0	0,05	1,8
70	4,2	0,08	3,2
75	10,6	0,12	7,1
80	31,8	0,21	30,4

* Относительно трезвого водителя, едущего со скоростью 60 км/ч.

** Относительно езды в трезвом состоянии с нулевым содержанием алкоголя в крови.

Таблица 6

Взаимосвязь состояния здоровья водителя с риском ДТП [12]

Психосоматические отклонения	Сравниваемые группы	Риск по отношению к здоровому водителю
Снижение остроты зрения	Диапазон остроты зрения: менее 0,7...более 0,7	1,16
Чувствительность к ослеплению	Высокая—нормальная	1,61
Ухудшение ночного зрения	Сокращенное—нормальное	1,66
Глухота	Глухой—слышащий	1,19
Ослабление работоспособности	Ослаблена—нормальная	1,11
Эпилепсия	Больной—здоровый	1,97
Болезнь сердца	Больной—здоровый	1,36
Диабет	Больной—здоровый	1,22
Старческое слабоумие	Слабоумие—здоровый	2,34
Психические недомогания	Больной—здоровый	1,45
Сокращение интеллекта	$IQ < 70...IQ > 70$	1,20
Применение лекарств	Соматический больной—здоровый	1,03
Применение лекарств	Психический больной—здоровый	2,21
Применение наркотиков	Наркоман—другие	2,70



Из данных, приведенных в таблице, видно, что ряд болезней и проблем со здоровьем способствует увеличению риска происшествий, но часто сравнительно незначительно. Наибольшую опасность в качестве потенциального виновника ДТП (см. табл. 6) представляют лица, страдающие наркотической зависимостью.

4.2.1. Взаимосвязь сезонного ослабления здоровья пользователей транспорта с повышением риска ДТП

Ежегодно максимальное количество ДТП в России регистрируется с июля по октябрь, которые являются наиболее оптимальными и благополучными для автомобилистов. В 2002 году в этот период произошло 43 % всех происшествий. Пик был зарегистрирован в августе — более 10 % всех ДТП. В 2 раза реже совершались ДТП в январе-марте. Согласно данным [13] "загадочные" сезонные всплески транспортного травматизма, коррелирующие с увеличением частоты самоубийств (рис. 4 — см. 2-ю стр. обложки), могут быть связаны с сезонным снижением механизмов адаптационной защиты от факторов стресса сердечно-сосудистой системы. Это в свою очередь проявляется у одних невозможностью адекватно действовать в аварийных ситуациях, а у других — депрессивными состояниями со всеми вытекающими последствиями вплоть до суицидов.

5. Оценка экологической безопасности легкового автомобиля

Концентрации транспортных токсикантов на российских дорогах превышают предельно допустимые значения в 4—5 раз. Салон автомашины — негерметичное пространство, поэтому все эти загрязнители находятся и внутри автомобиля. Кроме того, в результате использования современных ма-

териалов и технологий в воздухе салона появляются новые вредные вещества. Создаваемая экологическая обстановка отрицательно влияет на самочувствие и здоровье участников дорожного движения, повышая риск возникновения ДТП. На основании данных [14—15], в соответствии с руководством [16] была произведена оценка неканцерогенного и канцерогенного рисков здоровью водителя и пассажиров легкового автомобиля. Риск развития неканцерогенных эффектов оценивали с помощью коэффициента опасности (HQ), рассчитываемого по следующей формуле:

$$HQ_i = C_i / RfC_i,$$

где HQ_i — коэффициент опасности по i -му токсиканту; C_i — концентрация i -го токсиканта в салоне автомобиля, мг/м³; RfC_i — референтная (безопасная) концентрация i -го токсиканта, мг/м³.

Индекс опасности комплекса транспортных токсикантов рассчитывали по формуле:

$$HI = \sum HQ_i.$$

Расчет индивидуального канцерогенного риска осуществляли с использованием данных о величине среднесуточной дозы ($LADD$, мг/(кг · день)) поглощенного канцерогена и значениях фактора канцерогенного потенциала (SF , (мг/(кг · день))⁻¹), характеризующего степень нарастания канцерогенного риска с увеличением дозы на одну единицу. $LADD$ рассчитывали по формуле (7):

$$LADD = [C_k \cdot v \cdot ED \cdot EF] / [BW \cdot AT \cdot 365],$$

где C_k — концентрация канцерогена в салоне автомобиля, мг/м³; v — скорость поступления загрязненного воздуха в организм человека, м³/день; при нахождении в загрязненной среде салона автомобиля 1 ч в день $v = 0,8$ м³/день [16]; ED — продол-

Оценка экологического риска здоровью водителей и пассажиров

Таблица 7

Вещество в салоне легкового автомобиля	C_i , мг/м ³	RfC_i , мг/м ³ [16]	HQ_i	SF_i , (мг/(кг · день)) ⁻¹ [16]	CR_i
СО [14]	79,1	3	26,4	—	—
NO [14]	5,87	0,06	97,8	—	—
NO ₂ [14]	1,12	0,04	28	—	—
Бенз(а)пирен [14]	0,37E-03	1,00E-06	370	3,9	1,3E-06
Бензол [14]	57,1E-03	0,03	1,9	0,027	1,4E-06
Фенол [14]	0,1	0,006	16,7	—	—
Формальдегид [14]	1	0,003	333	0,046	42E-06
Акролеин [15]	2,6	2,00E-05	130 000	—	—
Сажа [14]	0,03	0,05	0,6	0,0155	3,7E-06
HI	—	—	130873,8	—	—
TCR	—	—	—	—	4,84 E-05
Приемлемый уровень риска [16]	—	—	1	—	1,00E-06...1,00E-04



жительность воздействия, принятая равной 20 лет; EF — частота воздействия, дней/год, принятая равной 100 дней; BW — масса тела человека, принятая равной 70 кг [16]; AT — период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет); 365 — число дней в году. Индивидуальный канцерогенный риск рассчитывали по формуле:

$$CR_i = LADD_i \cdot SF_i,$$

где $LADD_i$ — среднесуточная доза i -го канцерогена в течение жизни, мг/(кг · день); SF_i — фактор канцерогенного потенциала для i -го канцерогена, (мг/(кг · день))⁻¹. При одновременном воздействии на человека нескольких канцерогенных веществ расчет общего канцерогенного риска проводится по формуле:

$$TCR = \sum CR_i.$$

Исходные данные и результаты расчетов экологического риска здоровью водителей и пассажиров легкового автомобиля приведены в табл. 7.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в салоне легкового автомобиля имеет место неприемлемо высокий уровень неканцерогенного риска здоровью водителя и пассажиров. Основной вклад в риск вносит акролеин. Уровень канцерогенного риска может быть определен как предельно допустимый [16]. Для очистки воздуха от газообразных загрязнителей в салоне автомобиля целесообразно использовать адсорбционные угольные и фотокаталитические очистители, задерживающие как бенз(а)пирен, так и остальные, менее токсичные транспортные токсиканты [17].

Выводы

1. Путем математического моделирования взаимосвязей между транспортными рисками, автомобилизацией и макроэкономическими показателями установлено несоответствие современных темпов автомобилизации российского общества уровню российской экономики, а также спрогнозирована величина валового национального дохода на душу населения, обеспечивающая запланированное в Транспортной Стратегии России уменьшение транспортных рисков в 2 раза.

2. В результате сопоставления дорожного травматизма в России с моделями Смита установлено отсутствие тенденции сближения российской динамики ДТП с "мировой линией аварийности", что

говорит о необходимости пересмотра парадигмы обеспечения безопасности дорожного движения.

3. Рассмотрены некоторые взаимосвязи человеческого фактора и дорожного травматизма: преобладание ДТП по вине водителей индивидуального транспорта вследствие их недостаточного профессионализма, хроническое и сезонное ухудшения здоровья водителей как одна из вероятных причин транспортных рисков.

4. С помощью методологии расчета характеристик рисков здоровью установлена неприемлемая степень экологической безопасности салона автомобиля, одним из последствий которой является значительное увеличение неканцерогенного риска среди водителей и пассажиров.

Все полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности мероприятий по снижению транспортных рисков.

Список литературы

1. Мартынюк В. Ф. и др. Анализ риска и его нормативное обеспечение // Безопасность труда в промышленности. — 1995. — № 11.
2. Тихомиров Н. П. и др. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 350 с.
3. <http://www.polit.ru/analytics/2007/05/03/transport.html>
4. Состояние окружающей среды. 2005: Статистический справочник Всемирного банка / Пер. с англ. — М.: Вест Мир, 2005. — 240 с — (Мир в цифрах).
5. Основные положения Транспортной Стратегии Российской Федерации.
6. Haight F. et al. Reducing Traffic Injury — A Global Challenge. Royal Australasian College of Surgeons. — Melbourne, Australia, 1988. Volvo Traffic Safety Award.
7. <http://e-stat.ru/index.php?id=998>.
8. http://statistika.ru/transport/2007/12/11/transport_9929.html.
9. <http://www.healthroad.ru/php/content.php?id=261>.
10. Adams J. G. U. Risk and Freedom: the record of road safety regulation. — Transportation Publishing Projects. Cardiff, 1985.
11. Peden M. et al. eds. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2004.
12. http://www.madi.ru/spravochnik/part1_1_3.html.
13. <http://www.medstore.ru/lib/4.html>.
14. Твердунов И. Дышите глубже... // За рулем. — 1998. — № 5.
15. Сорокин К. Не метанолом единым... // Выбор. — 1999. — № 7.
16. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04 (Утв. Главным Санитарным Врачом РФ 05.03.2004).
17. Трофименко Ю. В. и др. Экологическая безопасность легкового автомобиля // Экология и промышленность России. — 2004. — № 7.

УДК 543.3:613.32

О. В. Байдичева¹, асп., **О. Б. Рудаков**¹, д-р хим. наук, проф.,

В. В. Хрипушин², канд. хим. наук, доц., **Л. Г. Барсукова**¹, канд. хим. наук, доц.

¹ Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

² Воронежская государственная технологическая академия

Определение цветности воды с использованием цифровых технологий

Предложена новая инструментальная методика оценки цветности воды, основанная на использовании цифрового сканера со слайд-адаптером и кюветодержателем оригинальной конструкции. Показано, что ее метрологические характеристики сопоставимы с характеристиками фотоколориметрической методики. Приведены результаты анализа реальных образцов водопроводной воды и воды из природных источников.

Ключевые слова: цветность, вода, цветометрия, цифровые технологии, фотоколориметрия.

Baidicheva O. V., Rudakov O. B., Khripushin V. V., Barsukova L. G. Determination of chromaticity of water with use of digital technologies.

The new toolroom technique of chromaticity estimation of water based on use of the digital scanner with slide — adapter and original dish holder is offered. Its metrological characteristics are comparable to characteristics of photocolourimetry is shown. Results of the analysis of real samples of water and water from natural sources are presented.

Keywords: chromaticity, water, colorimetry, digital technologies, photocolourimetry.

Природная вода представляет собой сложную многокомпонентную систему, которая может содержать большое количество органических и неорганических примесей, в том числе потенциально опасных для человека. Одним из параметров, позволяющих контролировать качество воды является цветность. Цветность воды может быть обусловлена наличием природных соединений (например, солей гуминовых кислот) или окрашенных веществ, попавших в нее в результате техногенного загрязнения [1].

У природных вод желтоватых и коричневатых оттенков цветность и окраска вызвана присутствием гуминовых веществ и соединений трехвалентного железа. Гуминовые вещества — органические соединения, образующиеся в процессе химического и биохимического разложения остатков растений.

Переходя из почвы в воду, эти вещества окрашивают ее в зависимости от их концентрации. В составе гуминовых соединений различают гуминовые кислоты с молекулярной массой 1200...1400 и фульвокислоты с большим содержанием кислорода.

Железо практически всегда встречается в поверхностных и подземных водах; концентрация его зависит от геологического строения и гидрологических условий бассейна. Соединения железа в воде присутствуют в растворенной, коллоидной и нерастворенной формах. Высокое содержание железа в воде, связанное с загрязнением ее производственными сточными водами, вызывает отложение осадка в трубах и их зарастание, а также ухудшает вкус питьевой воды.

Бытовые воды, как правило, окрашены слабо. Интенсивная окраска показывает наличие большого количества сточных вод в основном от текстильных предприятий, применяющих красители [2].

В настоящее время для оценки цветности воды используют визуальное определение на основе сопоставления с различными шкалами: платиново-кобальтовой или бихромато-кобальтовой [1]. Реже применяют фотоколориметрический метод анализа [3].

Авторы изучили возможности использования цифровых технологий для количественного определения цветности воды. Компьютерная цветометрия позволяет повысить объективность анализа, сохранить результаты измерений в электронных базах данных и является относительно экспрессным и экономичным методом контроля [4—5].

В проведенных исследованиях использована трехкомпонентная цветовая шкала RGB [5]. Математическое описание цвета в этой шкале основано на том, что любой цвет есть сумма определенных количеств трех линейно независимых цветов — красного (R), зеленого (G) и синего (B), т. е. 3 монохроматических излучения с длинами волн 700, 546,1 и 435,8 нм, соответственно [3]. Белый цвет в этой шкале оценивается как $C_W = (R, G, B) = (255, 255, 255)$, красный — $C_R = (255, 0, 0)$, зеленый — $C_G = (0, 255, 0)$, синий — $C_B = (0, 0, 255)$, желтый цвет — $C_Y = (255, 255, 0)$, для черного цвета значения всех компонент равны 0, остальные цвета имеют промежуточные значения компонент R, G, B .

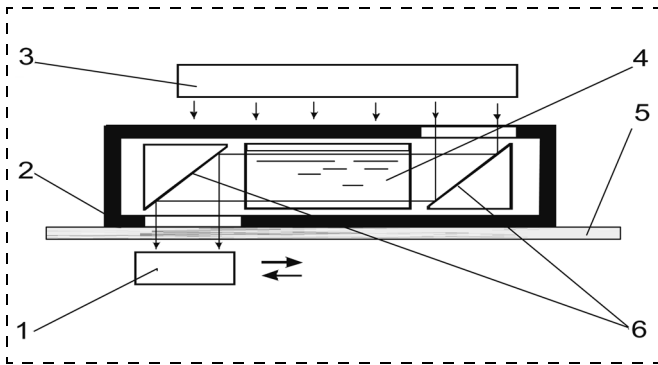


Рис. 1. Конструкция насадки для планшетного сканера:

1 — движущийся сенсор сканера; 2 — корпус; 3 — осветитель слайд-адаптера; 4 — кювета с анализируемым раствором; 5 — стекло планшетного сканера; 6 — оборачивающие зеркала

Для обработки изображений возможно применение различных профессиональных компьютерных программ: графические редакторы (Adobe Photoshop, Photo-paint и др.), компьютерные денситометры (входят в состав программного обеспечения специализированных приборов); универсальные математические пакеты с возможностью работы с цифровым изображением на уровне пикселей (MatLab, MathCAD). Для обработки цифровых изображений и градуировки аналитического сигнала здесь использованы утилиты, созданные в среде пакета MathCAD [4].

Методика эксперимента

Определение цветности воды (в градусах) проводили по бихромат-кобальтовой шкале. Для этого готовили серию стандартных растворов [1]. Рабочий диапазон для определения цветности воды составлял от 5 до 80°. Цветность дистиллированной воды приняли равной нулю. Растворами заполняли оптические кюветы длиной $l = 50$ мм и сканировали изображение. Для этого заполненную кювету устанавливали в специальную насадку (рис. 1), состоящую из светонепроницаемого корпуса и системы зеркал с внешним светоотражающим покрытием, которая позволяет изменять направление освещения от слайд-адаптера через кювету с образцом к оптическому сенсору планшетного сканера. Условия сканирования: сканер Hewlett Packard Scanjet 3570 C со слайд-адаптером, цветовой режим True Color, шкала цветности RGB, оптическое разрешение сканирования 200 dpi.

Полученные графические файлы в формате JPG с изображением образца вводили в программу MathCAD, которая автоматически рассчитывала усредненные значения яркости каждого из трех каналов R , G , B в диапазоне 0...255 условных единиц на участке анализируемого изображения 1 см^2 . На

основе данных градуировки (рис. 2) программа рассчитывает цветность воды в градусах. Для определения цветности воды с помощью фотоколориметра измеряли оптическую плотность серии стандартных растворов и образцов воды при длине волны $\lambda = 345$ нм в оптических кюветах с $l = 50$ мм.

Обсуждение результатов

На рис. 2 даны зависимости интенсивности компонент R , G и B от градусов цветности стандартных растворов. Из рисунка следует, что только компонента B пригодна для построения градуировочных

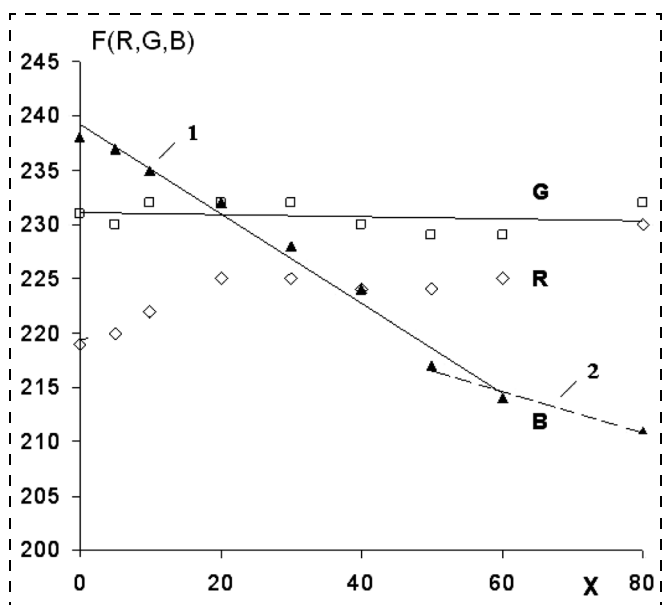


Рис. 2. Зависимости интенсивности компонент R , G и B от градусов цветности воды X

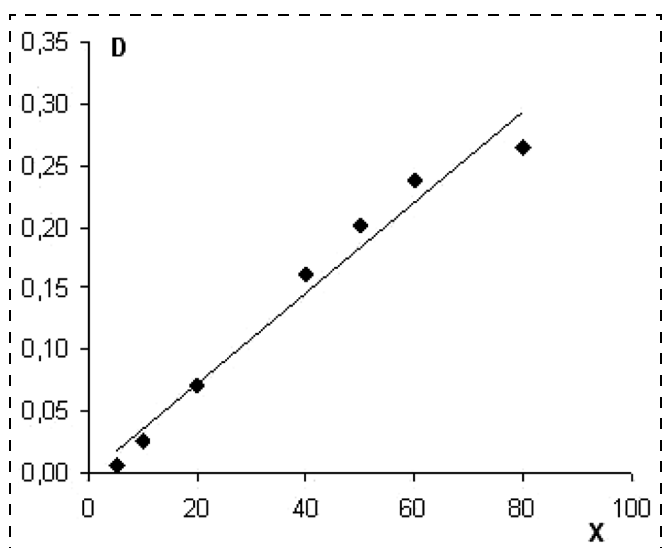


Рис. 3. Градуировочный график зависимости оптической плотности от цветности воды, выраженной в градусах бихромат-кобальтовой шкалы



Таблица 1

Цветность водопроводной воды из разных районов г. Воронежа

Район г. Воронежа	Цветность воды, градусы									
	декабрь 2007 г.		январь 2008 г.		февраль 2008 г.		март 2008 г.		апрель 2008 г.	
	ПС	ФК	ПС	ФК	ПС	ФК	ПС	ФК	ПС	ФК
Коминтерновский	14,9	16,2	14,9	16,2	17,5	17,8	22,5	17,8	22,7	14,7
Левобережный	16,7	20,1	13,1	21,9	19,3	25,4	24,3	21,4	20,2	14,3
Центральный	23,9	16,3	23,9	16,2	16,6	18,1	11,6	8,11	23,4	19,7

Таблица 2

Цветность воды из природных источников

Место отбора проб	Цветность воды, градусы	
	ПС	ФК
Родник близ санатория им. Горького, г. Воронеж	1,1	0,8
Колодец, Воронежская область, г. Россошь	12,9	6,2
Река Чамлык, Липецкая область	10,3	5,4
Река Битюг, Липецкая область	35,2	31,1
Родник, Липецкая область, Добринский район, с. Верхний Чамлык	0,2	0,3
Родник, Липецкая область, с. Поддубовка	14,7	8,4

графиков в широком интервале градусов цветности (при этом можно выделить два диапазона линейности $F = f(X)$, где X — градус цветности. Это диапазоны $X = 0...60$ (кривая 1 на рис. 2) и $X = 50...80$ (кривая 2 на рис. 2). Для компоненты R линейный диапазон узок и лежит в области $X = 0...20$, величина компоненты G слабо колеблется во всем интервале $X = 0...80$.

На рис. 3 представлен градуировочный график зависимости оптической плотности D при длине волны $\lambda = 345$ нм от градусов цветности воды.

В табл. 1 представлены результаты измерения цветности нескольких проб водопроводной воды, отобранных в различных районах г. Воронежа, полученные двумя методами: на планшетном сканере (ПС) и фотоколориметре (ФК).

По ГОСТ 3351—74 и СанПиН 2.1.4.559—96 на питьевую воду цветность воды не должна превышать 20 градусов. Таким образом, цветность проб водопроводной воды, взятых в промышленных районах г. Воронежа, зачастую не удовлетворяют требованиям нормативной документации. Эти образцы наряду с высокой цветностью имеют плохие вкусовые качества воды, неприятный гнилостный запах, обусловленный по-видимому, жизнедеятель-

ностью бактерий [2]. Анализ цветности нескольких проб воды из природных источников (табл. 2) показал, что качество воды по цветности в популярных среди населения родниках близко к качеству дистиллированной воды.

Выводы

Разработанная методика позволяет получать более точные значения цветности воды, чем при визуальном определении; устраняет субъективность, характерную для визуального метода определения. Метрологические характеристики цветиметрической методики сопоставимы с характеристиками фотоколориметрического определения. В то же время сравнительно низкая стоимость аппаратуры, простота выполнения анализа делает перспективным этот метод контроля качества и безопасности воды.

Методика подходит для характеристики сточных вод по цветности, так как позволяет контролировать цветность воды с различным характером окраски.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 06-08-00448-а "Разработка методов диагностики качества продукции по параметрам цветности с применением цифровых технологий".

Список литературы

1. Таубе П. Р., Баранова А. Г. Практикум по химии воды. — М.: Высш. школа, 1971.
2. Карюхина Т. А., Чурбанова И. Н. Контроль качества воды. — М.: Стройиздат, 1977.
3. Фомин Г. С. Вода. Контроль химической, бактериологической и радиационной безопасности по международным стандартам. — М.: Изд-во "Протектор", 2000.
4. Хрипушин В. В., Байдичева О. В., Рудакова Л. В., Рудаков О. Б. Определение цветности растительных масел с применением цифровой фотографии // Масложировая промышленность. — 2007. — № 2.
5. Иванов В. М., Кузнецова О. В. Химическая цветиметрия: возможности метода, области применения и перспективы // Успехи химии. — 2001. — № 5.



УДК 543.08

В. А. Бузановский, канд. техн. наук, **А. А. Попов**, д-р техн. наук,
НПО "Химавтоматика"

Использование рентгенофлуоресценции в экологическом контроле

Рассмотрены рентгенофлуоресцентные химико-аналитические комплексы для измерения концентраций тяжелых металлов в объектах экологического контроля.

Ключевые слова: рентгенофлуоресценция, химико-аналитический комплекс, экологический контроль, тяжелый металл.

Buzanovsky V. A., Popov A. A. Use of X-ray fluorescence in the ecological control.

X-ray fluorescent chemical analytical complexes for measurement of concentration of heavy metals in ecological control objects are considered.

Keywords: X-ray fluorescence, chemical analytical complex, ecological control, heavy metal.

Органы государственного управления Российской Федерации уделяют значительное внимание вопросам контроля антропогенного воздействия на окружающую среду [1]. Одним из таких негативных воздействий является загрязнение тяжелыми металлами.

В соответствии со сказанным по согласованию с государственными природоохранными органами были проведены работы по унификации прибор-

но-методического обеспечения для детектирования тяжелых металлов в объектах экологического контроля. Требования по детектированию приведены в табл. 1.

Выбор метода измерений содержания тяжелых металлов в объектах экологического контроля

Требование унификации приборно-методического обеспечения обуславливало целесообразность использования единого метода анализа как для газовых выбросов и почвы, так и для сточной и природной воды. В качестве такого метода потенциально могли выступать спектрометрия индуктивно связанной плазмы, атомно-абсорбционная спектрометрия, рентгенофлуоресценция, вольтамперометрия, жидкостная хроматография со спектрофотометрическим детектированием, спектральная фотометрия и люминесценция [2].

Анализ применимости перечисленных методов для решения задач экологического контроля показал, что наиболее предпочтительным методом являлась рентгенофлуоресценция. Так, вольтамперометрия фактически характеризовалась наличием методического обеспечения для детектирования только четырех химических элементов (медь, цинк, ртуть, свинец), и прогнозы по существенному расширению номенклатуры определяемых элементов

Таблица 1

Требования по детектированию концентраций тяжелых металлов в объектах экологического контроля

Химический элемент; атомный номер	Диапазоны измерений концентраций тяжелых металлов					
	В газовых выбросах		В сточной и природной воде		В почве	
	мг/м ³	г/г	мг/дм ³	г/г	мг/кг	г/г
Хром (Cr); 24	0,02...50	$1,5 \cdot 10^{-8}$... $3,9 \cdot 10^{-5}$	0,005...1	$5,0 \cdot 10^{-9}$... $1,0 \cdot 10^{-6}$	6...30	$6 \cdot 10^{-6}$... $3 \cdot 10^{-5}$
Марганец (Mn); 25 Железо (Fe); 26 Кобальт (Co); 27	0,1...50	$7,7 \cdot 10^{-8}$... $3,9 \cdot 10^{-5}$			60...2000 Отсутствовали 5...25	$6 \cdot 10^{-5}$... $2 \cdot 10^{-3}$ Отсутствовали $5 \cdot 10^{-6}$... $2,5 \cdot 10^{-5}$
Никель (Ni); 28	0,05...50	$3,8 \cdot 10^{-8}$... $3,9 \cdot 10^{-5}$			4...20	$4 \cdot 10^{-6}$... $2 \cdot 10^{-5}$
Медь (Cu); 29 Цинк (Zn); 30	0,1...50	$7,7 \cdot 10^{-8}$... $3,9 \cdot 10^{-5}$			3...15 23...115	$3 \cdot 10^{-6}$... $1,5 \cdot 10^{-5}$ $2,3 \cdot 10^{-5}$... $1,15 \cdot 10^{-4}$
Ртуть (Hg); 80 Свинец (Pb); 82 Висмут (Bi); 83	Отсутствовали Отсутствовали Отсутствовали	Отсутствовали Отсутствовали Отсутствовали			5...50 6...30 Отсутствовали	$5 \cdot 10^{-6}$... $5 \cdot 10^{-5}$ $6 \cdot 10^{-6}$... $3 \cdot 10^{-5}$ Отсутствовали



Пределы обнаружения химических элементов рентгенофлуоресцентным методом анализа

Таблица 2

Группа химических элементов	Оценка пределов обнаружения химических элементов, г/г
Элементы с атомным номером менее 17	$\sim 10^{-5} \dots 10^{-3}$
Элементы с атомным номером более 17	$\sim 10^{-6} \dots 10^{-5}$

не были оптимистичны. Почти аналогично обстояло дело и с жидкостным хроматографическим методом анализа, где существовали трудности по созданию сорбентов для разделения химических элементов с атомными номерами выше 20 (кальций). Спектральная фотометрия и люминесценция практически не могли обеспечить селективность измерений, а атомно-абсорбционная спектрометрия — производительность анализа. И, наконец, спектрометрия индуктивно связанной плазмы не выдерживала никакого сравнения с рентгенофлуоресцентным методом по экономическим показателям [2].

Напомним, что рентгенофлуоресцентный метод измерений основан на возбуждении атомов исследуемого вещества рентгеновским излучением и последующем анализе возникающего вторичного излучения [3]. Характерные пределы обнаружения химических элементов этим методом представлены в табл. 2.

Рентгенофлуоресцентное измерение тяжелых металлов в газовых выбросах

Из анализа данных, приведенных в табл. 1 и 2, следует, что рентгенофлуоресцентное детектирование хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, меди и цинка в газовых выбросах должно предвзято повышением концентрации названных химических элементов более чем в сто раз.

Соединения тяжелых металлов в газовых выбросах находятся в твердом состоянии [4], поэтому наиболее простым способом их концентрирования является отбор и пропускание пробы выбросов через фильтр (например, типа АФА). Далее концентрации химических элементов в твердой фазе, задержанной фильтром, могут быть определены непосредственно на рентгенофлуоресцентном спектрометре.

Такой способ измерения регламентирует методика [5], обеспечивающая детектирование соединений хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, меди и цинка в вентиляционных выбросах в диапазоне измерений, соответствующих данным табл. 1. Относительная погрешность измерений не превышает $\pm 25\%$.

Рентгенофлуоресцентное измерение тяжелых металлов в сточной и природной воде

Данные табл. 1 и 2 свидетельствуют и о том, что перед рентгенофлуоресцентным детектированием концентраций, указанных в табл. 1 тяжелых металлов в сточной и природной воде также требуется проводить предварительное концентрирование. При этом коэффициенты концентрирования перечисленных химических элементов должны быть не менее 1000.

Названным значениям коэффициентов концентрирования соответствуют комплексообразующие сорбенты на основе целлюлозы с привитыми аминокарбоксильными группировками (ДЭТАТА-фильтры), разработанные на кафедре аналитической химии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова [6].

Указанные сорбенты представляют собой специально приготовленные фильтры, при прохождении через которые ионы, содержащиеся в водной среде, образуют с привитыми аминокарбоксильными группировками комплексные соединения, остающиеся на фильтрах. Экспериментально установлено, что при пропускании сточной или природной воды с объемным расходом до $1,4 \cdot 10^{-2}$ дм³/мин ДЭТАТА-фильтры извлекают не менее 95 % ионов интересующих нас тяжелых металлов. Концентрации данных химических элементов на фильтрах также могут быть определены с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра [2].

Описанный способ концентрирования ионов тяжелых металлов положен в основу методики [7]. Диапазоны и относительные погрешности измерений концентраций ионов тяжелых металлов в водных средах, соответствующие этой методике, приведены в табл. 3.

Отметим, что методика [7] включена в Федеральный реестр природоохранных нормативных документов (ПНД Ф 14.1.2:4.133—98) и регламентирует порядок проведения государственного экологического контроля в части определения тяжелых металлов в сточной и природной воде.

Таблица 3

Диапазоны и относительные погрешности измерений концентраций ионов тяжелых металлов в водных средах

Ион	Диапазон измерений, мг/дм ³	Погрешность, %
Cr^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{2+}	От 0,005 до 0,01 Свыше 0,01 до 1	± 50 ± 25
Hg^{2+}	От 0,005 до 0,01 Свыше 0,01 до 1	± 35 ± 10



Рентгенофлуоресцентное измерение тяжелых металлов в почве

Из анализа данных, представленных в табл. 1 и 2, также следует, что рентгенофлуоресцентное детектирование содержаний хрома, марганца, кобальта, никеля, меди, цинка, ртути и свинца в почве потенциально может быть осуществлено без применения предварительного концентрирования.

Этому подходу соответствует методика [8]. Диапазоны измерений концентраций тяжелых металлов в порошковых пробах почв согласно этой методике приведены в табл. 4.

Сопоставление данных табл. 1 и 4 указывает на неполное соответствие диапазонов измерений марганца, кобальта, цинка и свинца, а также на полное несоответствие диапазонов измерений хрома, никеля и меди требованиям экологического контроля (см. табл. 1). Помимо этого методика [8] не позволяет определять в почве ртуть.

Перечисленные недостатки обусловили необходимость разработки новой методики рентгенофлуоресцентного измерения концентраций хрома, марганца, кобальта, никеля, меди, цинка, ртути и свинца в почве. При этом наиболее целесообразной представлялась следующая схема получения измерительной информации: приготовление почвенной вытяжки → концентрирование из нее тяжелых металлов на ДЭТАТА-фильтрах → определение содержаний тяжелых металлов на ДЭТАТА-фильтрах с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра.

На основе указанной схемы, а также методики [7] была разработана методика выполнения измерений концентраций кислоторастворимых, водорастворимых и подвижных форм тяжелых металлов в почве [9]. Диапазоны и относительные погрешности измерений в соответствии с названной методикой представлены в табл. 5.

Таблица 4
Диапазоны измерений концентраций тяжелых металлов в порошковых пробах почв

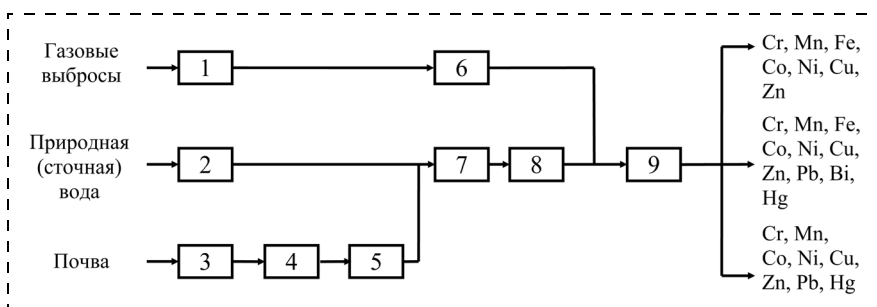
Химический элемент	Диапазон измерений, мг/кг
Хром	82...180
Марганец	400...610
Кобальт	9...150
Никель	25...380
Медь	17...310
Цинк	45...610
Свинец	14...280

Таблица 5

Диапазоны и относительные погрешности измерений концентраций кислоторастворимых, водорастворимых и подвижных форм тяжелых металлов в почве

Химический элемент	Диапазон измерений, мг/кг	Погрешность, %
Хром	От 6 до 15	±40
Никель Свинец	Свыше 15 до 30	±30
Марганец	От 60 до 175 Свыше 175 до 2000	±40 ±35
Кобальт	От 5 до 12,5 Свыше 12,5 до 25	±40 ±30
Медь	От 3 до 10 Свыше 10 до 15	±40 ±30
Цинк	От 23 до 50 Свыше 50 до 115	±40 ±30
Ртуть	От 5 до 10 Свыше 10 до 50	±40 ±30

Методика [9] также включена в Федеральный реестр природоохранных нормативных документов (ПНД Ф 16.1.9—98) и регламентирует порядок проведения государственного экологического контроля в части определения содержаний тяжелых металлов в почве.



Структурная схема химико-аналитического комплекса ИНЛАН-РФ:

1 — аспиратор; 2 — устройство отбора пробы природной (сточной) воды; 3 — устройство отбора пробы почвы; 4 — устройство измельчения пробы почвы; 5 — устройство приготовления почвенной вытяжки; 6 — фильтр АФА; 7 — устройство пропускания жидкой среды через ДЭТАТА-фильтр; 8 — ДЭТАТА-фильтр; 9 — рентгенофлуоресцентный спектрометр

Рентгенофлуоресцентные химико-аналитические комплексы ИНЛАН-РФ

Результаты работ по унификации методического обеспечения для детектирования тяжелых металлов в объектах экологического контроля позволили разработать рентгенофлуоресцентный химико-аналитический комплекс ИНЛАН-РФ, структурная схема которого представлена на рисунке. В соответствии с этой схемой использование унифицированного методического



обеспечения приводит к существенному сокращению количества технических средств, применяемых для решения всего объема задач по контролю тяжелых металлов в экологических объектах. Так, при анализе и газовых выбросов, и сточной (природной) воды, и почвы используется только одно средство физико-химических измерений — рентгенофлуоресцентный спектрометр. Кроме этого анализ сточной (природной) воды и почвы выполняется с применением единого устройства пропуска жидкой среды через ДЭТАТА-фильтр. Вследствие сказанного получаемая измерительная информация о содержании тяжелых металлов в экологических объектах имеет достаточно низкую стоимость.

В состав химико-аналитического комплекса ИНЛАН-РФ могут входить рентгеновский сканирующий кристалл-дифракционный спектрометр СПЕКТРОСКАН, обеспечивающий получение измерительной информации о содержании тяжелых металлов на фильтрах АФА и ДЭТАТА-фильтрах в течение 15 мин, или рентгенофлуоресцентный анализатор ПРИЗМА, позволяющий получать аналогичную информацию за 90 с. Отбор тяжелых металлов из газовых выбросов на фильтры АФА осуществляется с помощью переносного аспиратора ПУ-3Э. Для пропуска сточной (природной) воды или почвенной вытяжки через ДЭТАТА-фильтры применяется четырехканальное устройство БПИ-Н. Одновременная работа всех его каналов повышает производительность операций по концентрированию тяжелых металлов в четыре раза.

Для максимального соответствия особенностям экологического контроля на различных предприятиях дополнительно были разработаны модификации комплекса (табл. 6).

При поставке модификаций 2.01, 2.02, 2.03, 1.01 и 1.03, предназначенных для выполнения рутинных измерений, с целью повышения производительности анализа комплекс комплектуется несколькими устройствами БПИ-Н.

Таблица 6

Модификации химико-аналитического комплекса ИНЛАН-РФ

Модификация	Анализируемые среды
ИНЛАН-РФ-2.01	Сточная (природная) вода, почва
ИНЛАН-РФ-2.02	Сточная (природная) вода, газовые выбросы
ИНЛАН-РФ-2.03	Газовые выбросы, почва
ИНЛАН-РФ-1.01	Сточная (природная) вода
ИНЛАН-РФ-1.02	Газовые выбросы
ИНЛАН-РФ-1.03	Почва

Заключение

Низкая стоимость получения измерительной информации, а также метрологические характеристики, соответствующие действующим природоохранным нормативам, обусловили широкое распространение рентгенофлуоресцентных химико-аналитических комплексов ИНЛАН-РФ в специализированных инспекциях государственного экологического контроля (Курганская, Нижегородская, Челябинская, Калужская область и др.), на объектах Министерства обороны Российской Федерации (Экологический центр Минобороны России, космодром Плесецк), крупных промышленных предприятиях (АМО ЗИЛ и др.) [10].

В составе "Российских экоаналитических технологий" названные измерительные устройства удостоены премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Список литературы

1. **Винокурова С. В.** Отношение российских предприятий к вопросам экологии становится ответственным // Безопасность труда в промышленности. — 2007. — № 8. — С. 46—48.
2. **Систер В. Г., Котов С. В., Попов А. А.** и др. Экоаналитические технологии. — М.: ИРИДИУМ МЕДИА ГРУПП, 2004.
3. **Бахтиаров А. В.** Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии. — Л.: Недра, 1985.
4. **Дудкин Н. И., Адаев И. С.** Измерение массовой концентрации аэрозолей // Мир измерений. — 2007. — № 11. — С. 37—40.
5. **Методика** измерения массовой концентрации тяжелых металлов в вентиляционных выбросах рентгенофлуоресцентным методом. — СПб.: НПО "Спектрон", 1999.
6. **Цизин Г. И.** Целлюлозные ДЭТАТА-фильтры. — М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1995.
7. **Методика** выполнения измерений массовых концентраций ионов хрома, железа, висмута, марганца, кобальта, никеля, меди, свинца, цинка, ртути в водных средах с использованием преобразователя ИП-ТМ-Д рентгенофлуоресцентным методом на комплексе ИНЛАН-РФ. — М.: НПФ "Аналитинвест", 1997.
8. **Методика** определения содержания металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. — СПб.: НПО "Спектрон", 1997.
9. **Методика** выполнения измерений массовых концентраций кислоторастворимых, водорастворимых и подвижных форм металлов (хром, ртуть, марганец, кобальт, никель, медь, свинец, цинк) в пробах почвы с предварительным концентрированием ионов тяжелых металлов на преобразователях ИП-ТМ-Д и ИП-ТМ-Д-1 рентгенофлуоресцентным методом на комплексе ИНЛАН-РФ. — М.: НПФ "Аналитинвест", 1998.
10. **Бузановский В. А., Рыжнев В. Ю., Сергеев С. К.** и др. Российские экоаналитические комплексы // Экология и промышленность России. — 2000. — Январь. — С. 4—9.



УДК 577.4

В. В. Буренин, канд. техн. наук, МАДИ (ГТУ)

Новые конструкции фильтров и устройств для очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий

Рассмотрены новые, отличающиеся улучшенными характеристиками конструкции фильтров и устройств для очистки и обезвреживания промышленных сточных вод, предложенные в научно-технической и патентной литературе промышленно развитых стран мира. Показано, что процесс создания новых конструкций фильтров и устройств для эффективной очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий является составной частью технического прогресса и обусловлен все возрастающими экологическими и санитарно-гигиеническими требованиями к очищенным сточным водам, сбрасываемым в водоемы или на рельеф.

Ключевые слова: сточные воды, устройство (аппарат), очистка, гидравлический фильтр.

Burenin V. V. New Designs of Hydraulic Filters and Devices for Purification and Neutralizations of Industrial Sewage.

There are considered new designs of hydraulic filters and devices for purification and neutralizations of industrial sewage distinguished by improved characteristics and suggested in patents and scientific-technical literature of industrially advanced countries of the world. The basic tendencies of development of designs of hydraulic filters and devices for sewage purification and neutralizations are shown.

Keywords: sewage, device, purification, hydraulic filter.

Промышленные предприятия являются источником большого количества сточных вод. Для природы и человека загрязненные производственные сточные воды очень вредны. В них содержатся опасные для здоровья человека концентрации взвешенных и растворенных загрязняющих примесей различной природы: твердые и пластичные частицы, кислоты и щелочи, соли, разнообразные металлы, токсичные вещества, болезнетворные бактерии и др. Перед сбросом в водоемы или перед повторным использованием на предприятиях сточные воды должны быть очищены и обезврежены от вредных примесей.

Выбор способа очистки и оборудования для очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий зависит от исходной концентра-

ции вредных загрязнений, расхода сточных вод и требований к качеству очищенных сточных вод по всем нормируемым загрязнителям.

На промышленных предприятиях в основном применяют системы оборотного водоснабжения тех цехов и участков, в технологических процессах которых наблюдается стабильный состав примесей. В ряде случаев целесообразно использовать предварительную очистку сточных вод от примесей, характерных для данного участка или цеха, в локальных очистных устройствах. Наряду с такими устройствами система оборотного водоснабжения промышленного предприятия включает и общие очистные сооружения предприятия, где сточные воды последовательно проходят очистку от загрязнений в решетках, песколовках, отстойниках, коагуляторах и т. п. для повторного использования в технологических процессах предприятия, системах охлаждения технологического оборудования, системах пожаротушения или даже для вывода с предприятия.

При разработке систем оборотного водоснабжения промышленных предприятий необходимо учитывать требования санитарных норм и правил охраны поверхностных вод от загрязнения промышленными отходами и сточными водами, т. е. планировать эффективную очистку и повторное использование сточных вод и поверхностных стоков с отдельных участков территории предприятия, т. е. очищать поверхностные стоки совместно с производственными сточными водами.

В зависимости от требования к качеству очищенной воды выбирается технологическая схема очистки промышленных сточных вод, основу которой составляет механическая и силовая виды очистки, предназначенные для задержания основной массы взвешенных твердых и пластичных частиц (песок, земля, механические частицы производственного происхождения и т. п.), а также для защиты от износа и забивания устройств и сооружений для последующей обработки промышленных стоков. Технология очистки сточных вод включает фильтрацию, флотацию, сорбцию, озонирование и другие методы очистки и обезвреживания.

Конструкции фильтров для очистки сточных вод по принципу действия классифицируют на механические, в которых отделение взвешенных частиц загрязнений от жидкости происходит вследствие различия размеров этих частиц и проходных ка-

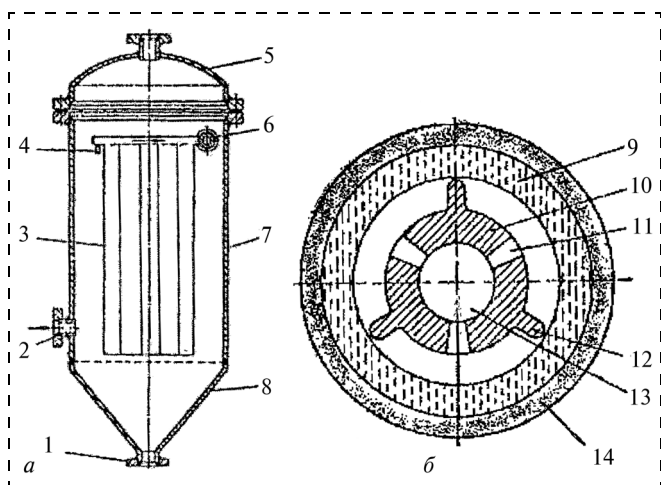


Рис. 1. Механический патронный фильтр для очистки сточных вод: *a* — внешний вид фильтра в разрезе; *б* — поперечное сечение фильтра

пиллярных каналов фильтрующих перегородок, и силовые, в которых очистка осуществляется за счет использования силовых полей — гравитационного, инерционного, магнитного, электрического и др.

Конструктивно фильтрующие перегородки механических фильтров оформляются в виде стационарных сеток, пластин, пористых материалов, тканей и т. п., зернистых насыпных слоев и в виде сменных патронов, кассет и т. п. (фильтроэлементов).

В последние годы ведущие в области производства техники для очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий российские и зарубежные фирмы разработали, запатентовали и выпускают фильтры и устройства новых конструкций, отличающиеся улучшенными характеристиками [1].

Повышенной эффективностью очистки сточных вод от взвешенных частиц загрязнений отличается механический патронный фильтр [2], состоящий из цилиндрического корпуса в виде резервуара 7 (рис. 1, *a*) с коническим дном 8, крышки 5, фильтрующих элементов в виде патронов 3, расположенных вертикально и герметично соединенных своей верхней частью с выпускным коллектором 4, который связан с выпускным патрубком 6.

В процессе очистки сточные воды проходят через слой 14 (рис. 1, *б*) загрязнений, накопившихся на наружной поверхности пористого фильтрующего кольца 9, установленного на закрытую снизу центральную трубу 10 с радиальными отверстиями 11 и продольными ребрами 12 каждого фильтрующего патрона. Затем сточные воды проходят через кольцо 9, отверстия 11 трубы 10, после чего по вертикальному каналу 13 в трубе 10 поступают в коллектор 4 (см. рис. 1, *a*) и выходят через патрубок 6.

Частицы загрязнений, накапливающиеся на внешней поверхности фильтрующих патронов 3, периодически сбрасываются с нее в коническое дно 8 резервуара 7 обратным импульсом сжатого воздуха и удаляются из фильтра через периодически открывающийся патрубок 1.

Фирма Amiod Japan Inc. (Япония) запатентовала в США конструкцию и метод изготовления самоочищающегося механического фильтра [3] для очистки от взвешенных частиц загрязнений производственной и оборотной воды. В горизонтальном цилиндрическом корпусе фильтра помещена фильтрующая сетка. С помощью системы автоматического регулирования периодически производят промывку фильтрующей сетки и удаление загрязнений обратным потоком воды. Для подачи промывочной воды высокого давления в центре фильтра помещен вращающийся коллектор с форсунками. Загрязнения из фильтра удаляют через специальный патрубок с помощью вакуумного устройства.

Повышенной производительностью при непрерывной работе обладает механический пластинчатый фильтр [4] для очистки сточных вод от взвешенных частиц загрязнений с механизированной выгрузкой отфильтрованного осадка. Фильтр содержит вертикальный цилиндрический корпус 9 (рис. 2) с входным 8 и выходным 11 патрубками для сточных вод, разгрузочное устройство шнекового типа для выгрузки осадка 12, крышку 7 корпуса 9 и силовой гидроцилиндр 6, расположенный

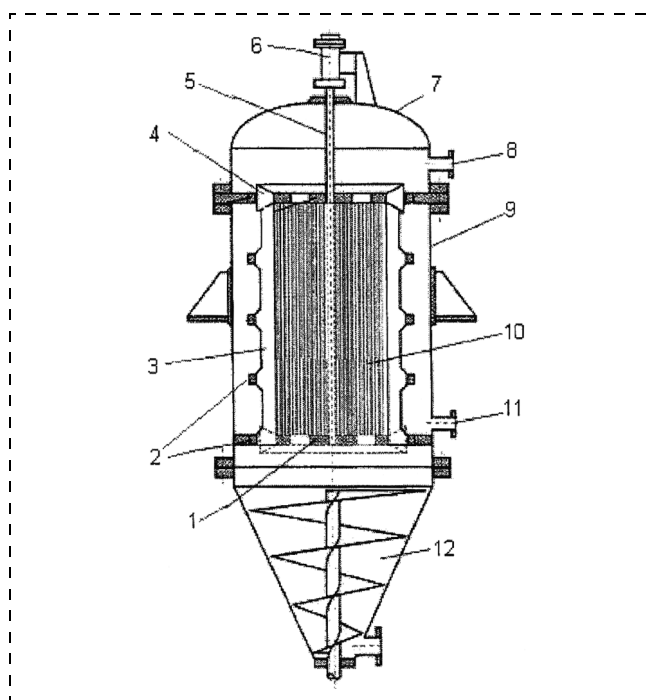


Рис. 2. Механический пластинчатый фильтр для очистки сточных вод



на крышке 7. Внутри корпуса 9 размещен фильтрующий элемент, состоящий из металлических пластинок 3, расположенных радиально и закрепленных на внутренней поверхности бандажных колец 2. В местах крепления пластинок 3 к бандажным кольцам 2 пластинки 3 имеют выступы. Внутри фильтрующего элемента 10 расположен поршень 1, представляющий собой диск с закрепленными на его внешней кольцевой поверхности металлическими пластинками 4, имеющими форму равнобокой трапеции и прикрепленными к диску меньшими основаниями. Поршень 1 закреплен на штоке 5 гидрочилиндра 6.

По входному патрубку 8 сточные воды поступают на очистку во внутреннюю полость фильтрующего элемента 10, проходят между пластинками 3, освобождаясь от взвешенных частиц (механических примесей), и выходят через патрубок 11. Возвратно-поступательное движение поршня 1 с закрепленными на нем пластинками 4, концы которых двигаются между пластинками 3 фильтрующего элемента 10, позволяет эффективно очищать фильтрующий элемент 10 от механических примесей, имеющих высокую адгезию к материалу фильтрующего элемента, без использования промывочной жидкости. Движение поршня 1 происходит без прерывания процесса фильтрования, что повышает производительность фильтра. Механические примеси, извлеченные из фильтрующего элемента 10, поступают в разгрузочное устройство 12 и выводятся из фильтра.

Для эффективной очистки от взвешенных частиц агрессивных вод, например, содержащих кислоты, электролиты и т. п., предназначен механический рукавный фильтр [5], изображенный на рис. 3. Фильтр содержит корпус 4 со съемной крышкой 5, внутри которого установлены фильтрующие элементы в виде тканевых мешков 2, закрепленных на жестком каркасе 3, имеющем форму ромба в поперечном сечении. В центре каждого ромба закреплена труба 1 со сквозными радиальными отверстиями Б, сообщающимися через вертикальный канал Г в трубе 1 с внутренней полостью В камеры 7, имеющей форму кольца. Выпускной патрубок 6 для очищенных сточных вод также соединен с полостью В камеры 7. Площадь поперечного сечения камеры 7 равна или больше суммарной площади каналов Г труб 1. Через патрубок 8 подаются на очистку под давлением сточные воды, заполняющие полость А корпуса 4, в которой установлены фильтрующие тканевые мешки 2. Сточные воды попадают внутрь мешков 2 и очищаются от взвешенных частиц загрязнений. Затем через отверстия Б очищенные сточные воды по каналам Г поступают в полость В камеры 7 и выводятся через патрубок 6. Использование этого рукавного фильтра для очистки агрес-

сивных сточных вод от взвешенных частиц загрязнений позволяет полностью исключить попадание неочищенных сточных вод в очищенные после фильтрующих элементов. Еще одним преимуществом этого фильтра является то, что можно быстро по очереди заменить засоренные фильтрующие элементы на новые, практически не останавливая процесс фильтрации, и свести на минимум простой фильтра.

Удобен в эксплуатации и обеспечивает эффективную и надежную очистку сточных вод от взвешенных частиц загрязнений фильтр-грязеуловитель [6]. Фильтр состоит из торцевой крышки 1 и цилиндрического корпуса 4 (рис. 4) с входным 6 и выходным 9 патрубками для сточных вод, в котором установлены фильтрующий элемент, включающий секцию грубой очистки в виде сетчатого направляющего конуса 5, секцию тонкой очистки, выполненную в виде ступенчатого патрона из обечаяек 3 с винтовыми направляющими 7, и выдвигная платформа 10.

Поток загрязненных сточных вод поступает на очистку в фильтр-грязеуловитель через патрубок 6, очищается от крупных частиц загрязнений в сетчатом конусе 5 и поступает в секцию тонкой очистки, где поток, идущий по винтовым направляющим 7, под действием центробежных сил расслаивается, в результате чего частицы загрязнений отбрасываются к периферии кожуха 2 ступенчатого патрона, выводятся в зазор А между корпусом 4 и кожухом 2

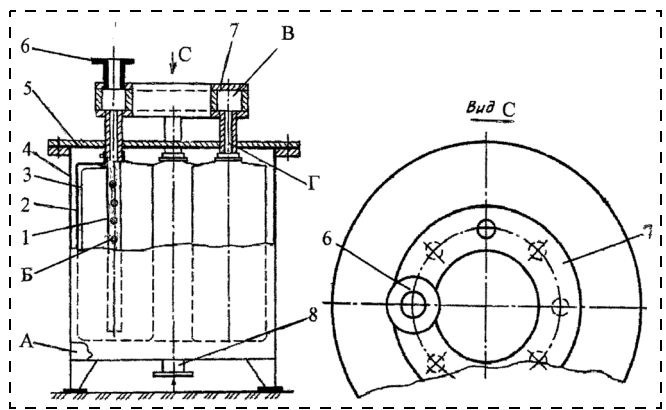


Рис. 3. Механический рукавный фильтр для очистки сточных вод

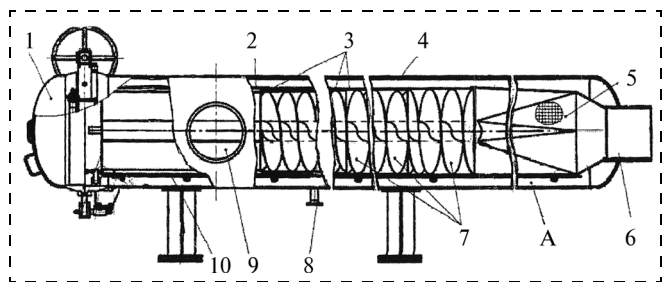


Рис. 4. Фильтр-грязеуловитель для очистки сточных вод

и отводятся из фильтра через патрубок 8. Очищенный до требуемого качества поток сточных вод выводится из фильтра через патрубок 9.

При засорении фильтрующего элемента, что контролируется по перепаду давления между входом и выходом сточных вод из фильтра-грязеуловителя, очистку сточных вод прекращают, снимают торцевую крышку 1, фильтрующий элемент выдвигают на платформе 10 и очищают. Затем в обратной последовательности собирают фильтр-грязеуловитель и запускают в работу. Фильтр не требует больших энергетических и трудовых затрат при эксплуатации.

Для качественной очистки сточных вод от металлов, например, железа, была разработана специальная установка (рис. 5) [7], которая включает камеру аэрирования 1 с расположенными на ее боковой поверхности патрубками для подачи сжатого воздуха 2 и исходной загрязненной сточной воды 3, выходной патрубком 4 для подачи воды в фильтр 6, узел обработки воды магнитным полем 5.

Исходная сточная вода через патрубок 3 поступает в камеру аэрирования 1, куда также подается сжатый воздух, который далее выходит в воду через аэратор 12 в виде пузырьков. После аэрирования воды в течение 30...90 мин присутствующие ионы металлов гидролизуются, образуя гидрооксиды. Далее вода с образовавшимися гидрооксидами металлов, например, железа, перепускается через патрубок 4 в узел обработки магнитным полем 5, где гидрооксиды намагничиваются и агрегируются в большие флоккулы. После воздействия магнитным полем вода поступает через патрубок 11 в рабочее пространство фильтра 6 и, проходя через слой песка 9 и активированного угля 8, очищается до требуемых значений. Очищенная вода выводится через патрубок 7. Образующийся осадок загрязнений в виде гидрооксидов металлов выводится через патрубок 10. Очищенные в такой установке сточные воды достигают нормативного качества и могут даже сбрасываться в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Один из наиболее часто применяемых методов удаления тяжелых металлов (свинца, хрома, мышьяка, цинка, кадмия, меди, ртути) и их соединений из сточных вод — адсорбция (сорбция), эффективность которой зависит прежде всего от свойств используемого сорбента: сорбционная поверхность должна быть достаточно пористой, чтобы оказывать наименьшее сопротивление потоку очищаемых сточных вод и обладать высокой сорбционной спо-

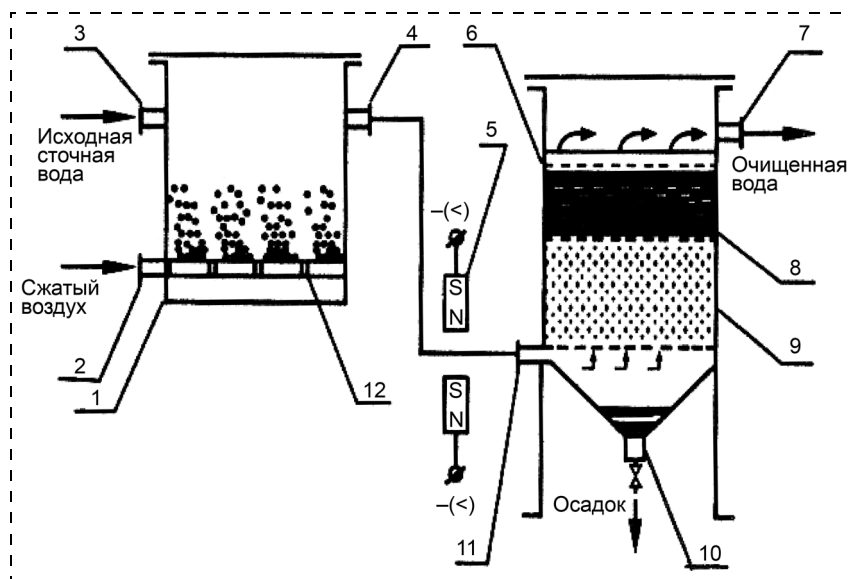


Рис. 5. Установка для очистки сточных вод от железа

собностью. Другим методом разделения твердой и жидкой фракций в сточных водах является флотация. Эти два метода успешно используются совместно для удаления тяжелых металлов из сточных вод. Такой комплексный метод очистки сточных вод получил название — сорбционная флотация.

Разработанный в настоящее время синтезированный нанокристаллический сорбент-акаганеит — материал с высокоразвитой поверхностью и определенным распределением пор различного размера характеризуется высокой сорбционной эффективностью и низкой ценой [8]. Синтезированный акаганеит состоит из наночастиц размером от 1 до 10 нм, обладает высокой пористостью и применяется для эффективного удаления различных металлов из водных растворов (сточных вод) методом адсорбционной (сорбционной) флотации.

Устройство для эффективной реагентной очистки сточных вод фирмы Okutama Kogyo Co., Ltd (Япония) [9] представляет собой разновидность гидроциклона, корпус которого имеет верхнюю и нижнюю части в виде цилиндров, которые соединяются вытянутой конической переходной частью. Диаметр цилиндра верхней части в несколько раз больше, чем диаметр цилиндра нижней части. Сточные воды для их нейтрализации подаются в верхнюю часть корпуса через тангенциальный выходной патрубок, в результате чего в корпусе возникает вихревой поток сточных вод. Реагент, например, суспензию извести, дозируют сверху в поток сточных вод через отверстие в верхней крышке корпуса. Нижняя часть корпуса снабжена крестообразными стабилизаторами потока очищенных сточных вод для гашения вихревого движения перед выводом потока через выпускной патрубок.



Предварительно очищенные сточные воды с помощью устройств механической и физико-химической очистки перед сбросом в водоем подвергаются биохимической очистке, заключающейся в окислении органических загрязнений микроорганизмами.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов требуются не только органические вещества, но и биогенные элементы, такие как азот, кальций, фтор, хлор и др. Источниками биогенных элементов являются обычно бытовые сточные воды. Оптимальное количество бытовых сточных вод для разбавления производственных сточных вод зависит от состава производственных сточных вод и определяется в каждом конкретном случае. Ненормированное использование бытовых сточных вод может привести к деградации, т. е. к ослаблению адаптированной к данным загрязнениям микрофлоры.

Биохимическое окисление проводят как в естественных условиях на полях фильтрации, орошения, биологических прудах, так и в искусственно созданных условиях на биофильтрах и в аэротенках. Поля фильтрации, поля орошения и биофильтры функционируют за счет почвенных биоценозов, а биологические пруды и аэротенки — за счет биоценозов водоемов.

Биологическая очистка сточных вод в искусственных сооружениях осуществляется в биологических фильтрах, аэротенках и окситенках. При разбрызгивании в биологических фильтрах очищаемые сточные воды поглощают часть кислорода воздуха. В процессе фильтрования сточных вод через загрузку, в качестве которой используют, например шлак, щебень, керамзит, пластмассу, гравий, на загрузкином материале образуется биологическая пленка, микроорганизмы которой поглощают органические вещества. Интенсивность окисления органических примесей в пленке существенно увеличивается при подаче сжатого воздуха на загрузку в направлении, противоположном фильтрованию. В процессе окисления загрязнений происходит образование новой пленки и отмирание старой, которая срыгается с поверхности загрузки движущимися сточными водами и выносятся из биофильтра. Для ее задержания после биофильтра устраивают отстойники, как правило, вертикального типа.

В основу работы аэротенков положена деятельность микроорганизмов, обитающих в природных водоемах, т. е. активного ила. В окситенках используется чистый или технический кислород, в результате чего улучшается деятельность активного ила, интенсифицируются окислительные процессы. Благодаря этому объем окситенков примерно на 50...70 % меньше объема обычных аэротенков, используемых для очистки этих же сточных вод.

Повышение качества биологической очистки промышленных сточных вод в аэротенках или биотенках и снижение капитальных и эксплуатационных затрат обеспечивает способ [10], включающий смешение сточных вод с активным илом, аэрацию потока иловой смеси в аэротенке, разделение иловой смеси и возврат активного ила в аэротенк, причем сточные воды попадают в камеру предварительной очистки, из которой их откачивают насосом в аэротенк с расходом потока, превышающим расход сточных вод, поступающих на очистку, с возвратом соответствующей разницы в расходах в виде иловой смеси с выхода аэротенка в камеру предварительной очистки. Эту разницу рассчитывают из условия срабатывания уровня сточных вод в камере предварительной очистки до отметки, при которой насос отключают на время, в течение которого производят заполнение камеры предварительной очистки поступающими сточными водами, обеспечивая заданные параметры по нагрузке на активный ил по органическим загрязнениям в режиме прерывистой аэрации.

Совершенствование фильтров и устройств для очистки и обезвреживания сточных вод — непрерывный процесс, являющийся составной частью технического прогресса. Он обусловлен все возрастающими экологическими и санитарно-гигиеническими требованиями к очищенным сточным водам, сбрасываемым в водоемы или на рельеф.

Список литературы

1. **Буренин В. В.** Очистка производственных сточных вод от взвешенных частиц и других вредных примесей // Безопасность жизнедеятельности. — 2007. — № 3. — С. 14—21.
2. **Патент 2311943** Россия. МПК В 01 D 15/56. Патронный фильтр. О. С. Кочетов, М. О. Кочетова, Г. В. Львов. Оpubл. 14.03.2006. Бюл. № 22.
3. **Патент 7055699** США. МПК В 01 D 29/58. Самоочищающийся фильтр. Оpubл. 06.06.2006.
4. **Патент 2281802** Россия. МПК В 01 D 29/64. Пластинчатый самоочищающийся фильтр / М. В. Клыков, К. А. Куцуев. Оpubл. 20.08.2006. Бюл. № 23.
5. **Патент 2290983** Россия. МПК В 01 D 29/11. Рукавный фильтр / А. И. Вольхин, Б. Е. Екимов. Оpubл. 10.01.2007. Бюл. № 21.
6. **Патент 2293596** Россия. МПК В 01 D 29/11. Фильтр-гравитационный / И. Ю. Хасанов, Н. Х. Файзуллин. Оpubл. 20.02.2007. Бюл. № 5.
7. **Ксенофонтов Б. С., Кашаева Е. И.** Доочистка сточных вод биохимических производств // Экология производства. — 2007. — № 10. Приложение № 4. — С. 1—2.
8. **Саложенкин П. М., Делияни Е. А., Бакояннакис В. Н.** и др. Удаление ионов тяжелых металлов из сточных вод // Экология производства. — 2007. — № 8. — Приложение № 3. — С. 13—15.
9. **Заявка на патент 1604730** ЕПВ. МПК В 01 F 5/00. Способ и устройство для обработки сточных вод. Оpubл. 14.12.2005.
10. **Патент 2299864** Россия. МПК С 02 F 3/12. Способ очистки сточных вод / А. И. Михайленко, Т. М. Михайленко, Д. А. Михайленко. Оpubл. 27.05.2007. Бюл. № 15.

Т. Ю. Гумеров, канд. хим. наук, доц., К. Ю. Швинк,
Казанский государственный технический университет

Особенности восстановления Cr(VI) в Cr(III) в Cr(III) при очистке сточных вод

Рассмотрены экспериментальные кривые потенциометрического титрования растворов Cr(III), Cr(VI) и их смесей в области pH = 3...12. Создана математическая модель равновесных процессов в системе Cr(III), Cr(VI)—H₂O—OH⁻—Cl⁻. Установлены области существования полиядерных соединений в зависимости от pH раствора и исходных концентраций Cr(III) и Cr(VI). Оценены значения констант равновесий и стехиометрия соединений. Показана важность учета полиядерных соединений при моделировании системы.

Ключевые слова: очистка сточных вод, особенности процесса восстановления Cr(VI) и Cr(III).

Gumerov T. U., Shvink K. U. The features of restoration Cr(VI) in Cr(III) at sewage treatment.

We obtained experimental curves of potentiometric titration of solutions Cr(III), Cr(VI) and their mixes with pH 3÷12. A mathematical model of equilibrium processes in system Cr(III), Cr(VI)—H₂O—OH⁻—Cl⁻ was developed. We determined areas with polynuclear compounds depending on pH solution and initial concentration of Cr(III), Cr(VI). We evaluated equilibrium constants and stoichiometry of compounds. We proved that it is important it take into account polynuclear compounds, as well as residues when modeling a system.

Keywords: sewage treatment, features of process of restoration Cr(VI) and Cr(III).

Методом потенциометрического титрования и математического моделирования определен характер восстановления Cr(VI) в Cr(III), Cr(VI) — H₂O—OH⁻—Cl⁻ и Cr(III)—H₂O—OH⁻—Cl⁻. Рас-

смотрен состав образующихся комплексных соединений.

Дисперсные системы кожевенных и меховых производств легкой промышленности содержат токсичные соединения Cr(VI) и Cr(III). Так, после отдельных технологических процессов (промывка перед отмокой, отмока, золение, обеззоливание) в сточные воды попадают Cr(VI) и Cr(III) в концентрациях, значительно больших, чем ПДК. В данном случае желательно перевести Cr(VI) в менее токсичное соединение Cr(III) [1], поэтому следует изучить механизм перехода Cr(VI) в форму Cr(III) в модельной системе Cr(VI), Cr(III)—H₂O—OH⁻. Основные соединения в системе Cr(VI), Cr(III)—H₂O—OH⁻ были упомянуты в работах [2, 3], однако необходим учет мольных долей этих соединений в зависимости от концентрации Cr(VI) и Cr(III), от pH раствора.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования была выбрана модельная система, позволяющая создать математическую модель системы, которая в свою очередь дает возможность моделировать системы, близкие к дисперсным системам, являющиеся результатами деятельности мехообработывающего производства (ОАО "Мелита" — система 1). Как видно из табл. 1 все основные показатели рассматриваемой системы имеют превышения на порядок по сравнению с нормами СанПиП. Наиболее распространенный способ удаления солей Cr(VI) осуществляется в две стадии: 1) перевод (восстановление) Cr(VI) в Cr(III); 2) осаждение Cr(III) в виде гидроксидов.

В работе проведено экспериментальное исследование системы Cr(VI)—H₂O—OH⁻—Cl⁻ с использованием метода потенциометрического титрования

Таблица 1

Основные параметры и нормативные показатели ПДК промышленных стоков предприятий легкой промышленности

Предприятие	Показатели						
	pH	Cr(III)	Cr(VI)	Взвешенные вещества	Жиры	Белки	СПАВ
Система I	6,7...7,5	5...10	1,8...2,0	2000	400...600	—	120
Нормативные показатели ПДК*	6,5...8,0	0,4	0,04	186	10	10	0,5

* СанПиП Концентрация вредных веществ в сточных водах. Постановление гл. админ. г. Казани № 917 от 15.05.2000 г.

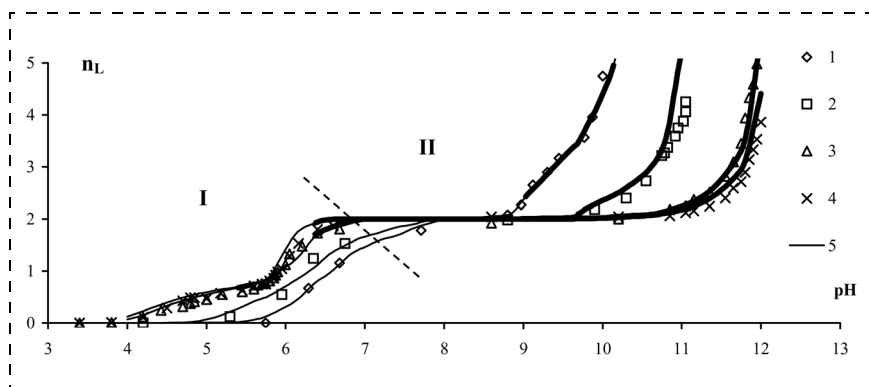


Рис. 1. Экспериментальные (1–4) и расчетные (5) кривые ПМТ растворов CrCl_3 стандартным раствором NaOH ($0,05 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$), преобразованные в координаты функции образования n_L от величины pH раствора:

1 – $0,0000809$; 2 – $0,000421$; 3 – $0,00421$; 4 – $0,00577 \text{ моль/л}$

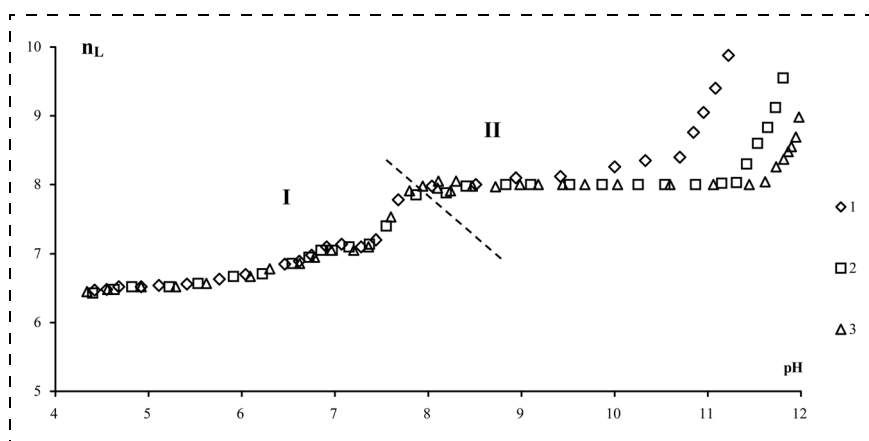


Рис. 2. Экспериментальные кривые потенциметрического титрования растворов $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ стандартным раствором NaOH ($0,05 \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$), преобразованные в координаты функции образования n_L от величины pH:

1 – $0,000947$; 2 – $0,00947$; 3 – $0,0947 \text{ моль/л}$

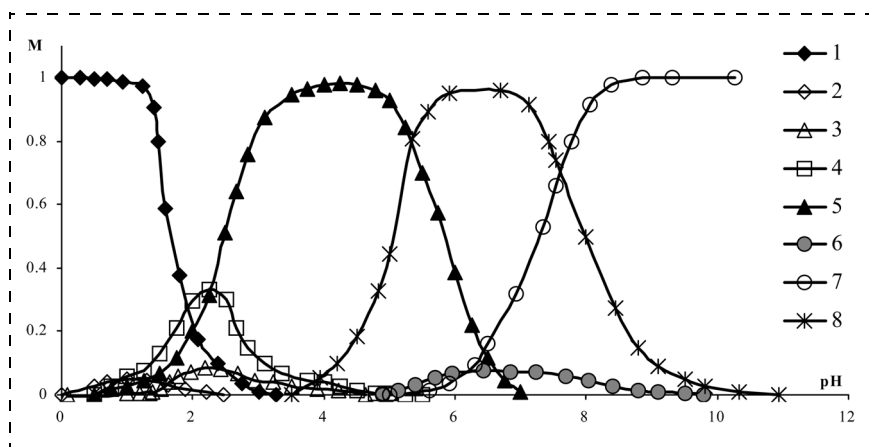


Рис. 3. Распределение мольных долей комплексных соединений Cr(VI) ($0,00947 \text{ моль/л}$):

1 – Cr(VI) ; 2 – CrOH^{5+} ; 3 – Cr(OH)_2^{4+} ; 4 – CrO_2^{2+} ; 5 – CrO_2OH^+ ; 6 – $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$; 7 – CrO_4^{2-} ; 8 – CrO_3OH^-

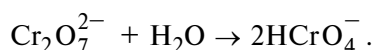
в области концентраций Cr(VI) $0,1 \dots 0,001 \text{ моль/л}$ и системы $\text{Cr(III)}-\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^--\text{Cl}^-$ в области концентраций Cr(III) $0,1 \dots 0,001 \text{ моль/л}$. Для выявления образующихся комплексных соединений были рассмотрены кривые потенциметрического титрования (ПМТ) в области $\text{pH} = 3 \dots 12$ и преобразованы в кривые зависимости функции образования

$$n_L = \frac{C_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}}{C_{\text{соли}} \cdot V_{\text{соли}}},$$

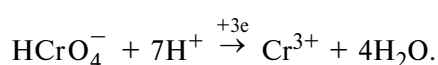
(где C_{NaOH} , $C_{\text{соли}}$ — концентрация соответственно титранта и солей Cr(III) и Cr(VI) ; V_{NaOH} , $V_{\text{соли}}$ — объем, соответственно титранта и растворов солей Cr(III) и Cr(VI) при титровании) от pH раствора, по методике, приведенной в работах [4, 5]. На рис. 1 ПМТ в области I* для системы $\text{Cr(III)}-\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^--\text{Cl}^-$ образуется ступень, свидетельствующая о наличии полиядерных (ПЯ) соединений с низкими значениями функции образования ($n_L < 2$) [6]. При рассмотрении преобразованных потенциметрических кривых системы $\text{Cr(VI)}-\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^--\text{Cl}^-$ (рис. 2) в области ступени I не наблюдается расхождения кривых в область низких значений pH при увеличении концентрации соли металла, что свидетельствует о том, что не происходит образование ПЯ соединений [7, 8]. По данным литературы, соли Cr(VI) должны находиться в растворе в виде $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, который является полиядерным. Результаты исследования показали, что присутствие в растворе соединений $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

* Область I — это область образования полиядерных соединений с функцией образования по лиганду (OH^- -ионы) $n_L \leq 2$; область II — эта область образования полиядерных соединений $n_L > 2$ и $n_L \leq 3$, а также область образования гидроксокомплексов с отрицательным зарядом в избытке лиганда (OH^-).

в значимых мольных долях не наблюдается, так как вид кривых потенциометрического титрования не меняется в зависимости от изменения концентрации Cr(VI) (см. рис. 2 и 3). Таким образом, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ распадается на ионы оксогидроксида HCrO_4^- [9] по следующей схеме:



Переход Cr(VI) в Cr(III) осуществляется по следующей реакции:



Подтверждением того, что в системе отсутствует в значимых мольных долях полиядерное соединение $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, является изменение потенциала платинового электрода (экспериментальные (E_0) и расчетные ($E_{\text{расч1}}$, $E_{\text{расч2}}$) при разном соотношении концентраций Cr(VI) и Cr(III). Расчет произведен

Таблица 2

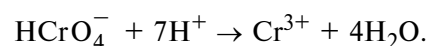
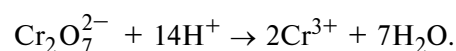
Зависимость потенциала Pt-го электрода от концентраций Cr(VI) и Cr(III)

$C_{\text{Cr(VI)}}$, моль/л	$C_{\text{Cr(III)}}$, моль/л	E , мВ	$E_{\text{расч1}}$, мВ	$E_{\text{расч2}}$, мВ
1,06	0	445	—	—
0,795	0,242	551	758	559
0,530	0,485	575	815	578
0,261	0,728	572	825	581
0	0,97	471	—	—
0,106	0	430	—	—
0,0790	0,0242	487	844	496
0,0530	0,0485	497	828	478
0,027	0,0728	495	791	437
0	0,097	467	—	—
0,0106	0	410	—	—
0,00790	0,00242	445	680	471
0,00530	0,00485	434	741	441
0,0027	0,00728	460	762	479
0	0,0097	481	—	—
0,00106	0	401	—	—
0,000790	0,000242	409	581	412
0,000530	0,000485	397	595	425
0,00027	0,000728	400	579	406
0	0,00097	418	—	—
0,000106	0	355	—	—
0,0000790	0,0000242	320	462	299
0,0000530	0,0000485	357	465	346
0,000027	0,0000728	348	469	296
0	0,000097	370	—	—

по уравнению Нернста для реакций с участием $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} - E_{\text{расч1}}$ и $\text{HCrO}_4^- - E_{\text{расч2}}$ (табл. 2).

$$E_{\text{расч1}} = E_0 + \frac{0,059}{6} \lg \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] \cdot [\text{H}^+]^{14}}{[\text{Cr}^{3+}]^2}; \quad (1)$$

$$E_{\text{расч2}} = E_0 + \frac{0,059}{3} \lg \frac{[\text{HCrO}_4^-] \cdot [\text{H}^+]^7}{[\text{Cr}^{3+}]}; \quad (2)$$



Лучшая сходимость результатов наблюдается, если предположить, что механизм восстановления Cr(VI) и Cr(III) протекает по предложенной реакции (2) в отличие от классического механизма восстановления Cr(VI) в Cr(III).

Вывод

Предложено уравнение для расчета потенциала в системе Cr(VI), Cr(III) — $\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^-$, которая необходима для определения оптимальных условий восстановления Cr(VI) в Cr(III).

Создана математическая модель системы Cr(III), Cr(VI)— $\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^- - \text{Cl}^-$ с учетом образования полиядерных соединений.

Список литературы

1. Гумеров Т. Ю. Процессы коагуляции в производственных сточных водах с органическими примесями. / Т. Ю. Гумеров, А. Ф. Добрынина, В. П. Барабанов // Современные наукоемкие технологии. — 2006. — № 4. — С. 101–102.
2. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии. — М.: Мир, 1979. — 678 с.
3. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. — М.: Высшая школа, 1981. — 678 с.
4. Юсупов Р. А., Михайлов О. В. // Журн. неорганической химии. — 2002. — Т. 47. — № 7. — С. 1177–1179.
5. Юсупов Р. А. Автореф. дисс. д. х. н. — Казань, 2003. — 36 с.
6. Гумеров Т. Ю., Добрынина А. Ф., Юсупов Р. А., Барабанов В. П. Процессы коагуляции в жир- и белоксодержащих системах // Журнал прикладной химии. — 2006. — Т. 79. — № 12. — С. 1958–1962.
7. Гумеров Т. Ю., Файзуллина Г. Г., Добрынина А. Ф., Юсупов Р. А., Барабанов В. П. Комплексообразование в системе $\text{Al(III)}-\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^- - \text{Cl}^-(\text{SO}_4^{2-})$ — флокулянт // Вестник Каз. гос. технол. университета. — 2005. — С. 112–119.
8. Гумеров Т. Ю., Файзуллина Г. Г., Добрынина А. Ф., Юсупов Р. А. Особенности комплексообразования в системе $\text{Al(III)}-\text{H}_2\text{O}-\text{OH}^- - \text{Cl}^-(\text{SO}_4^{2-})$ — флокулянт в присутствии жиросодержащей дисперсной фазы // Химия и технология воды. — 2006. — Т. 28. — № 2. — С. 134–142.
9. Гумеров Т. Ю. Комплексообразование в процессах коагуляции и флокуляции белково-липидных коллоидных систем: Автореф. дисс. к. х. н. — Казань, 2006. — 18 с.



УДК 628.162.4.094

А. М. Зайнуллин, канд. техн. наук, **И. Г. Шайхиев**, канд. техн. наук, доц.,
С. В. Фридланд, д-р хим. наук, проф.,
Казанский государственный технологический университет

Очистка сточных вод производства диазодинитрохинона

Исследована возможность и предложена технологическая схема очистки сточных вод производства диазодинитрохинона, включающая стадии нейтрализации, окисления и доочистки на природных сорбентах. В результате применения разработанной технологии токсичность сточных вод снижается с III класса до IV, что позволяет осуществить сброс на биологические очистные сооружения для финальной очистки.

Ключевые слова: диазодинитрохинон, очистка сточных вод, нейтрализация, окисление, адсорбция.

Zainullin A. M., Shaikhiev I. G., Fridland S. V. Diazodinitroquinone production waste treatment.

The possibility of waste treatment in diazodinitroquinone production is studied and flowsheet of this process comprising stages of neutralization, oxidation and afterpurification on natural sorbents is proposed. The application of the technology reduces the toxicity of wastewater from Class III to Class IV, that would allow discharge on biological treatment facilities for final refinement.

Keywords: diazodinitroquinone, waste treatment, neutralization, oxidation, adsorption.

В последние годы особенно тревожным является появление глобальных экологических проблем в результате безответственной по отношению к природной среде антропогенной деятельности. Опасность глобальных экологических проблем заключается в том, что их обострение представляет реальную угрозу человеческой цивилизации. Проблема загрязнения водных ресурсов является актуальной в связи с продолжающимся ростом антропогенной нагрузки на природную среду. Развитие промышленного производства, особенно в крупных мегаполисах, в которых сосредоточены основные промышленные объекты, ведет не только к потреблению большого количества природных вод, но и к увеличению объемов образующихся сточных вод (СВ). При этом состав поверхностных вод претерпевает значительные изменения за счет попадания в них огромного количества примесей антропогенного токсичного характера. В списках приоритетных загрязняющих

веществ одно из первых мест занимают тяжелые металлы, соединения которых не подвергаются деградации в водоеме, а лишь изменяют формы миграции и поэтому относятся к консервативным веществам, токсичным для гидробионтов и человека.

Серьезную опасность для загрязнения окружающей среды представляют тяжелые металлы, входящие в состав иницирующих взрывчатых веществ, которые нашли широкое применение во многих отраслях промышленности. Иницирующие взрывчатые вещества (гремучая ртуть, ТНРС, азид свинца и др.), используемые на протяжении многих лет, не удовлетворяют современным требованиям экологии. Поэтому поиску соединений, не содержащих в своем составе тяжелых металлов, уделяют все больше внимания. Новые предприятия по производству экологически безопасных иницирующих веществ нуждаются в эффективной локальной очистке сточных вод. В этой связи важное значение приобретает разработка и широкое применение замкнутых циклов водоснабжения в промышленности, а также совершенствование очистки сточных вод.

При производстве диазодинитрохинона (ДДХ) образуются сточные воды оранжевого цвета, которые по результатам проведенных исследований имели показатели, представленные в таблице.

Проведенный токсикологический анализ на биологических тест-объектах (*Paramecium caudatum*, *Daphnia magna*) показал, что исходная сточная вода относится к III классу опасности ($Kp(50) = 100$ (*Paramecium caudatum*) и $Kp(50) = 370,4$ (*Daphnia magna*)).

Методом хромато-масс-спектрометрии определено содержание в воде основных органических при-

Физико-химические показатели исходной сточной воды

Показатель	Размерность	Значение
ХПК	мг O ₂ /л	18 750
pH	—	0,01
Содержание хлорид-ионов	мг/л	60 236
Суммарное содержание нитритов и нитратов	мг/л	190,6
Кислотность общая	мг · экв/л	2600
Сухой остаток	г/л	22,3
Прокаленный остаток	г/л	19,1
Оптическая плотность	—	0,15
Светопропускание	%	71,2
Содержание ароматических углеводородов	мг/л	1830

месей. Анализ данных масс-спектров электронного удара, снятых в хроматографических пиках, позволил точно определить структуру загрязнений, входящих в состав сточной жидкости.

В исходной СВ производства ДДХ обнаружены следующие органические соединения: 2,4-динитро-6-аминофенол; ДДХ; 2,4-динитрофенол; 2,4-динитропирокатехин; 2,6-дихлор-4-нитрофенол [1]. Из неорганических составляющих в СВ присутствует NaCl, образованный в результате взаимодействия нитрита натрия с соляной кислотой.

Как видно из данных, приведенных в таблице, сточная вода производства ДДХ имеет низкое значение pH, обусловленное наличием значительного избытка HCl. Поэтому было решено проводить нейтрализацию водным раствором NaCO₃, что привело к образованию наименьшего количества осадка. Кроме того, стоимость обработки 1 м³ сточной воды при данном методе по предварительным расчетам будет наименьшая.

Сточные воды, содержащие нитропродукты, перед подачей на биологические очистные сооружения требуют предварительной химической очистки. Окисление является химическим способом обработки СВ, получившим в настоящее время широкое распространение.

Ранее в работе [2] была показана возможность очистки сточных вод производства диазодинитрохинона с помощью кислорода воздуха в присутствии гомогенного железосодержащего катализатора. Найдено, что кислород воздуха как наиболее дешевый окислитель способствует окислению примесей сточных вод производства ДДХ. Однако использовать гомогенные катализаторы экономически нецелесообразно ввиду их непрерывного расходования. К тому же, удаляясь вместе с очищаемой водой и попадая на биологические очистные сооружения, соли исследуемых металлов отрицательно воздействуют на биоценоз микроорганизмов активного ила. В этой связи можно рекомендовать для очистки сточных вод производства ДДХ метод окисления в присутствии гетерогенного катализатора, в качестве которого можно использовать различные отходы черного металла с развитой поверхностью контакта. Исследования показали, что применение гетерогенного катализатора способствовало снижению ХПК до величины ~ 3200 мгО₂/л. Данная величина соизмерима со значением, полученным при использовании гомогенного катализатора (~ 3000 мгО₂/л—FeCl₃).

На основании проведенных исследований можно сделать следующий вывод: окислительный метод очистки сточных вод производства диазодинитрохинона позволяет снизить значения ХПК более чем в 6 раз, однако данное обстоятельство не позволяет

сбрасывать сточные воды на биологические очистные сооружения. Поэтому технологию очистки СВ производства ДДХ можно представить в виде трех стадий: первая — нейтрализация, вторая — окисление кислородом воздуха в присутствии железосодержащего гетерогенного катализатора (отхода после обработки черного металла), третья — сорбция диатомитом. Выбор диатомита в качестве сорбента на стадии доочистки был основан на экспериментах, проведенных в динамических условиях, который показал, что 100 г диатомита способно очищать 10 000 мл окисленных сточных вод производства диазодинитрохинона в течение 10...12 ч, до значений ХПК ≈ 500 мгО₂/л.

Снятые в хроматографических пиках масс-спектры окисленной СВ при помощи кислорода воздуха в присутствии гетерогенного железосодержащего катализатора показали, что в обработанной СВ содержатся менее токсичные продукты по сравнению с исходной сточной водой. Произошла минерализация нитропроизводных ароматических углеводородов, часть из которых образовала карбоновые кислоты, другая — линейные молекулы. В сточной воде выявлены: диоктиловый эфир ортофталевой кислоты (X), дибутиловый эфир декановой кислоты (XI), нанодекан (XII), дибутилфталат (XIII), динитрогександиовая кислота (XIV), дигексилловый эфир ортофталевой кислоты (XV) и их изомеры.

Проведенный токсикологический анализ на биологических тест-объектах (*Paramecium caudatum*, *Daphnia magna*) показал, что СВ (Kp(50) = 37 (*Paramecium caudatum*) и Kp(50) = 100 (*Daphnia magna*)) и диатомит [нетоксично (*Paramecium caudatum*) и Kp(10) = 1,0 (*Daphnia magna*)] после очистки относятся к IV классу опасности.

Таким образом, применение описанной технологии для обезвреживания сточных вод производства ДДХ снижает токсичность сточных вод с III класса опасности до IV, что позволяет осуществить сброс СВ на биологические очистные сооружения для финальной очистки, а отработанный диатомит, относящийся к IV классу опасности, использовать в качестве добавок при производстве строительных материалов.

Список литературы

1. Зайнуллин А. М. Исследование состава поллоантов и изменения их свойств в ходе физико-химической очистки сточных вод производства диазодинитрохинона / А. М. Зайнуллин, И. Г. Шайхиев, С. В. Фридланд, Р. З. Мусин, И. Х. Ризванов // Химия в интересах устойчивого развития. — 2007. — № 15. — С. 427—436.
2. Зайнуллин А. М. Исследование каталитической очистки сточных вод производства диазодинитрохинона / А. М. Зайнуллин, И. Г. Шайхиев, С. В. Фридланд // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — № 7. — С. 46—49.



УДК 628.543.001.76:577.1.002.2

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

Совершенствование технологии очистки сточных вод биохимических производств

Рост и развитие биохимических производств вызывает увеличение нагрузки на окружающую среду, в том числе при сбросе в водоем недоочищенных сточных вод таких производств. В этой связи предлагается усовершенствованная схема очистки сточных вод до нормативов, действующих в России. Приведены данные на примере биологической очистки сточных вод этих производств.

Ключевые слова: очистка сточных вод, биохимические производства, поверхностно-активные вещества микробиологического происхождения.

Ksenofontov B. S. Perfection of technology of sewage treatment of biochemical manufactures.

Growth and development of biochemical manufactures is marked all over the world. Loading on environment thus increases, including at dump in a reservoir of dirty sewage of such manufactures. The advanced scheme of sewage treatment to the specifications operating in Russia thereupon is offered. The data on an example of biological sewage treatment of these manufactures is cited.

Keywords: sewage treatment, biochemical manufactures, surface-active substances of a microbiological origin.

Развитие биохимических производств отмечается в большинстве развитых стран мира, в том числе и в Российской Федерации. Широкий ассортимент продукции и получение веществ в большинстве случаев биотехнологическим способом приводит к тому, что сточные воды биохимических производств загрязнены, как правило, большим количеством органических загрязнений. Последнее приводит к тому, что в подавляющем большинстве случаев необходимо использование биологической очистки образующихся сточных вод. Практика эксплуатации большинства биологических очистных сооружений показывает, что этим способом очистка сточных вод биохимических производств не приводит к достижению нормативного качества, позволяющего осуществить сброс биологически очищенных вод в открытый водоем без заметного повышения на него антропогенной нагрузки.

Наш длительный опыт работы в этой области указывает на целесообразность использования флотации в процессе биологической очистки, в частности, на стадиях предварительной очистки и при сгущении избыточного активного ила [1–2]. При этом на стадии сгущения избыточного активного ила экспериментально установлено, что повышение степени извлечения микробных клеток активного ила из жидкости напорной флотацией может быть достигнуто добавлением поверхностно-активных веществ микробиологического происхождения (ПАВ МП). Разработанный способ получения ПАВ МП включает кислотный гидролиз биомассы избыточного активного ила при $\text{pH} = 1..3$ (рис. 1). При таких значениях pH происходит разрушение микробных клеток до отдельных сегментов и различных веществ, проявляющих поверхностно-активные свойства (рис. 2). Добавление ПАВ в суспензию активного ила позволяет существенно повысить степень извлечения микробных клеток из иловой жидкости (рис. 3), и тем самым заметно снизить нагрузку на аэротенк.

При этом для достижения большего эффекта целесообразно снизить нагрузку на аэротенк также

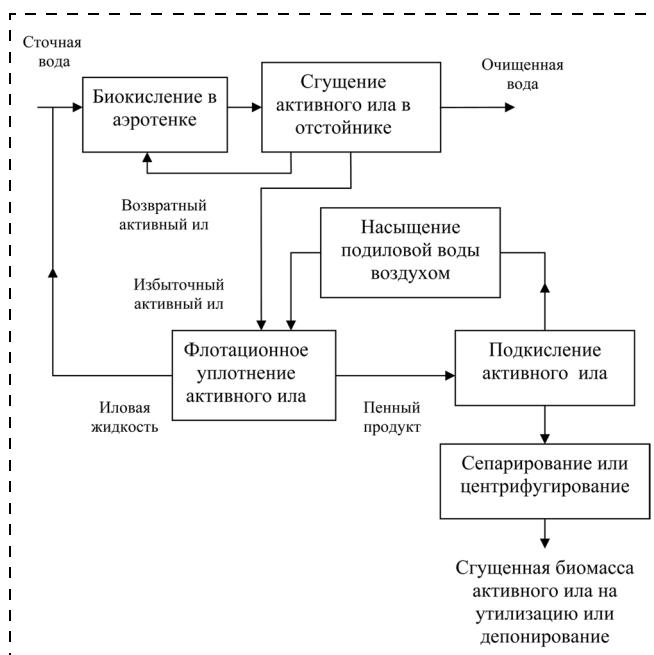


Рис. 1. Схема биологической очистки сточных вод с флотацией активного ила с подкислением

за счет использования предварительной физико-химической очистки, в том числе с использованием флотации (рис. 4).

Предлагаемая перспективная схема очистки сточных вод проверена в лабораторных и опытных условиях. Эффект от ее использования заключается в повышении степени очистки сточных вод биохимических производств в 1,5–2 раза и приводит в большинстве случаев к достижению нормативного качества очищенных сточных вод по основным показателям, в частности, по БПК_п, ХПК, взвешенным веществам и биогенным элементам. Существенным преимуществом предлагаемой технологии перед известными является также обработка активного ила как возвратного, так и избыточного. В России ежегодно образуется примерно 1,5...2,0 млн т избыточного активного ила. Постоянное накопление такого многотоннажного отхода создает определенные трудности с его хранением. Использование его как в России, так и в других странах сильно ограничено [1]. В первую очередь это обусловлено присутствием различных токсичных загрязнений, присутствующих в биомассе избыточного активного ила. Известный опыт использования избыточного активного ила городских очистных сооружений в качестве удобрения в 1970–1980-х годах в СССР показал, что сельскохозяйственная продукция, выращенная в таких условиях, содержала в значительных коли-

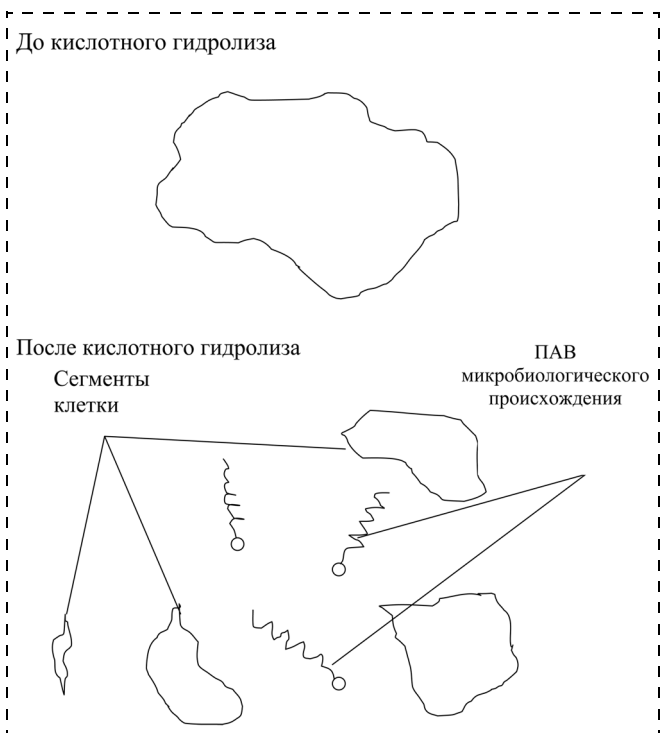


Рис. 2. Схема разрушения микробной клетки после кислотного гидролиза

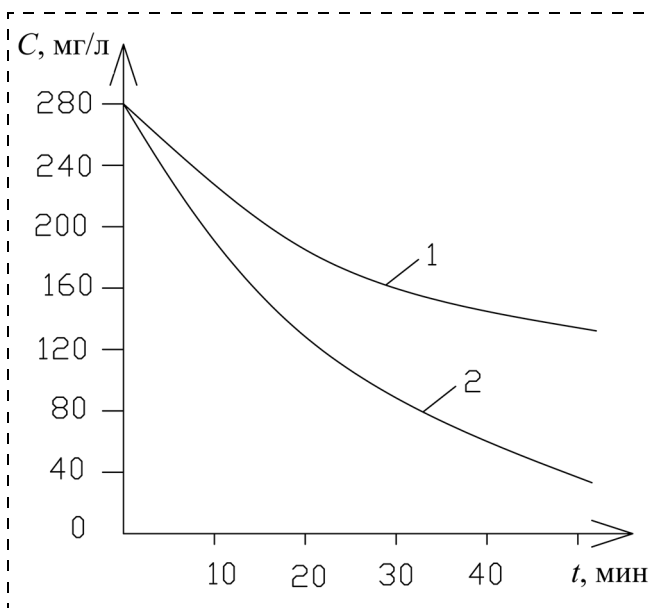


Рис. 3. Эффективность извлечения микробных клеток из иловой жидкости флотацией: 1 – контроль (без добавления ПАВ); 2 – с использованием ПАВ микробиологического происхождения

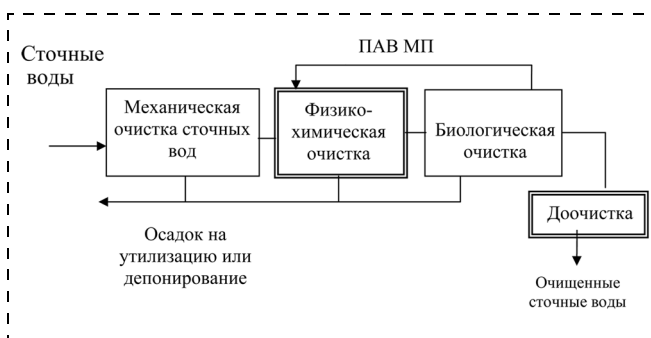


Рис. 4. Схема перспективной очистки сточных вод биохимических производств:
 — Проектируемые сооружения
 — Существующие сооружения

чествах особо вредные вещества, в том числе кадмий, ртуть и т. п.

Некоторые попытки использования избыточного активного ила городских очистных сооружений в качестве удобрения предпринимаются и в нынешней России. По нашему мнению, такие попытки не лишены смысла, но разработчики такого подхода должны четко представлять, что избыточный активный ил, образующийся при совместной очистке промышленных и бытовых сточных вод, потенциально может содержать многие вредные вещества в количествах, представляющих в ряде случаев большую опасность для человека.

Согласно развиваемому подходу обработка избыточного активного ила должна осуществляться дифференцированно в зависимости от качественного



состава загрязнений, присутствующих в сточных водах, очищаемых биологическим способом. Отработка различных способов обработки и утилизации избыточного активного ила проводилась нами в течение последних примерно 30 лет преимущественно на очистных сооружениях биотехнологических предприятий, где состав избыточного активного ила относительно постоянен и не содержит токсичных загрязнений. Разработка и внедрение таких способов использования активного ила, практически не содержащего токсичных загрязнений, может определять потенциальные направления утилизации этого многотоннажного отхода.

Использование избыточного активного ила в качестве удобрения применяли в виде компоста, приготовленного путем смешивания с торфом и созревания смеси в течение 2...3 месяцев.

Существующие способы предварительного сгущения избыточного активного ила связаны в основном с использованием гравитационного или флотационного способов его уплотнения. Более широкое использование гравитационного уплотнения по сравнению с флотационным объясняется универсальностью и простотой этого способа. Однако этот способ предварительного сгущения активного ила имеет существенный недостаток, связанный с длительностью процесса, достигающей в ряде случаев 6...10 ч, причем с пребыванием ила в анаэробных условиях, что иногда приводит к загниванию биомассы активного ила. Более перспективным, по нашему мнению, является флотационный способ предварительного сгущения активного ила, осуществление которого проходит, как известно, в аэробных условиях, что одновременно позволяет вести его регенерацию в пенном режиме.

Флотационная технология сгущения активного ила позволяет решить задачу предварительного сгущения как для его возврата на стадию очистки в аэротенк, так и для его последующего обезвоживания и утилизации. В первую очередь это относится к определению возможностей использования колонных флотационных аппаратов для очистки сточных вод, которые до настоящего времени практически не применялись в практике очистки промышленных и бытовых стоков.

Следует отметить, что сгущение избыточного активного ила биохимических производств может быть осуществлено в основном процессе получения биомассы микроорганизмов, например при получении биомассы дрожжей рода Кандида. Проведенные опытно-промышленные испытания получения биомассы дрожжей рода Кандида как на углеводород-

так и на углеводсодержащем субстратах показали, что добавление избыточного активного ила (или микробной биомассы) в количестве 3...5 % от всего количества дрожжевой биомассы позволяет получить готовый продукт, удовлетворяющий всем нормативным требованиям этого класса веществ.

Таким образом, в дрожжевом производстве при использовании биологической очистки избыточный активный ил может полностью быть утилизирован в виде готового продукта. При этом содержание белка в готовой продукции остается практически на том же уровне, как и без добавления активного ила в дрожжевую биомассу.

В отдельных случаях биомассу активного ила можно использовать для технических целей, например, в качестве компоненты бурового раствора. При этом, как показали результаты исследований, проведенных в лабораторных условиях, и опытно-промышленных испытаний практически полностью возмещается использование достаточно дорогой компоненты — карбоксиметилцеллюлозы. В этом случае биомассу активного ила с содержанием влаги не более 10 % поставляют на место проведения буровых работ, где и готовится рабочий буровой раствор. Такая технология утилизации проверена в промышленных условиях с получением положительных результатов.

Другие способы утилизации биомассы активного ила биохимических производств не получили какого-либо широкого распространения и в этой связи не представляют практического интереса.

Выводы

1. Предложен способ интенсификации биологической очистки сточных вод биохимических производств путем добавления поверхностно-активных веществ микробиологического происхождения.
2. Разработана технология получения поверхностно-активных веществ микробиологического происхождения путем подкисления активного ила.
3. Рассмотрены пути утилизации биомассы избыточного активного ила. Отмечены наиболее перспективные направления использования активного ила биохимических производств в народном хозяйстве.

Список литературы

1. Ксенофонов Б. С. Очистка сточных вод: флотация и сгущение осадков. — М.: Химия, 1992. — 144 с.
2. Ксенофонов Б. С. Очистка воды и почвы флотацией. — М.: Новые технологии, 2004. — 224 с.

О. М. Терентьев, канд. техн. наук, доц., **Е. А. Можаровская**, асп.,
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт"

Устройство для очистки рабочей жидкости под воздействием магнитного поля

Проведен анализ устройств магнитной обработки жидкости. Предложено новое решение по проектированию магнитной аксиально-симметричной системы для непосредственного удаления примесей из потока рабочей жидкости.

Ключевые слова: рабочая жидкость, очистка, магнитное поле.

Terent'ev O. M., Mozharovskays E. A.
Device for cleaning of working liquid under act of magnetic field

Is conducted the analysis of devices for magnetic treatment of liquid. Is offered new solution on planning of the magnetic axial-symmetric system for the direct deleting of admixtures from the stream of working liquid.

Keywords: working liquid, cleaning, magnetic field.

Введение

К рабочей жидкости предъявляются следующие требования [1—3]: негорючесть, высокие смазочные свойства, стабильность (способность хранить свои свойства при эксплуатации и хранении под действием механических и физико-химических факторов), чистота, качество, противокоррозионные свойства, инертность (жидкость не должна влиять на материалы, из которых изготовлена гидросистема), отсутствие стойкой пены, нетоксичность, низкая стоимость. Этим требованиям отвечает водяная эмульсия. Она представляет собой коллоидную систему, изготовленную таким образом, что в среде одной жидкости (воды) находятся во взвешенном состоянии капли другой жидкости — эмульсора. В качестве эмульсора используется минеральное масло с антикоррозионными и поверхностно активными веществами (1...5 %) [3]. Основные физические свойства эмульсии отвечают свойствам воды [2].

Качество и чистота рабочей жидкости являются решающими факторами для эксплуатационной безопасности, надежности, экономичности и срока службы гидравлического оборудования. В свою очередь, качество и чистота водной эмульсии зависит от качества воды.

Для очистки водной среды используют по большей части механические и химические (в том числе биологические) способы очистки. Они обеспечивают очистку жидкости от биоактивных и взвешенных веществ. Однако на надежность и долговечность работы гидравлического оборудования влияют также высокомолекулярные вещества и электролиты, которые плохо поддаются традиционным способам очистки. Наиболее эффективными для уменьшения примесей в составе жидкости являются физические способы, которые способствуют высвобождению внутренней энергии самой воды и не изменяют химический состав.

Классификация физических способов обработки воды [4] представлена на рис. 1. Общее количество возможных комбинаций обработки водной среды физическими способами может быть представлено цифрой 1048576 [4].

В настоящей статье рассмотрена магнитная обработка жидкости, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с другими физическими способами: действует на все группы примесей; влияет как на химические, так и на физические процессы в жидкости; приводит к высвобождению внутренней энергии среды в результате разрушения электромагнитных связей между молекулами жидкости и примесей, активизирует жидкость. Главным преимуществом при очистке жидкости от ионов примесей является возможность управления движением ионов в магнитном поле, и, следовательно, непосредственное удаление ионов примесей из потока. Магнитная обработка жидкости нашла свое приложение во многих отраслях промышленности, что в свою очередь, подтверждает эффективность таких устройств. Однако отсутствуют определенные критерии эффективности такой обработки.

Наряду с широким применением устройств магнитной обработки жидкости следует отметить отсутствие общепризнанных и экспериментально подтвержденных теоретических оснований, которые объясняют физико-химические процессы, которые происходят при обработке магнитным полем жидкости на функциональном уровне. Существует ряд противоречивых теоретических положений, которые раскрывают лишь определенную часть физических

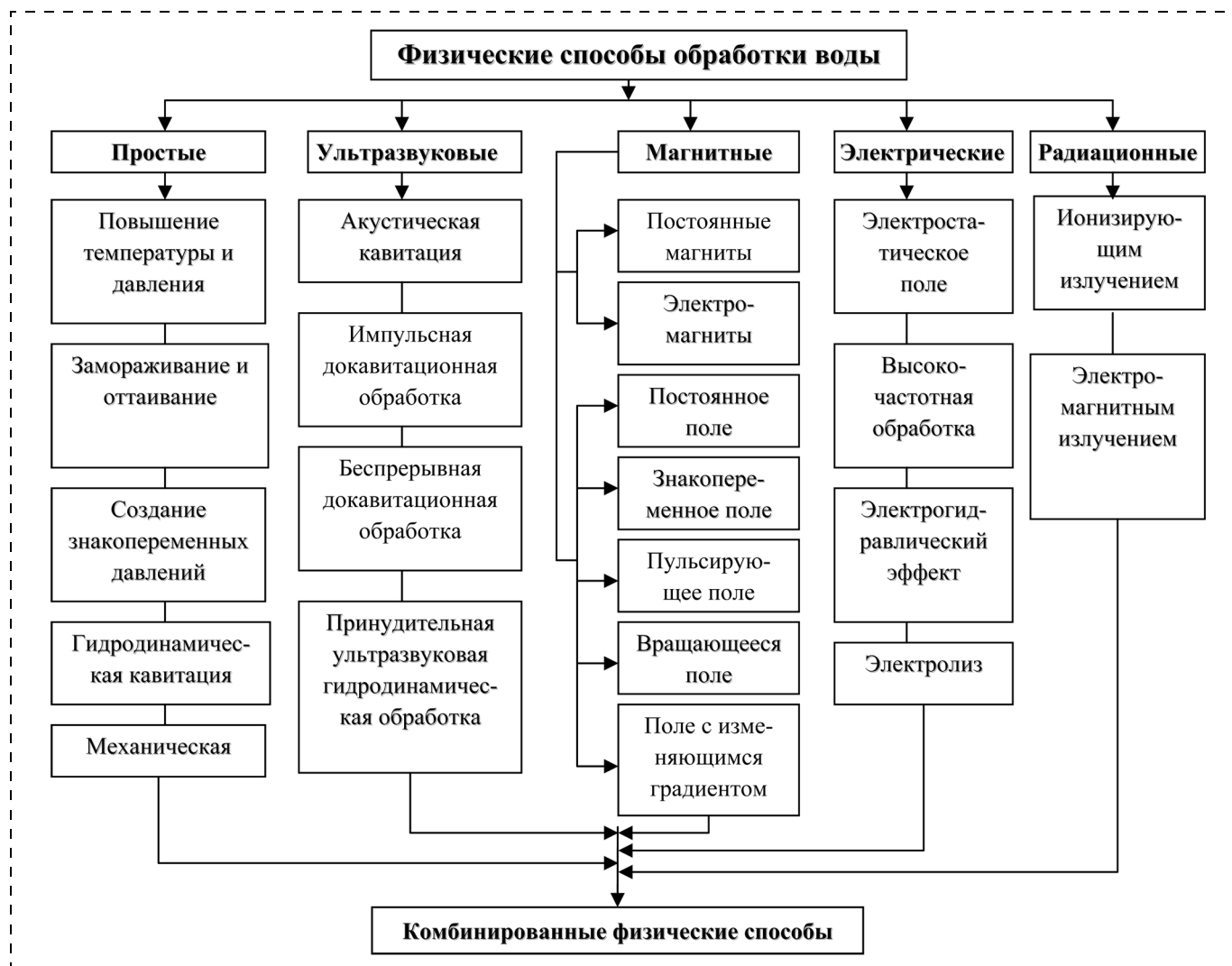


Рис. 1. Классификация физических способов обработки воды

или химических процессов, однако дают частичное обобщенное объяснение эффекту магнитной обработки жидкости.

Анализ существующих устройств магнитной обработки жидкости

В настоящее время выпускают два типа аппаратов для магнитной обработки воды — с постоянными магнитами и электромагнитами. Устройства магнитной обработки воды состоят из нескольких пар постоянных магнитов или электромагнитов, между полюсами которых протекает вода. С точки зрения энергосбережения и взрывобезопасности для исследования выбрано устройство с постоянными магнитами.

Для повышения эффективности воздействия на воду используют магнитные устройства с симметричным магнитным полем.

Поток вязкой жидкости сводится, из молекулярно-кинетической точки зрения, к трансляционному движению ионов и молекул жидкости в направлении движения прилагаемой силы. Будем считать жидкость механической системой, которая состоит из независимых частиц (ионов) и молекул воды, которые находятся в тепловом движении.

Векторная схема сил, действующих на ион примеси для аксиально-симметричного продольного магнитного поля представлена на рис. 2. Поток жидкости до магнитного устройства движется с постоянной скоростью v_0 вдоль оси Oz , направление которой совпадает с осью магнитного устройства. На участке пути действия магнитного поля с индукцией B , которое медленно изменяется, ионы примесей двигаются по винтовой траектории. Это обусловлено суммой двух движений по кругу, вследствие действия силы Лоренца F_H и вдоль осевой линии, вслед-

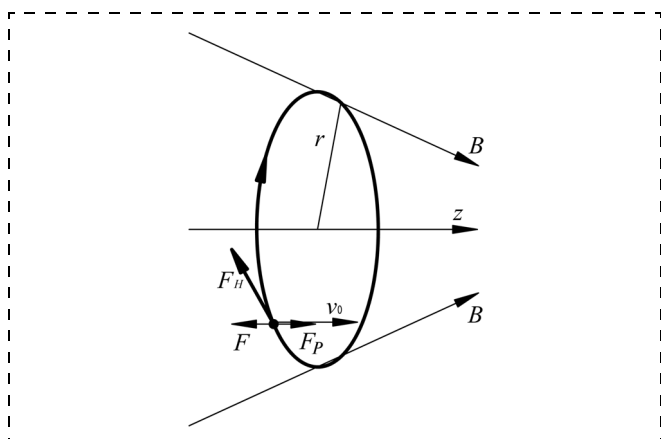


Рис. 2. Векторная схема сил, действующих на заряженную частицу в аксиально-симметричном продольном магнитном поле

ствии действия силы, обусловленной параметрами гидросистемы F_P . Круг, по которому движется заряженная частица, называется ларморовым. В зависимости от изменения величины напряженности магнитного поля, вдоль траектории движения заряженной частицы происходит одновременно изменение радиусов r витков винтовой линии. Изменяется крутизна винтовой линии, т. е. изменяется угол, который составляет траектория с направлением силовых линий — направлением индукции магнитного поля B . В поле, где силовые линии сходятся, появляется составляющая результирующей силы всех сил F , направленная перпендикулярно к плоскости ларморового круга. Эта сила пытается вытолкнуть частицу из области большей напряженности поля. На этом принципе и базируется действие магнитной ловушки. Аксиально-симметричное продольное магнитное поле имеет следующие преимущества: закручивание примесей в продольном направлении относительно движения потока жидкости и увеличение времени действия магнитного поля на ионы примесей, следовательно, и эффективности влияния.

Устройства магнитной подготовки водной среды с использованием аксиально-симметричного продольного магнитного поля состоят из трубы из немагнитного материала, по которой течет поток обрабатываемой жидкости, и постоянных кольцевых магнитов, расположенных вокруг трубы. Главное преимущество устройств — простота изготовления и эксплуатации.

Под действием аксиально-симметричного поперечного магнитного поля заряженная частица выполняет колебательное движение на грани магнитного поля. Векторная схема действия сил на ионы примесей при прохождении аксиально-симметричного поперечного магнитного поля представлена на рис. 3. За счет ионизации примесей под дейст-

вием магнитного поля и разницы концентраций катионов и анионов в жидкостной среде возникает электрическое поле, которое действует на ион с силой F_E . Взаимодействие постоянного аксиально-симметричного поперечного магнитного поля и электрического поля влияет на траекторию движения заряженной частицы. Действие электрического поля приводит к затуханию этих колебаний.

Преимущества рассмотренных устройств — закручивание примесей в поперечном к движению потока жидкости направлении, затухание колебаний под действием электрического поля и возможность управляемого влияния на ионы примесей с последующим их удалением. Недостатки — ограничение размеров проходного отверстия устройства в результате зависимости напряженности магнитного поля от расстояния.

В устройствах с аксиально-симметричным поперечным магнитным полем магниты (постоянные или электромагниты) расположены в потоке водной среды (внутри трубы устройства), а сама труба используется в качестве составляющей магнитной цепи и выполняется из магнитного материала. Преимущество этого устройства — высокий КПД магнитного влияния (коэффициент использования магнитного поля в кольцевом зазоре составляет 0,8...1,0 [5]), недостаток — необходимость защиты магнитов от коррозии в результате их расположения непосредственно в потоке.

Были исследованы также устройства с аксиально-симметричным поперечным магнитным полем с точки зрения возможности управления движением ионов примесей (возможности их удаления непосредственно из потока) и высокого КПД магнитного влияния.

Известно устройство для магнитной подготовки воды [6], состоящее из корпуса с центровым обтекающим телом и магнитной системой, которые образуют кольцевой канал, разделенный на ряд винтовых каналов с помощью винтовых перепонок, ус-

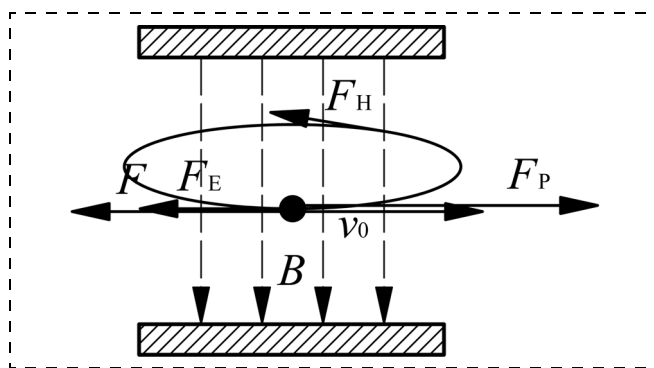


Рис. 3. Векторная схема сил, действующих на заряженную частицу в аксиально-симметричном поперечном магнитном поле

тановленных попарно, а в пазах перепонок установлены постоянные магниты. Недостатками устройства является создание дополнительного гидравлического сопротивления, неуправляемость подготовки водной среды магнитным полем.

Как описано в работе [7], за счет конструктивных свойств вода многократно изменяет направление движения: в аксиальном направлении — по кольцевой камере и центральному каналу, в радиальном направлении от периферии к центру и в противоположном направлении по отверстиям между магнитными кольцами. Это способствует увеличению времени пребывания частиц примесей под действием магнитного поля, однако повышает гидравлическое сопротивление устройства.

В работе [7] представлено также устройство ПМУ-1, которое состоит из 3...5 типичных, последовательно соединенных, секций. Принцип работы устройства аналогичен предыдущему. Главное преимущество — возможность изменять активную длину распространения магнитного поля за счет секционности устройства.

Известно также устройство для магнитной подготовки водной среды — магнитогидродинамический активатор [8], который включает цилиндрический немагнитный корпус, магниты, полюсники и булавку из немагнитного материала. Магниты

и полюсники установлены на внутренней поверхности немагнитного корпуса, полюсники и булавки выполнены большего внешнего диаметра, чем магниты, причем полюсники крайних магнитов корпуса и булавки противоположны по знаку и соединены в магнитную систему двумя ферромагнитными шайбами, которые имеют каналы, а магниты, полюсники, булавки и корпус образуют кольцевой канал концентрически оси активатора. Недостатком рассмотренного устройства является зона отрыва потока жидкости от стенок трубопровода за счет разницы диаметров магнитов и полюсников, накопления ионов примесей в этой области, которая снижает эффективность такого устройства.

Этот недостаток устранен в устройстве для магнитной подготовки текучих сред "Гидромультиполь" [9], который избран как прототип. Устройство для магнитной подготовки текучих сред, которое состоит из выполненного из немагнитного материала стакана, внутри которого размещена магнитная система, и трубы, через которую течет обрабатываемая среда. Магнитная система складывается из попеременно установленных магнитов и полюсных наконечников таким образом, что каждому магниту отвечает пара наконечников, а указанная магнитная система содержит по крайней мере один магнит, при этом устройство дополнительно

содержит по крайней мере один элемент для закрепления стакана с магнитной системой внутри трубы. Главным недостатком устройства является неуправляемое влияние магнитного поля на водную среду.

Разработка магнитной аксиально-симметричной системы очистки рабочей жидкости

На основе физико-математической модели, приведенной в работе [10], разработана магнитная аксиально-симметричная система МАКСи (рис. 4). Магнитная аксиально-симметричная система обработки жидкостных сред содержит попеременно установленные магниты, расположенные одинаковыми полюсами друг к другу и полюсные наконечники. Каждому магниту отвечает пара наконечников, а указанная магнитная система содержит, по крайней мере, один магнит. Магниты и полюсные наконечники имеют одинако-

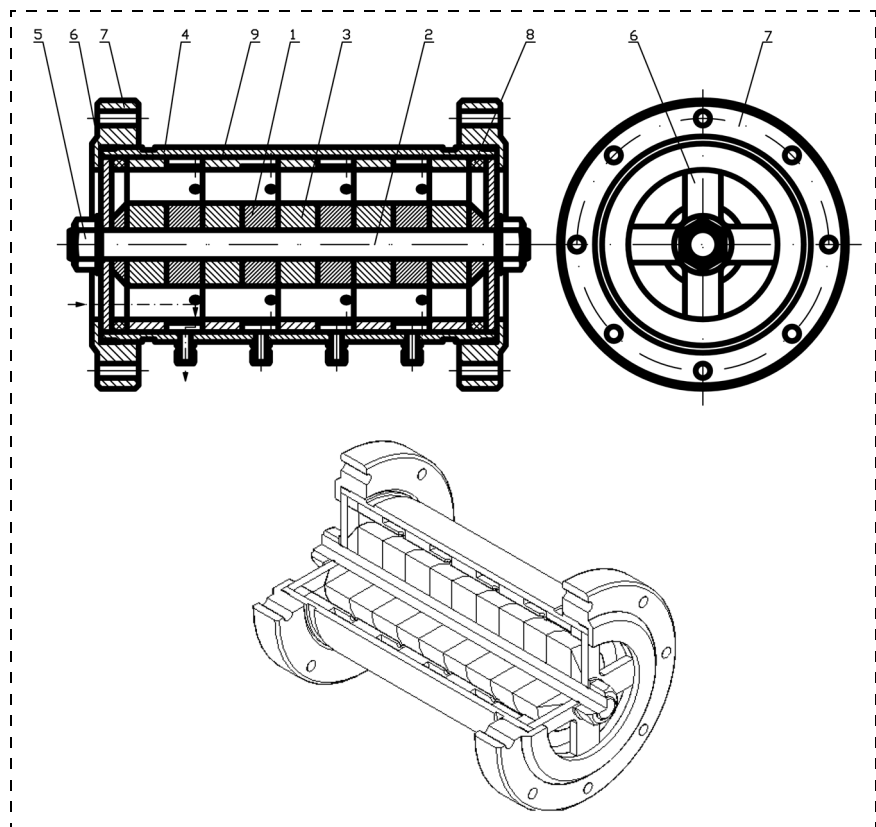


Рис. 4. Магнитная аксиально-симметричная система МАКСи



вые размеры и форму, расположены в трубе и образуют с ней кольцевой канал. Магнитная система отличается тем, что магниты и полюсные наконечники имеют кольцевую форму, расположены на вале из немагнитного материала, закрепленном за счет резьбового соединения к фиксаторам, которые в свою очередь фиксируются фланцем и уплотняющей прокладкой. В трубе выполнены каналы отведения, соединенные со вспомогательным баком через электромагнитный клапан. Кольцевой магнит, пара наконечников и внутренний накопитель образуют секцию магнитной системы.

Устройство содержит кольцевые магниты 1 и полюсные наконечники 3, установленные на вал 2 из немагнитного материала, которые образуют с трубой 4 магнитную цепь. Вал 2 закреплен в магнитном устройстве с помощью резьбового соединения гайками 5 к фиксаторам 6, которые в свою очередь фиксируются фланцем 7 и уплотняющей прокладкой 8. Под действием магнитного поля заряженные частицы примесей смещаются к внутренним накопителям 9 и остаются там. Через каналы отведения в трубе 4 частицы примесей удаляются из потока с помощью электромагнитного клапана во вспомогательный бак (на рис. 4 не изображено). Каналы отведения сформированы с помощью труб малого диаметра с внешней резьбой, с одной стороны, припаянные к трубе 4, коаксиально к отверстиям в ней, с другой стороны.

Устройство может использоваться в любой отрасли, где необходима подготовка и очистка воды.

Выводы

Разработанная магнитная аксиально-симметричная система для обработки водной среды отличается

от существующих тем, что в ней используется принцип непосредственного и непрерывного удаления ионов примесей жидкости путем вытеснения их аксиально-симметричным постоянным магнитным полем к периферии корпуса, где они накапливаются в кольцевом канале внутреннего накопителя и через отверстия в корпусе удаляются с помощью каналов отведения.

Список литературы

1. **Гейер В. Г.** Гидравлика и гидропривод / Гейер В. Г., Дулин В. С., Заря А. Н. / 3-е изд. — М.: "Недра", 1991. — 331 с.
2. **Ковалевский В. Ф.** Справочник по гидроприводам горных машин / Ковалевский В. Ф., Железняков Н. Т., Бейлин Д. Е. / 2-е изд. — М.: Недра, 1973. — 504 с.
3. **Астахов А. В.** Гидропривод рудничных машин / Астахов А. В., Пономаренко Ю. Ф. / 2-е изд. — М.: Недра, 1981. — 197 с.
4. **Терентьев О. М.** Аналіз та синтез способів та засобів обробки робочої рідини гідросистем гірничих машин / Терентьев О. М., Можаровська О. А., Ворфоломеев А. В. // Вісник НТУУ "КПІ". — Серія "Гірництво". — 2008. — № 16. — С. 73—80.
5. **Варичев О. В.** Исследование аппаратов для магнитной обработки воды / Варичев О. В. — Ростов на Дону: Ленинец, 1966. — 51 с.
6. **Аппарат** для магнитной обработки вод. Патент RU № 2053202, С 02 F 1/48, от 27.01.96, Брейво А. Э. и др. Самарский опытно-экспериментальный завод.
7. **Классен В. И.** Омагничивание водных систем / Классен В. И. / 2-е изд. — М.: Химия, 1982. — 296 с.
8. **Магнітогідродинамічний активатор.** Патент UA № 41692, С 02 F 1/48, від 17.09.2001, Тарабарінов П.В. та ін., Нафтогазовидобне управління "Охтирканафтогаз", Центральна науково-дослідна лабораторія, ВАТ "Укрнафта".
9. **Пристрій** для магнітної обробки текучих середовищ "Гідромультіполь" (Варіанти). Патент UA № 55900, С 02 F 1/48, від 15.04.2003, Чумаєвський М. Б., Чумаєвський К. М., Санченко О. В. Науково-виробниче приватне підприємство "Атліс".
10. **Терентьев О. М.** Фізико-математична модель руху заряджених частинок водного середовища в постійному аксиально-симетричному поперечному магнітному полі пасти / Терентьев О. М., Можаровська О. А. // Наукові вісті НТУУ "КПІ". — 2007. — № 3. — С. 94—100.

ИНФОРМАЦИЯ

5-я Юбилейная Центрально-Азиатская Международная выставка "ЭкоТехнологии и ЭкоУслуги для Промышленности и Муниципального хозяйства" EcoTech'09

16—18 сентября 2009 г.

Алматы, Казахстан

Основная специализированная выставка в Казахстане и Центральной Азии представит ведущие международные и отечественные компании, занятые в области сбора, утилизации, переработки и размещения промышленных и бытовых отходов, водоочистки и очистки сточных вод, рециклинга, очистки газов и воздуха, почвы, охраны труда и промышленной безопасности, систем аналитического контроля и ресурсосбережения.

Тел: +7 (7272) 583 434, Факс: + 7 (7272) 583 444

E-mail: ecotech@iteca.kz

website: <http://www.ecotech.kz>

УДК 614.841.41:543.27

С. Н. Беседин, канд. техн. наук, доц.,
Волгоградский государственный педагогический университет

Новый подход к диагностике и прогнозу формирования предпожарной ситуации в энергонасыщенных помещениях

В целях разработки перспективных устройств диагностики предаварийных ситуаций в энергетически насыщенных помещениях, в частности, пожароопасных (ПОС) и пожаровзрывных (ПВЗС) необходимо на молекулярном уровне знать закономерности формирования продуктов термодеструкции (ПТД) в этих помещениях. Поэтому проведены исследования ПТД и термоокисления (ПТО) различных, кабельных и электроизоляционных материалов, горючесмазочных веществ, лакокрасочных покрытий и других материалов в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра. Анализ полученных закономерностей позволяет разработать устройство раннего обнаружения пожароопасной ситуации и его количественного прогноза в целях минимизации ущерба.

Ключевые слова: предпожарная ситуация, энергетически насыщенные помещения, продукты термодеструкции, метод молекулярной инфракрасной спектроскопии, энергия диссоциации (разрыва) химических связей молекул, электроизоляционные материалы, горюче-смазочные вещества, углеводородные радикалы, хлорсодержащие радикалы, кислородсодержащие радикалы, устройство диагностики.

Besedin S. N. *New to come for diagnostics and forecasting a pre-hazard situation in energy overloaded compartments.*

For developing perspective diagnostic devices for pre-hazard situation in energy overloaded compartments, particularly fire hazard (FHS) and fire explosion hazard situations (FEHS) it is necessary to know at the molecular level the principals of forming thermo destruction products in these compartments. Using molecular infra-red (IR) spectroscopy method while studying the thermo destruction products of different electro insulating materials and fuel and lubricants and analyzing the received infra-red absorption spectra revealed that allows to develop the devices for diagnostics the fire hazard and fire explosion hazard situations, forecast its dynamic on the quantity and quality level and thus minimize the economic damage and losses among the population.

Keywords: pre-hazard situation, energy overloaded compartments, thermo destruction products (PTD), molecular infra-red (IR) spectroscopy method, energy of breakage of chemical links of moleculars, electro insulating materials, fuel and lubricants, hydrocarbon radicals C—H, chloride radicals C—Cl, radicals containing oxygen, device for diagnostic.

1. Введение

Основной круг задач, обычно стоящих перед специалистами по системам безопасности, в большинстве случаев достаточно типичен. Возможно раннее обнаружение пожароопасной ситуации, ее идентификация и эффективное воздействие на нее.

Так как не существует абсолютно идентичных объектов, то применяемый подход для обеспечения того или иного уровня безопасности в настоящее время примерно одинаков для всех случаев и входит в рамки обобщенной алгоритмизации.

Но, тем не менее, решение поставленных задач стандартными способами и типовыми устройствами довольно проблематично.

Вот несколько примеров поставленных задач:

— каким образом обнаружить заранее пожароопасную ситуацию до момента воспламенения в помещениях с разной энергонасыщенностью;

— как обнаружить пожароопасную ситуацию в помещениях, содержащих углеводородные топлива различной летучести, до достижения кризиса;

— как обеспечить системой пожарную безопасность помещений музеев, где возможность кабельной разводки ограничена, а установка пожарных извещателей в помещениях проблематична;

— как надежно обеспечить пожарную безопасность в больших цехах заводов, ангарах, тоннелях, шахтах в условиях высокого "шума" и большом количестве извещателей.

Эффективным решением этих и других сложных задач могут служить системы ранней диагностики пожароопасной ситуации, основанные на методе инфракрасной спектроскопии. В свою очередь, энергонасыщенность защищаемых помещений может быть оценена критерием в виде отношения суммарных мощностей расположенных в нем потребителей тока и транзитных кабельных трасс к площади самого помещения. Значения этого критерия в зависимости от класса и назначения помещения в номинальном режиме использования потребителей могут изменяться в широком диапазоне от 0,5 до 200 кВт/м².

2. Состояние проблемы и результаты исследования продуктов термодеструкции методом ИК-спектроскопии

Эффективным решением этих и других сложных задач могут служить системы ранней диагностики пожароопасной ситуации.



Для создания в энергонасыщенных помещениях перспективных диагностических устройств пред-аварийных ситуаций, в частности пожароопасных (ПОС) и пожаровзрывоопасных (ПВОС), необходимо на молекулярном уровне знать закономерности формирования продуктов термодеструкции в этих помещениях. Решить эту многоплановую проблему можно только с помощью современных физических методов, одним из которых является метод молекулярной инфракрасной (ИК) спектроскопии.

Изучение этим методом продуктов термодеструкции различных кабельных, электроизоляционных материалов, горюче-смазочных веществ и лакокрасочных покрытий, а также анализ полученных РЖ-спектров поглощения [1, 2, 3] показал, что такими в основном являются ненасыщенные углеводороды, которые проявляются в ряде частотных диапазонов. При этом, энергия диссоциации (разрыва) химических связей многоатомных молекул органических материалов и веществ колеблется от 415 (связь С—Н) до 957 (связь С≡С) кДж/моль, что при определенных условиях приводит к разрыву связей и выносу радикалов в окружающую среду [4].

Продукты термического разложения разнообразных органических материалов могут образовываться под воздействием как нештатного источника теплоты или перегрузки по току кабельных трасс, так и электрической дуги (искрения на кабельных трассах). При этом важную роль в образовании продуктов окисления играет озон, который появляется при возникновении искрения, перегрузках в кабельных пучках. Озон с разной скоростью окисляет все органические материалы [5]. При этом, процессы термоокисления и термодеструкции усиливаются высокой температурой в месте образования электрической дуги или при медленно протекающих процессах.

Старение полимеров под воздействием температуры и озона усиливают выход в окружающую среду продуктов разложения — радикалов. Радикалы рекомбинируют в окружающей среде и являются потенциальными носителями информации о формируемой пожароопасной ситуации. Наибольшая скорость термоокисления происходит при реакции с двойными связями. Реакция озона со связями С—Н подчиняется бимолекулярному закону. Ряд продуктов разложения состоит из общего для них радикала типа С—Н, который имеет сильную полосу поглощения в среднем инфракрасном диапазоне спектра в области волновых чисел 3000...2700 см⁻¹.

Анализ инфракрасных спектров поглощения показал, что к общим газовым компонентам, выделяющимися при термодеструкции различных органических материалов (горючесмазочных, лакокрасочных, электроизоляционных материалов и т. д.) относятся также молекулярные фрагменты вида С—Х, в состав которых входят метильная группа СН₃, имеющая асимметричное дважды выражен-

ное колебание связей С—Н с волновым числом 2965 см⁻¹, метиленовая группа СН₂ с асимметричным колебанием связей С—Н с волновым числом 2925 см⁻¹ [3] и другие разнообразные радикалы этого типа. Колебания названной группы радикалов (связь С—Н) имеет сильную интенсивную полосу поглощения в ИК-спектре [9], что позволяет при небольшом количестве молекул одной из газовых компонент обнаружить по спектру поглощения пожароопасную ситуацию.

Частой причиной возникновения пожара является снижение сопротивления изоляции, которое сопровождается возникновением искрения с последующим нагревом и потенциальной возможностью образования искрения, электрической дуги и в последующем воспламенения электроизоляционных материалов.

В результате перегрева, связанного с воздействием электрической дуги, образуются продукты термического разложения: углеводородные радикалы вида С—Сl, а также большое количество компонентов, которые можно охарактеризовать как содержащие перекисную группу О—О (кислородосодержащие радикалы).

3. Результаты исследования и полученные качественные закономерности

Газовые компоненты, образующиеся в результате пожара, подразделяются на три группы. К первой группе относят углеводородные радикалы, рассмотренные выше. Ко второй — хлорсодержащие радикалы (связь С—Сl), которые имеют очень сильную интенсивность поглощения в диапазоне волновых чисел 720...760 см⁻¹ и образуются в результате термодеструкции хлорсодержащих органических материалов: поливинилхлорид (...—СН₂СНСlСН₂СНСl—...)_n; полихлорвинил (—С₂Сl₄—)_n; резиновые изделия, полученные вулканизацией хлоропренового каучука и т. д. [7].

Проведенная идентификация газовых компонентов, образующихся при термодеструкции хлорсодержащих материалов, показывает, что таковыми являются: метилхлорид (СН₃Сl) — связь С—Сl, полоса 720...740 см⁻¹; тетрахлорэтилен (С₂Сl₄Н₂) — связь С—Сl, полоса 750...760 см⁻¹; этиленхлорид (С₂Н₄Сl₄) — связь С—Сl, полоса 725...740 см⁻¹; винилхлорид (С₂Н₃Сl) — связь С—Сl, полоса 720...740 см⁻¹ и т. д. [6].

К третьей группе газовых компонент относят кислородсодержащие радикалы, образующиеся в результате искрения и возникновения электрической дуги. Эти радикальные соединения образуются в результате окисления озоном продуктов термодеструкции до кислородсодержащих соединений. В эту группу входят газовые компоненты со следующими частотами поглощения [6]: озон О₃, связь



—O—O—O— 1103, 1042 cm^{-1} ; формальдегид CH_2O , связь —C—O— 2843, 1169 cm^{-1} ; муравьиная кислота HCOOH , связь —O—O— 1105, 1033 cm^{-1} ; озониды — 1064...1042 cm^{-1} ; перекиси, связь ROOR — 820...890 cm^{-1} ; гидроперекиси, связь R—O—O—O—OH — 920...890 cm^{-1} и т. д. [8]. Образующийся в результате электрической дуги озон интенсивно окисляет продукты термодеструкции до перекисных радикалов, которые обнаруживаются по полосе средней интенсивности поглощения в диапазоне волновых чисел 800...900 cm^{-1} .

Таким образом, обнаружить и распознать пожароопасную и пожаровзрывоопасную ситуации можно на ранней стадии этих ситуаций на фиксированных частотах в ряде диапазонов поглощения.

Первый диапазон — фиксированное волновое число C—H в диапазоне 3000...2700 cm^{-1} , в котором поглощают ИК-излучение всевозможные углеводородные радикалы вида C—H, образующиеся в результате термодеструкции всех существующих органических соединений, включая биомассы, горючесмазочные, электроизоляционные, лакокрасочные и т. д.

Второй диапазон — фиксированное волновое число в диапазоне волновых чисел с центрами в 2350 и 668 cm^{-1} , в котором ИК-излучение поглощают диоксиды углерода вида C=O;

Третий диапазон — фиксированное волновое число в диапазоне волновых чисел с центром в 2175 cm^{-1} , в котором ИК-излучение поглощают оксиды углерода вида C—O;

Четвертый диапазон — фиксированные волновые числа 1260 и 756 cm^{-1} , в котором ИК-излучение поглощают диоксиды азота NO_2 , связь N=O с очень сильной интенсивностью, образующиеся при термическом разложении;

Пятый диапазон — фиксированное волновое число в диапазоне 800...900 cm^{-1} , в котором ИК-излучение поглощают все кислородсодержащие (перикисно содержащие) вида —O—O— радикалы, которые могут образовываться в результате искрения и воздействия электрической дуги на органические материалы.

Шестой диапазон — фиксированное волновое число в диапазоне 720...760 cm^{-1} , в котором ИК-излучение поглощается всевозможными хлорпроизводными радикалами вида C—Cl, образующимися при термическом разложении.

4. Определение коэффициентов поглощения продуктов термоокисления, термодеструкции и их количественный прогноз

Для того чтобы проводить количественный анализ образующихся продуктов термодеструкции, необходимо знание коэффициентов экстинкции (по-

глощения) продуктов разложения в каждом из рассмотренных диапазонов.

Концентрацию углеводородсодержащих паров (моль/л) можно определить по зависимости

$$C = P/RT, \quad (1)$$

где P — давление насыщенного пара углеводородов, $\text{кгс}/\text{см}^2$; R — универсальная газовая постоянная, $(\text{л} \cdot \text{кгс}/\text{см}^2)/(\text{C} \cdot \text{моль})$; $T = 273 + t$ — температура, $^{\circ}\text{C}$.

В свою очередь давление насыщенного пара углеводородов можно рассчитать по зависимости:

$$\lg P = A - \frac{B}{t + D}, \quad (2)$$

где A, B, D — константы.

Для определения давления насыщенного пара в полосе поглощения 3150...2700 cm^{-1} были выбраны такие углеводородсодержащие жидкости, как пентан C_5H_{12} , гексан C_6H_{14} , гептан C_7H_{16} , октан C_8H_{18} , декан $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$.

Для определения коэффициентов поглощения в полосе поглощения C—Cl — 800...700 cm^{-1} использовались хлорсодержащие углеводороды: хлороформ CHCl_3 , дихлорэтан $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$, четыреххлористый углерод CCl_4 .

Исходные данные для коэффициента экстинкции в полосе —O—O— определялись экспериментально с учетом измеренного отношения массы озона к суммарному объему газовой среды, прокаченной за разные промежутки времени через измерительную камеру ИК-излучений. Используя статистические методы обработки экспериментальных данных и спектров поглощения в изучаемой полосе, были получены средние значения коэффициентов поглощения $K_{\text{ср}}$ для полосы —O—O—. Для определения $K_{\text{ср}}$ использовалась формула Бугера—Ламберта—Бера [9]. Формула, по которой может быть определен коэффициент поглощения озона ($\text{л}/\text{моль} \cdot \text{см}$) с учетом длины оптического пути в измерительной камере представляет собой следующую зависимость:

$$K_{\text{ср}} = \frac{-\ln \frac{j}{j_0}}{Cl}, \quad (3)$$

где C — концентрация озона, моль/л; l — длина оптического пути в измерительной камере, см; j_0 — величина полного пропускания, равная 1 или 100 %; j — разница между полным пропусканием и величиной поглощения в полосе.

В результате были определены среднестатистические коэффициенты поглощения, которые представлены в табл. 1, и характеристики дифференциальных интерференционных фильтров для полос поглощения C—H, C—Cl, —O—O—, C—O, C=O, N=O (табл. 2).



Таблица 1

Среднестатистические коэффициенты поглощения в полосах С—Н, С—Сl, —О—О—

Вид связи радикала	Полоса поглощения, см ⁻¹	Концентрация		K _{ср}	
		моль/л	связь/л	л/моль · см	л/связь · см
С—Н	3150...2700	2,26 · 10 ⁻³	3,09 · 10 ⁻²	119,0	7,88
С—Сl	800...700	1,26 · 10 ⁻³	3,96 · 10 ⁻³	172,0	56,36
—О—О—	800...900	—	—	61,36	—

Таблица 2

Характеристики дифференциальных интерференционных фильтров для полос поглощения С—Н, С—Сl, —О—О—, С—О, С=О, N=O

Вид связи радикала	Тип фильтра	Центр полосы пропускания, см ⁻¹	Вид колебания ¹	Полуширина полосы пропускания на уровне 0,5 T _{max} , см ⁻¹	Степень интенсивности поглощения ²	Пропускание в области блокировки ³ , T _{min} , %	Расчетный коэффициент K _{ср} для полосы 0,5 T _{max}	
							л/моль · см	л/связь · см
С—Н	Дифференциальный интерференционный	2930	v _{as}	±120	ср.	0,1	119	7,88
С—Сl	Интерференционный	730	δ _s	±10	о. с.	0,1...0,3	172	56,36
С—О	Дифференциальный интерференционный	2175	δ _{as} v _{as}	±75	с.	0,1	—	—
С=О	Дифференциальный интерференционный	2350	v _{as}	±150	с.	0,1	—	—
		668	δ _s δ _{as}	±150	с.	0,1...0,3	—	—
N=O	Дифференциальный интерференционный	1260	v _{as}	±15	о. с.	—	—	—
		756	δ _s δ _{as}	±10	—	—	—	—
—О—О—	Интерференционный	800...900	—	—	сл.	—	61,36	—

¹ Вид колебания: v_{as} — валентный асимметричный, δ_s — деформационный симметричный, δ_{as} — деформационный асимметричный.
² о. с. — очень сильное, с. — сильное, ср. — среднее, сл. — слабое.
³ Имеется ввиду величина пропускания за пределами основной частоты полосы поглощения дифференциального интерференционного фильтра.

Для построения автоматизированной ИК-системы диагностики кризисных ситуаций необходимы дифференциальные интерференционные фильтры с определенными характеристиками. Проведенные исследования и расчеты позволили установить необходимые их характеристики, которые позволяли бы осуществлять обнаружение пожароопасной ситуации на ранней стадии (его качественные и количественные значения), а также осуществлять прогноз времени наступления момента воспламенения и интенсивности горения.

5. Построение системы диагностики пожароопасной ситуации

Анализ поглощения продуктов термодеструкции (ПТД) различных материалов и веществ, а также полученные коэффициенты поглощения выше перечисленных групп радикалов позволяют разработать устройство [10, 11, 12] для диагностики пожароопасной ситуации на базе микропроцессорной техники, которое включает оптический блок с источником монохроматического излучения, многоходовую газовую кювету, узел прокачки, приемник ИК-излучения, состыкованный через аналогово-цифровой преобразователь с микропроцессором. Схема устройства представлена на рис. 1.

Достаточно отметить, что в зависимости от задач, стоящих перед системой, чувствительность устройства можно увеличивать физическими методами многократно.

Программное обеспечение ввода и обработки текущего сигнала состоит из ряда подпрограмм, ко-

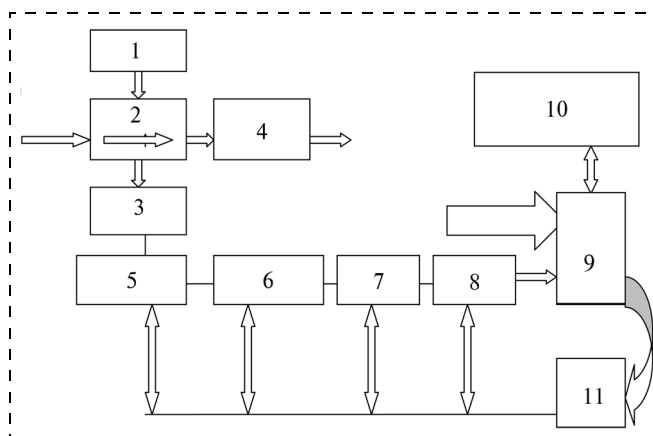


Рис. 1. Схема устройства:

1, 3 — источник и приемник монохроматического излучения; 2 — оптический блок; 4 — узел прокачки; 5 — электронный коммутатор; 6 — нормирующий усилитель; 7 — усилитель выборки и запоминания; 8 — аналого-цифровой преобразователь; 9 — контроллер ввода и вывода; 10 — ЭВМ; 11 — блок управления



которые по совокупности представляют собой экспертную оболочку. В экспертную оболочку для идентификации и прогноза вводят исходные данные:

— характерные частоты максимума поглощения и их диапазоны для типовых продуктов термодеструкции;

— начальные и конечные значения частот контролируемого диапазона спектра;

— величины шума в помещениях и соответствующих им частот;

— пороговые значения величины поглощения.

Программное обеспечение решает следующие задачи:

— ввода и обработки текущего сигнала, характеризующего ИК-спектр ПТД;

— определение частоты, соответствующей максимуму поглощения и величины поглощения с последующим сопоставлением с "шумом";

— определение и идентификация ПОС;

— определение интенсивности поглощения с учетом "шума" и выдачей концентрации группы ПТД и степени ПОС. Общий алгоритм программы представлен на рис. 2. Таким образом, диагностический комплекс позволяет обнаруживать на молекулярном уровне и идентифицировать ПОС с последующей количественной оценкой ее интенсивности с учетом класса и назначения помещения [10, 11].



Рис. 2. Общий алгоритм программы распознавания ПОС

Заключение

Рассмотренный подход, а также разработанная теоретическая модель прогноза формирования ПТД [13] позволяет проектировать устройства диагностики пожароопасных и пожаровзрывоопасных ситуаций в энергонасыщенных помещениях различного класса и назначения, которые на молекулярном уровне с высокой степенью достоверности могут осуществлять обнаружение кризиса на ранней стадии его развития, прогнозировать их динамику на качественном и количественном уровнях и эффективно применять активные автоматизированные системы противопожарной защиты и тем самым минимизировать экономический ущерб и потери среди населения.

Список литературы

1. **Пожарная** безопасность на судах. — Л.: Судостроение, 1985.
2. **Метрологическое** обеспечение безопасности труда / Под ред. И. Х. Сологоняна: Справочник. — М.: Изд-во стандартов, 1989. — Т. 2.
3. **Беллами Л.** Инфракрасные спектры сложных молекул. — М.: Изд-во иностранной лит., 1963.
4. **Справочник** по горючесмазочным материалам в судовой технике / Гулин Е. И., Якубо Д. П. и др. / 2-е изд. — Л.: Судостроение, 1987. — С. 46.
5. **Разумовский С. Д., Замков Г. Е.** Озон и его реакции с органическими соединениями (кинетика и механизм). — М.: Наука, 1974.
6. **Gases and vapors. HIGH Resolution infrared spectra.** Sadtler Research Laboratories, In.C, Subsidiary of block Engineering, Inc. 1972.
7. **Каррер П.** Курс органической химии. — Л.: 1960.
8. **Свердлов Л. М.** и др. Колебательные спектры многоатомных молекул. — М.: Наука, 1970.
9. **Сидоренко В. М.** Молекулярная спектроскопия биологических сред: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2004. — 191 с.
10. **Афанасьев Ю. А., Беседин С. Н.** Научно-технические основы диагностики пожароопасной ситуации методом инфракрасной спектроскопии // Сборник тезисов 10-го симпозиума по горению и взрыву. Сборник горение. Химическая физика процессов горения и взрыва. — М.: Черноголовка, 1992. — С. 162.
11. **Беседин С. Н., Афанасьев Ю. А.** Патент РФ № 2022250 на изобретение "Способ диагностики предпожарной ситуации и устройство для его осуществления".
12. **Беседин С. Н.** Диагностический инфракрасный комплекс предаварийной ситуации в судовых помещениях на базе ПЭВМ // Сб. научных статей. Безопасность эксплуатации судовых энергетических установок. — Севастополь: Крымское областное правление ВНТО им. акад. А. Н. Крылова, 1991. — С. 59.
13. **Беседин С. Н.** Диагностика и прогнозирование формирования кризисной ситуации в энергонасыщенных помещениях с учетом критериев, полученных зондированием газовой среды // Сборник трудов первого международного экологического конгресса ELPIT 2007. Секция "Экология и безопасность промышленно-транспортных комплексов". — Тольятти, 2007. — С. 312.

Новый национальный стандарт "Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению"

С 01.10.07 введен в действие ГОСТ Р ИСО 14001—2007 "Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению".

Прежде всего обращает на себя внимание название документа, поскольку его предшественник ГОСТ Р ИСО 14001—98 именовался "Системы управления окружающей средой. Требования и руководство к применению". Представляется, что новое название более точно передает содержание обеих редакций документа. Действительно, оба они устанавливают одинаковый порядок определения экологической политики, которая должна:

1) соответствовать характеру, масштабу и воздействиям ее деятельности, продукции и услуг на окружающую среду;

2) включать обязательство следовать принципам постоянного улучшения и предотвращения загрязнений;

3) включать обязательство соответствовать применимым требованиям экологического (природоохранного) законодательства и другим требованиям, связанным с экологическими аспектами, которые организация обязалась выполнять;

4) обеспечивать основы для установления и анализа экологических целей и задач;

5) документально оформляться, внедряться и поддерживаться;

6) доводиться до сведения всего персонала организации и лиц, работающих для организации или по ее поручению и т.д.

Таким образом, выработка экологической политики и ее реализация осуществляется исключительно экономическими субъектами и это является внутренне, а не внешне мотивированной деятельностью, определяемой принципами экоэффективности и экосправедливости, деятельностью инициативной и добровольной с преобладанием результата над процессами его достижения.

Все это отвечает принципам именно экологического менеджмента, а не управления.

Кроме того, отметим, что изменение названия способствует усилению интереса к рассматриваемому стандарту организаций, заинтересованных в разработке и сертификации своих систем экологического менеджмента в соответствии с принципами ИСО 14001—2004, так как ГОСТ Р ИСО 14001—2007 является идентичным переводом ИСО 14001—2004, что отмечается в предисловии к стандарту.

Во введении к стандарту обращается внимание, что ГОСТ Р ИСО 14001—2007 основывается на ме-

тодологии, известной как методология PDCA ("Plan-Do-Check-Act"): "Планирование — Выполнение — Контроль — Действие". Методология PDCA может быть описана следующим образом:

— планирование (Plan): разработка целей и процессов, необходимых для получения результатов, соответствующих экологической политике организации;

— выполнение (Do): внедрение процессов;

— контроль (Check): проведение мониторинга и измерения процессов в отношении реализации экологической политики, достижения целей, выполнения задач, законодательных и других требований, а также подготовка отчета о результатах;

— действие (Act): выполнение действий по постоянному улучшению результативности системы экологического менеджмента.

В то же время многие организации управляют своими операциями, используя систему процессов и их взаимодействий, т. е. систему "процессного подхода". Согласно ИСО 9001—2000 делается важное разъяснение, что поскольку цикл PDCA может быть применен ко всем процессам, то обе эти методологии являются совместимыми.

Обращается внимание, что новый стандарт ориентирован на достижение большей ясности по сравнению с предыдущим. Кроме того, в нем надлежащим образом учтены положения стандарта ИСО 9001—2000, чтобы способствовать совместности этих двух стандартов на благо всех пользователей.

Подчеркивается, что имеется важное различие между настоящим стандартом, устанавливающим требования к системе экологического менеджмента организации, который может быть использован для сертификации/регистрации и/или самодекларации организации о соответствии этим требованиям своей системы экологического менеджмента, и руководящими указаниями, предназначенными не для целей сертификации, а для помощи организациям при разработке, внедрении или улучшении системы экологического менеджмента. Экологический менеджмент охватывает весь круг вопросов, включая связанные со стратегией или конкурентоспособностью. Демонстрация успешного внедрения ГОСТ Р ИСО 14001—2007 может быть использована организацией для того, чтобы заинтересованные стороны удостоверились в наличии у нее действующей системы экологического менеджмента.



Существенной коррекции подвергалась терминология (иногда, как представляется, не в лучшую сторону, например, в случае термина "окружающая среда"). Понятия целевого и планового показателя заменены на более доступные пониманию — экологическая цель и экологическая удача. Термин экологическая эффективность заменен термином экологическая результативность. Введен целый ряд новых терминов: корректирующее действие, система экологического менеджмента, экологическая цель, экологическая результативность, внутренний аудит, несоответствие, предупреждающее действие, процедура, запись. Исключены термины, связанные с управлением окружающей средой.

В целом содержание нового стандарта, как и его первоосновы ИСО 14001—2004 по сравнению с предшествующими им документами не изменилось.

Отметим лишь, что вместо подразделов "Целевые и плановые показатели" и "Программы управления окружающей средой" ГОСТ Р ИСО 14001—98 в новый ГОСТ введен единый подраздел, именуемый с учетом изменившейся терминологии "Цели, задачи, программы". Требования, входившие в подраздел "Мониторинг и измерения" отмененного стандарта, касающиеся оценки соответствия деятельности организации действующему природоохранному законодательству и регламентам, сведены в ГОСТ Р ИСО 14001—2007 в самостоятельный подраздел "Оценка соответствия".

Наиболее существенные изменения в новой редакции стандарта по сравнению с ГОСТ Р ИСО 14001—98 касаются учета и соблюдения законодательных и иных требований, а также в более широком распространении требований стандарта на поставщиков и подрядчиков организаций, внедряющих системы экологического менеджмента.

В подразделе ГОСТ Р ИСО 14001—2007 "Законодательные и другие требования" определено, что организация должна установить, внедрить и поддерживать процедуру(ы):

1) идентификации и обеспечения доступа к применимым законодательным и другим требованиям, которые организация обязалась выполнять и которые имеют отношение к ее экологическим аспектам;

2) определения, каким образом эти требования применимы к ее экологическим аспектам.

При этом организация должна гарантировать, что применимые законодательные и другие требования, которые она обязалась выполнять, учитыва-

ются при разработке, внедрении и обеспечении функционирования системы экологического менеджмента.

В подразделе "Компетентность, подготовка и осведомленность" отмечена необходимость соблюдения следующих требований: организация должна обеспечить обусловленную соответствующим образованием, подготовкой или практическим опытом компетентность любого(ых) лица (лиц), выполняющего(их) для нее или по ее поручению задания, потенциально связанные с возможными значимыми воздействиями на окружающую среду. При этом необходимо обеспечить сохранность соответствующих записей. Организация должна определить потребности в подготовке персонала, связанные с ее экологическими аспектами и системой экологического менеджмента. Следует организовать подготовку или другие действия по удовлетворению этих потребностей, при этом необходимо сохранять соответствующие записи.

Организация должна установить, внедрить и поддерживать соответствующую(ие) процедуру(ы), чтобы люди, работающие для нее или по ее поручению, осознавали:

1) важность соответствия экологической политике, процедурам и требованиям системы экологического менеджмента;

2) значимые экологические аспекты и фактические или потенциальные воздействия, связанные с их деятельностью, а также пользу для окружающей среды вследствие повышения их личного профессионализма;

3) свои функциональные обязанности и ответственность за достижение соответствия требованиям системы экологического менеджмента;

4) возможные последствия отклонения от установленных процедур.

В заключение отметим, что в новой версии ГОСТ Р ИСО 14001—2007 усилены требования к документированию системы экологического менеджмента и регистрации данных.

Представляется, что введение такого национального стандарта "Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению" будет содействовать созданию этих систем и их сертификации в организациях нашей страны. К тому же его появление расширяет доступ к нормативным основам экологического менеджмента в их современной версии.

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

Всероссийская студенческая олимпиада по техносферной безопасности

20—22 октября 2008 года в МГТУ им. Н. Э. Баумана на факультете "Энергомашиностроение" прошел III заключительный тур Всероссийской студенческой Олимпиады по техносферной безопасности. В ней приняли участие представители 16 вузов из 9 городов Российской Федерации (гг. Москва, Санкт-Петербург, Курск, Калуга, Иваново, Вологда, Казань, Уфа, Челябинск).

Каждый вуз прислал команду студентов в составе от 2 до 4 человек и руководителя команды. Общее число студентов, принявших участие в III туре Всероссийской студенческой олимпиады по техносферной безопасности, составило 48 человек.

Во второй половине дня заезда 20 октября после регистрации и расселения ведущими специалистами московских вузов был проведен "мастер-класс" для руководителей и участников команд по актуальным вопросам дисциплины "Безопасность жизнедеятельности".

После торжественного открытия Олимпиады 21 октября каждый участник получил лист с указанием фамилии, вуза и индивидуального задания для первого этапа личных соревнований, которое состояло из четырех вопросов по основным терминам и понятиям техносферной безопасности. Вопросы выбирались компьютером случайным образом из перечня, содержащего 100 понятий, соответствующих категории квалификационных требований "Должен знать".

Индивидуальное задание каждый участник выполнял письменно на выданном ему листе в течение одного часа под контролем членов жюри. Проверка каждого задания осуществлялась двумя членами жюри, не являющимися руководителями студента.

Оценка индивидуального письменного задания проводилась по балльной шкале:

- блестящий, развернутый ответ, раскрывающий смысл понятия или термина — 3 балла;
- правильный, однозначный, но скупой ответ — 2 балла;
- неполный ответ, содержащий неточности и не строгие понятия — 1 балл;
- неверный ответ или отсутствие такового — 0 баллов.

При ответе на все четыре вопроса максимальная сумма баллов — 12.

Для более объективного выявления победителя в личных соревнованиях 15 студентам, набравшим по первому этапу максимальное количество баллов (от 6 до 12), было предложено участие во втором этапе. Каждому участнику второго этапа личных соревнований было предложено одинаковое для

всех письменное задание, содержащее пять вопросов, для ответов на которые отводился один академический час

Победитель личных соревнований определялся по сумме баллов, полученных за ответы на вопросы первого и второго этапов личных соревнований.

Командные соревнования проводились во второй половине дня 21 октября и состояли в защите перед жюри домашнего задания на тему, посвященную решению проблемы техносферной безопасности в соответствии с традициями кафедры, нуждами отрасли или региона.

При такой подготовке домашнего задания ряд команд представили для защиты актуальные для регионов и конкретных предприятий темы.

— Вологодский государственный технический университет и Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана представили свои схемы очистки сточных вод и водных объектов для городов Вологды и Калуги.

— Команда Уфимского государственного авиационного технического университета представила разработанные ими конкретные мероприятия по обеспечению безопасности на Уфимской ТЭЦ-2.

Работы Санкт-Петербургского и Московского горных университетов, Южно-Уральского государственного университета (г. Челябинск), МИСИС (г. Москва) были выполнены на примере аттестации по условиям труда рабочих мест конкретных производств и шахт.

Каждое выступление команды оценивалось по 3-балльной шкале в зависимости от:

- глубины проработки и оригинальности предложенного решения;
- умения аргументированно защищать свою позицию;
- содержательности ответов на вопросы;
- формы представления и подачи материала;
- степени участия в подготовке, представлении и ответах на вопросы всех членов команды.

Команда-победитель определялась по сумме баллов, выставленной всеми членами жюри (кроме собственного руководителя).

Заккрытие Олимпиады проходило 22 октября. Состоялось награждение победителей и участников дипломами лауреатов, свидетельствами и памятными подарками.

По результатам оценки выполнения двух этапов личных соревнований единогласным решением членов жюри были определены победители Олимпиады в личном зачете.

1-е место — Стадник П. М. (Уфимский государственный авиационный технический университет).



2-е место — Журавлева А. И. (Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина — ИГЭУ).

3-е место — Мавлявиева Р. Р. (Уфимский государственный авиационный технический университет).

Эти студенты по решению оргкомитета Олимпиады будут представлены к Премии Президента РФ.

Решением жюри были определены также команды-победительницы Олимпиады.

1-е место — Уфимский государственный авиационный технический Университет.

2-е место — Российский государственный технологический университет им. К. Э. Циолковского — МАТИ, г. Москва;

— Южно-Уральский государственный университет — Ю-УрГУ, г. Челябинск.

3-е место — Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана — МГТУ им. Н. Э. Баумана;

— Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна.

— Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана.

В заключение в выступлениях участников Олимпиады была дана положительная оценка ее проведению и выражено мнение о целесообразности дальнейшего ежегодного проведения Всероссийской студенческой олимпиады по техносферной безопасности.

Зам. председателя Оргкомитета Олимпиады
С. Г. Смирнов, канд. техн. наук, доц.,
МГТУ им. Н. Э. Баумана

ИНФОРМАЦИЯ

Environment German-Russian Week for young scientists

11—15 May 2009

Научный центр сотрудничества между Востоком и Западом при Университете города Кассель земли Гессен (Германия) приглашает с 11 по 15 мая 2009 года молодых научных сотрудников и студентов из России на Германско-российскую неделю охраны окружающей среды **на безвозмездной основе** (размещение в гостинице, поездки на автобусах и пр.). Программа включает посещение 29-й Международной выставки и участие в конгрессе "Химическая техника, охрана окружающей среды и биотехнология" во Франкфурте (12.05), экскурсии на предприятия по водным технологиям в южной и средней части земли Гессен (13.05) и на предприятия по возобновляемым и энергоэффективным источникам энергии в северной части земли Гессен (14.05), а также посещение мастерской "Будущие технологии по охране окружающей среды" (15.05).

Зарегистрироваться можно прямо на веб-сайте Центра:

www.environment.owwz.de и до 1 апреля 2009 года послать заполненную форму регистрации в Центр по факсу: +49(0)5618043792.

Контакты для дополнительной информации: д-р Габриэле Горжка (Dr. Gabriele Gorzka), тел. +49(0)561-804-3609/3567, факс. +49(0)561-804-3792, e-mail: gorzka@uni-kassel.de

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 Е. В. Комиссарова.

Сдано в набор 12.11.08. Подписано в печать 23.12.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,17. Заказ 16.

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.