



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

12(96)
2008

Редакционный совет:

БАЛЫХИН Г. А.
БЕЛОВ С. В.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.
(председатель)
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.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.
КСЕНОФОНТОВ Б. С.
КУКУШКИН Ю. А.
МАСТРЮКОВ Б. С.
МЕДВЕДЕВ В. Т.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ПОПОВ В. М.
СИДОРОВ А. И.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.
ФРИДЛАНД С. В.
ХАБАРОВА Е. И.
ЦХАДАЯ Н. Д.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Горшков Ю. Г., Дмитриев М. С., Житенко И. С. Воздушная завеса — комбинированное устройство для улучшения микроклимата в кабинах мобильных технологических и транспортных машин 2

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Кузьминов А. Л., Уткин В. С., Кожевников А. В. Применение теорий возможностей и надежности для оценки безопасности при эксплуатации сложных технических систем . . . 7

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Баженов В. И., Летаров С. В. Биологическая очистка жиродержащих стоков 14
Грачев А. Н., Исаков Т. Д., Башкиров В. Н. Пиролиз деревянных шпал как метод утилизации 17
Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Фашевская Т. Б. Экологическое квотирование водопотребления крупным промышленным центром и стимулирование реформинга водоемких технологий в России 21
Ксенофонтов Б. С. О воздействии слабых электромагнитных полей на водные системы и разработка магнито- и электросмесителей 28
Нагимуллина Г. Р., Шайхиев И. Г., Шмыков А. И., Фридланд С. В. Очистка сточных вод, содержащих ионы Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , отходами валяльно-войлочного производства 32
Шайдунов А. О. Экологические риски нефтепродуктовых компаний 37

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Алексеев В. А., Поникаров С. И., Исаков Б. И., Алексеев С. В. Оценка вероятного ущерба и затрат на локализацию и ликвидацию разлива нефтепродуктов 41

ОБРАЗОВАНИЕ

Осипов А. М., Щадрова С. Н. Тесты по дисциплине "Производственная санитария и гигиена труда". 44

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

О новом межгосударственном стандарте "ССБТ. Системы управления охраной труда". . . . 47

ИНФОРМАЦИЯ

Указатель статей, опубликованных в журнале "Безопасность жизнедеятельности" в 2008 году . 51
Указатель приложений к журналу "Безопасность жизнедеятельности", опубликованных в 2008 году 56

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 4. Пре-Ста.

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 631.372

Ю. Г. Горшков, д-р техн. наук, М. С. Дмитриев, канд. техн. наук, И. С. Житенко
Челябинский государственный агроинженерный университет

Воздушная завеса — комбинированное устройство для улучшения микроклимата в кабинах мобильных технологических и транспортных машин

Статья посвящена проблеме улучшения условий труда операторов мобильных сельскохозяйственных машин. Предложено комбинированное устройство, которое позволяет снизить запыленность в кабинах указанных машин путем создания воздушной завесы. В холодное время года данное устройство может быть использовано для обогрева стекол кабины, а также частей тела оператора. В статье приводится теоретическое обоснование основных параметров, влияющих на эффективность работы предложенного устройства.

Ключевые слова: мобильные технологические и транспортные машины; кабина; условия труда; запыленность; температура воздуха; воздушный поток; воздушная завеса; внешний ветровой поток.

Gorshkov Y. G., Dmitriev M. S., Zhitenko I. S. Air curtain — the combined device for the improvement of microclimate in the technological and transport machines cabs

The article is concerned with the problem of improvement of working conditions of mobile agricultural machines operators. Combined device allows to reduce the dust level in the cabs of referred above machines by generation of the air curtain. It also may be used for heating the glasses of the cab as well as the operator's body. The article includes theoretical substantiation of main parameters having an influence on effectiveness of proposed device operation.

Keywords: mobile technological and transport machines; cab; working conditions; dust level; air temperature; air flow; air curtain; external wind flow.

Многообразие решаемых в сельском хозяйстве задач требует большого количества транспортных и технологических машин различного назначения.

Технологические машины обеспечивают подготовку почвы, посев, уход, уборку урожая; мелиоративные машины — сохранение и повышение плодородия почвы. С помощью транспортных машин обеспечиваются перевозка строительных грузов и пассажиров, своевременный отвоз выращенного урожая с поля и доставка его к местам хранения,

переработки, использования по назначению и др. В период подготовки почвы, посева различных сельскохозяйственных культур, уборки урожая, заготовки кормов и других сельскохозяйственных работ, как правило, участвует комплекс машин.

В процессе работы операторы мобильных сельскохозяйственных машин сталкиваются с воздействием множества неблагоприятных факторов производственной среды таких, как запыленность, загазованность рабочей зоны, повышенная (пониженная) температура воздуха и др. Величины параметров условий труда зачастую существенно отличаются от нормативных значений, что приводит к резкому возрастанию уровня профзаболеваемости и травматизма работников агропромышленного комплекса. Одной из главных причин неудовлетворительных условий труда механизаторов являются недостатки в конструкции сельскохозяйственной техники.

Степень совершенства конструкции машины в плане обеспечения нормальных условий труда может быть оценена показателем времени вредного потенциально опасного пребывания на рабочем месте.

$$T_{в.о} = T_{см}(1 - K), \quad (1)$$

где $T_{см}$ — продолжительность рабочей смены, ч; K — комплексный коэффициент, ($0 \leq K \leq 1$), учитывающий совокупное воздействие факторов условий труда; $0 \leq K \leq 1$.

Чем хуже условия труда операторов, тем выше значение этого показателя. Комплексный коэффициент определяют по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_{\phi 1}} + \frac{1}{K_{\phi 2}} + \dots + \frac{1}{K_{\phi n}} - (n - 1)}, \quad (2)$$

где $K_{\phi 1}$, $K_{\phi 2}$, $K_{\phi n}$ — факторные коэффициенты, показывающие долю сменной выработки, которая может быть реализована при производстве сельскохозяйственных работ за смену с пребыванием операторов мобильных машин в кабине при условии обеспечения безопасного и безвредного производственного процесса; n — количество учитываемых факторов условий труда.

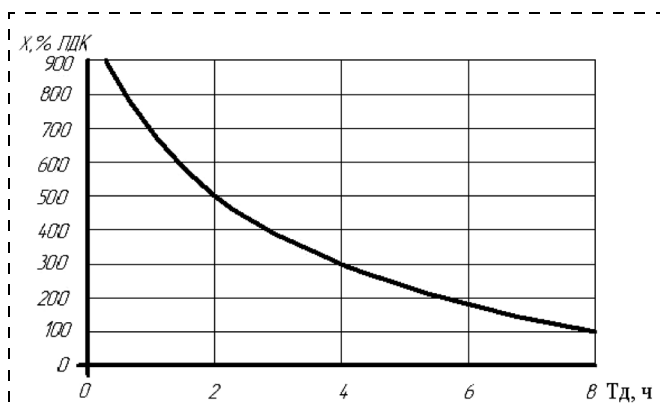


Рис. 1. Номограмма допустимого времени пребывания оператора на рабочем месте T_d в зависимости от содержания нетоксической пыли в воздухе рабочей зоны X в % от предельно допустимой концентрации (ПДК)

Факторные коэффициенты рассчитывают следующим образом:

$$K_{\phi i} = \frac{T_{\text{д}i}}{T_{\text{см}}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{д}i}$ — время ежедневного безопасного и безвредного пребывания оператора на рабочем месте с учетом воздействия i -го фактора условий труда, ч.

Время ежедневного безопасного и безвредного (допустимого) пребывания оператора в кабине мобильной сельскохозяйственной машины в зависимости от концентрации пыли, температуры воздуха, обзорности и других показателей может быть определено по номограммам [1].

В качестве примера в статье приведена номограмма зависимости данного показателя от концентрации нетоксической пыли на рабочем месте оператора при условии, что $T_{\text{см}} = 8 \text{ ч}$ (рис. 1).

Из графика видно, что с увеличением концентрации пыли допустимое время работы оператора сельскохозяйственной машины (T_d) уменьшается. С другой стороны, приближение одного из факторов условий труда к нормативному значению повышает комплексный коэффициент (K) и, следовательно, снижает время вредного и потенциально опасного пребывания на рабочем месте.

Например, влияние концентрации пыли на величину показателя времени вредного и потенциально опасного пребывания оператора сельскохозяйственной машины на рабочем месте $T_{\text{в.о}}$ представлено зависимостью (рис. 2), построенной по формулам (1), (2) и (3) при условии, что все другие факторы условий труда имеют нормативные значения, т. е. факторный коэффициент для каждого из них равняется единице (при восьмичасовой рабочей смене).

Все изложенное выше позволяет сделать вывод о необходимости улучшения условий труда опера-

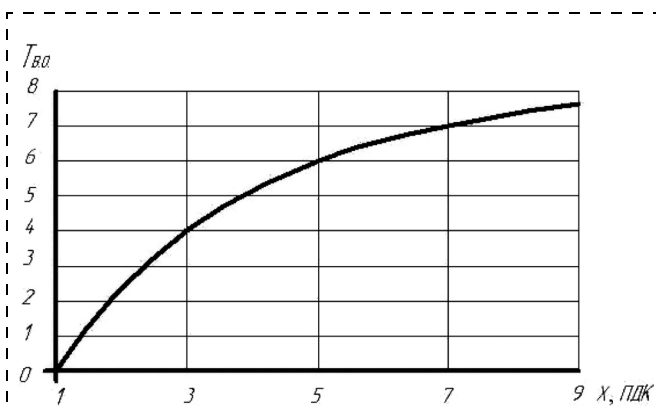


Рис. 2. Зависимость показателя времени ($T_{\text{в.о}}$) от содержания нетоксической пыли в кабине мобильной сельскохозяйственной машины X (ПДК — кратность превышения предельно допустимой концентрации)

торов мобильных машин сельскохозяйственного назначения посредством приведения таких факторов, как запыленность, температура воздуха, обзорность на рабочем месте и др., к оптимальным значениям путем совершенствования конструкции указанных машин.

При работе технологических машин и агрегатов и работающих вместе с ними транспортных машин создаются условия для выделения пыли от растений, зерна, половы, взаимодействия рабочих органов с поверхностями полей, дорог и т. д. Основные виды сельскохозяйственных работ с выделением пыли представлены на рис. 3.

Пыль попадает в кабину машины по причине ее негерметичности, через лобовые и боковые стекла, открытые форточки и др. В период полевых работ запыленность на рабочем месте оператора мобиль-



Рис. 3. Основные виды сельскохозяйственных работ с выделением пыли

ной сельскохозяйственной техники значительно превышает нормативную (концентрация пыли в кабине может достигать 20...25 ПДК и более) [2]. Это приводит к резкому ухудшению условий труда операторов и, как следствие, к снижению производительности.

В холодное время года боковые и задние стекла кабин не обдуваются горячим воздухом и замерзают, что приводит к неудовлетворительной обзорности, что, в свою очередь, повышает вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Для решения данной проблемы авторами предлагается специальное устройство (рис. 4), которое в теплый период года может быть использовано для создания воздушной завесы, не позволяющей пыли

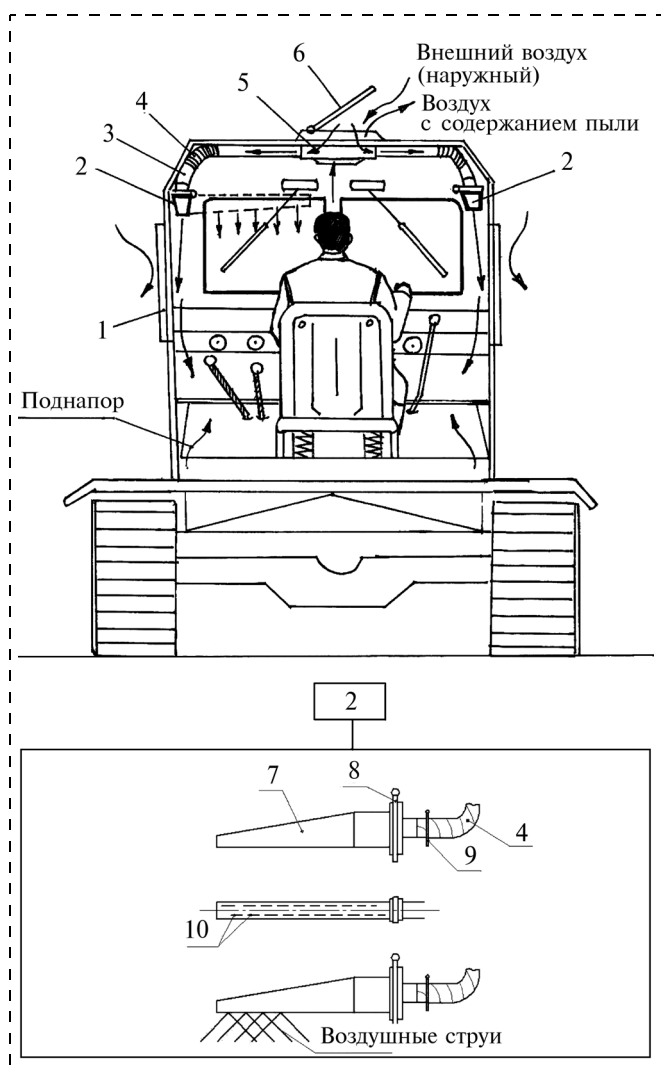


Рис. 4. Принципиальная схема устройства (воздушная завеса): 1 — окно; 2 — воздухораспределители; 3, 4 — соединительные патрубки; 5 — вентилятор с фильтром; 6 — люк; 7 — корпус воздухораспределителя; 8 — механизм поворота воздухораспределителя; 9 — соединительный хомут; 10 — отверстия (пазы) для воздуха

проникать в кабину сельскохозяйственной машины через открытые двери, окна, форточки и т. д., а в холодный период — выполнять функцию теплоносителя для обогрева боковых и лобовых стекол и создания оптимальной температуры в кабине.

Устройство состоит из вентилятора 5, двух воздухораспределителей 2, расположенных с левой и правой стороны кабины и представляющих собой элементы прямоугольного сечения с пазами (отверстиями) 10 в нижней части. Пазы (отверстия) исполняются в два ряда с целью перекрытия струй воздуха. Это необходимо, чтобы не создавались зоны вакуума в начале истечения воздушных струй из отверстий воздухораспределителей. Соединение воздухораспределителя имеет две степени свободы. Оно может осуществляться посредством вертикальных 4 и горизонтальных 3 патрубков, соединенных под углом 90°. Верхняя часть патрубка соединяется с воздухораспределителем и позволяет повернуть его на различный угол. Установка угла поворота воздухораспределителя осуществляется посредством специального фиксатора 8, состоящего из сектора с отверстиями и подпружиненного рычага.

Фиксирование положения воздухораспределителя в горизонтальной плоскости осуществляется аналогично.

Устройство работает следующим образом. В теплый период года воздушный поток, создаваемый вентилятором, по соединительным патрубкам поступает в воздухораспределитель и через его пазы (отверстия) в виде воздушных струй, создающих воздушную завесу, не позволяет пыли проникать через боковые стекла 1 кабины.

Угол наклона воздухораспределителей регулируется таким образом, чтобы воздушная завеса не только ограждала боковое стекло от внешнего, загрязненного пылью воздуха, но и отсекала (отбрасывала) пыль в нижней его части.

Из-за создаваемого воздушного потока, выходящего из воздухораспределителей, в нижней части кабины образуется избыточное давление (поднапор), которое препятствует проникновению пыли через щели, неплотности и т. п.

Это давление может быть выражено равенством:

$$P_{\text{изб}} = P_{\text{н}} + \Delta P_{\text{и}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{н}}$ — нормальное воздушное давление в кабине; $\Delta P_{\text{и}}$ — частичное избыточное давление, создаваемое воздушным потоком из воздухораспределителей.

В холодное время года нагретый воздух поступает в воздухораспределители от отопителя кабины и осуществляет обогрев стекол. Кроме того, угол наклона воздухораспределителей может быть отрегулирован так, чтобы воздушный поток был направлен в центр кабины и обогревал части тела оператора.

Эффективность работы предлагаемого устройства зависит от конструкции и размеров кабины, параметров воздушной завесы, дальности струи и др.

Струя воздушной завесы, выходящая из паза (отверстия) воздухораспределителя, не прямолинейна, а имеет искривленную форму за счет воздействия на нее струи внешнего воздушного (ветрового) потока. Поэтому для расчета оси струи завесы целесообразно использовать метод геометрического наложения потоков [3].

В данном случае принимается допущение, что на струю завесы воздействует горизонтальный внешний ветровой поток (рис. 5). При этом зависимость вертикальной составляющей средней скорости в струе завесы от расстояния до ее начала остается такой же, как и при отсутствии указанного потока, а ее горизонтальная составляющая алгебраически суммируется со скоростью ветра:

$$\frac{dy}{dt} = v \sin \alpha_0; \quad \frac{dx}{dt} = v_{\pi} + v \cos \alpha_0. \quad (5)$$

Если разделить в (5) второе уравнение на первое, то получим уравнение оси воздушной завесы, т. е.:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{v_{\pi}}{v \sin \alpha_0} + \operatorname{ctg} \alpha_0. \quad (6)$$

Из равенства (6) находим скорость струи внешнего ветрового потока:

$$v_{\pi} = v \sin \alpha_0 \left(\frac{dx}{dy} - \operatorname{ctg} \alpha_0 \right). \quad (7)$$

Для эффективной работы предлагаемого устройства необходимо, чтобы скорость струи завесы пре-

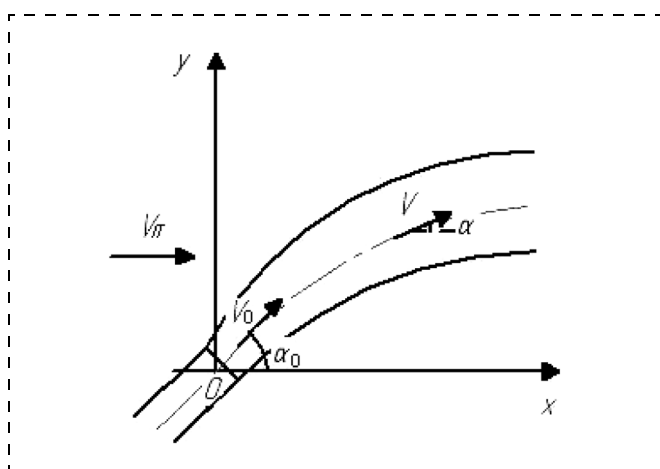


Рис. 5. Схема искривленной струи завесы:

v_{π} — скорость струи внешнего ветрового потока; v , α — скорость и угол наклона струи завесы; v_0 , α_0 — начальные значения

вышла скорость горизонтального внешнего ветрового потока ($\frac{v}{v_{\pi}} > 1$). Из выражения (7) следует, что

данная величина отношения скоростей

$$\frac{v}{v_{\pi}} = \frac{1}{\sin \alpha_0 \left(\frac{dx}{dy} - \operatorname{ctg} \alpha_0 \right)}. \quad (8)$$

Тогда скорость струи воздушной завесы, необходимая для обеспечения работы устройства, может быть определена следующей зависимостью:

$$v = \frac{v_{\pi}}{\sin \alpha_0 \left(\frac{dx}{dy} - \operatorname{ctg} \alpha_0 \right)}. \quad (9)$$

Полученное выражение (9) показывает, что необходимая скорость струи воздушной завесы (в зависимости от скорости внешнего ветрового потока) может быть достигнута путем изменения начального угла ее наклона (α_0). Практически это может быть осуществлено регулировкой угла наклона воздухораспределителей с помощью механизма, описанного выше.

При этом за скорость v на оси струи воздушной завесы принимается средняя по расходу скорость в струе, которая изменяется по следующему закону [3]:

$$\frac{v}{v_0} = 1,7 \sqrt{\frac{k \delta_0 \sin \alpha_0}{y}}, \quad (10)$$

где δ_0 — начальная полуширина струи воздушной завесы; k — коэффициент, учитывающий неравномерность начального поля скорости.

Проинтегрировав уравнение (5) с учетом зависимости (10), получим формулы для расчета оси струи воздушной завесы:

$$\frac{x}{\delta_0} = \frac{y}{\delta_0} \operatorname{ctg} \alpha_0 + \frac{0,39}{k^{0,5} (\sin \alpha_0)^{1,5}} \left(\frac{y}{\delta_0} \right)^{1,5} \frac{v_{\pi}}{v_0} \quad (11)$$

и ее дальности:

$$H = \delta_0 \left[6,5 k \left(\frac{v_0}{v_{\pi}} \right)^2 \cos^2 \alpha_0 \sin \alpha_0 \right], \quad (12)$$

где за дальность струи H принимается ордината y точки пересечения оси данной струи с плоскостью проема.

Для работы рассматриваемого в статье устройства необходимо, чтобы дальность струи воздушной завесы превышала высоту проема окна (форточки) кабины мобильной сельскохозяйственной



машины. Из полученной формулы следует, что необходимая дальнобойность может быть достигнута не только за счет определенной начальной скорости струи v_0 и начального угла ее наклона α_0 , но и выбором размеров пазов (отверстий) воздухораспределителей, обеспечивающих начальную полуширину струи δ_0 .

Проектирование воздушной завесы в кабине мобильной машины начинается с определения необходимого воздухообмена L , м³/ч. Для этого используется следующая формула [4]:

$$L = \frac{B}{\text{ПДК} - C_B}, \quad (13)$$

где B — количество вредного вещества (пыли), выделяющееся в течение одного часа, мг/ч; ПДК — предельно допустимая концентрация, мг/м³; C_B — концентрация этого вещества (пыли) в приточном воздухе, мг/м³; если подается чистый воздух, то $C_B = 0$.

Производительность вентилятора, м³/ч, определяется по уравнению:

$$Q_B = K_3 L, \quad (14)$$

где K_3 — коэффициент запаса, $K_3 = 1,3 \dots 2,0$.

Далее рассчитываются потери напора, Па, на прямых участках воздухопроводов устройства:

$$H_{\Pi} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha - l_i}{d_i} \frac{v_B^2}{2} \gamma_B, \quad (15)$$

где α — коэффициент, учитывающий сопротивление воздухопроводов; $\alpha = 0,02$; l_i , d_i — длина и диаметр участка воздухопроводов, м; v_B — средняя скорость воздуха на рассматриваемом участке воздушной сети; для прилегающих к вентилятору участков принимается 8...12 м/с, для удаленных — 1...4 м/с; γ_B — плотность воздуха, кг/м³; n — количество прямых участков.

Местные потери напора, Па:

$$H_M = \sum_{i=1}^n 0,5 \varphi_M v_B^2 \gamma_B, \quad (16)$$

где φ_M — коэффициент местных потерь напора; для колена с углом 90° $\varphi_M = 1,1$, для суживающихся воздухопроводов $\varphi_M = 0,2 \dots 0,3$.

Полные потери напора, Па, определяются суммой:

$$H = H_{\Pi} + H_M. \quad (17)$$

По известным уравнениям [5] определяется частота вращения вентилятора и мощность двигателя для вентилятора.

Расчеты, проведенные для отдельных кабин транспортных и технологических машин, показали, что применяемые в них электродвигатели (12...24 В) с вентиляторами для обдува, обогрева, кондиционирования и др., могут быть использованы в разработанном комбинированном устройстве воздушной завесы.

Рассмотренное в статье устройство позволяет значительно улучшить микроклимат в кабинах транспортных и технологических машин и совершенствовать их конструкцию с точки зрения обеспечения безопасных и здоровых условий труда операторов.

Список литературы

1. Яловенко Ф. И. и др. Методические указания и нормативно-справочные материалы определения экономического эффекта от мероприятий, направленных на улучшение условий труда и безопасности работы на тракторах и сельскохозяйственных машинах. — М., 1978.
2. Беляков Г. И. Охрана труда. — М.: Агропромиздат, 1990.
3. Круглова Е. С. Разработка ресурсосберегающей воздушно-тепловой завесы для поддержания нормируемых параметров микроклимата в производственных помещениях АПК: Дис. ... канд. техн. наук. — Челябинск, 2006.
4. Горшков Ю. Г. и др. Безопасность жизнедеятельности (безопасность труда в сельскохозяйственном производстве): Учебн. пос. — Челябинск, 2008.
5. Шкрабак В. С., Казлаускас Г. С. Охрана труда. — М.: Агропромиздат, 1989.

ИНФОРМАЦИЯ

**10-я специализированная межрегиональная выставка оборудования и технологий
для обеспечения промышленной, пожарной, информационной,
экологической безопасности промышленных предприятий
"БЕЗОПАСНОСТЬ—2009"**

9—11 июня 2009 года

**Выставочный центр "Пермская ярмарка"
614077, Пермь, бульвар Гагарина, 65**

Тел./факс +7 (342) 262-58-22

E-mail: kozlova@expoperm.ru

www.expoperm.ru

УДК 519.718.2

А. Л. Кузьминов¹, д-р техн. наук, проф., В. С. Уткин², д-р техн. наук, проф.,

А. В. Кожевников¹, канд. техн. наук, доц.

¹ Череповецкий государственный университет

² Вологодский государственный технический университет

Применение теорий возможностей и надежности для оценки безопасности при эксплуатации сложных технических систем

Приведены методики расчета оценки остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных машин на основе теории возможностей, предложен новый подход к оценке надежности конструкций технических устройств при наличии интервальных экспертных оценок.

Ключевые слова: безопасность при эксплуатации грузоподъемных машин и технических устройств; теория возможностей и надежности; ресурс металлоконструкций грузоподъемных машин; новый подход к оценке надежности конструкций технических устройств; интервальные экспертные оценки.

Kuzminov A. L., Utkin V. S., Kozhevnikov A. V. Safety evaluation in lifting machine operation based on the theory of possibility and firmness

The article states the method of estimation of remaining resource of lifting machine metal constructions based on the theory of possibility. In the article a new approach is introduced into estimation of firmness of technical device constructions with intermediate expert evaluations available.

Keywords: safety evaluation in lifting machine and technical device; theory of possibility and firmness; resource of lifting machine metal constructions; new approach is introduced into estimation of firmness of technical device constructions; expert evaluations available.

Введение

Оценка степени риска и поражения людей при авариях на технических устройствах, являющихся признаками опасных производственных объектов, связана с задачей прогнозирования показателей надежности и остаточного ресурса функционирующих систем. Наиболее важным вопросом является установление допустимых сроков дальнейшей эксплуатации объекта при конкретном значении риска аварии. Ответственность за соответствующие технические решения о мерах по снижению риска, о при-

остановке функционирования технического устройства лежит на специалистах-экспертах и представителях федеральных надзорных органов. Поэтому разработка методик количественной оценки риска возникновения аварии и надежности технических систем, результаты расчета по которым удовлетворяли всех вышеуказанных специалистов, остается весьма актуальной задачей. На настоящее время отсутствуют математические модели, которые бы объективно, убедительно и достоверно помогали бы оценить надежность и риск возникновения аварийных ситуаций технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах металлургической и химической промышленности, грузоподъемных машинах и механизмах и т. д.

Основные теоретические положения

При исчерпывающей статистической информации о величине деформации ε и свойствах сталей, в частности модуля упругости стали E , предела текучести σ_T , в исследуемых сечениях можно подобрать и проверить законы распределения случайных величин ε , E , σ_T и надежно определить параметры их распределений. В этом случае используют вероятностные методы определения несущей способности элементов технических устройств.

Нередко в ходе испытаний технических устройств удается получить только ограниченную информацию. В этих случаях закон распределения случайных величин (вероятности безотказной работы и т. д.) неизвестен, нет возможности его проверить. Невозможно уверенно определить его параметры, если закон распределения задается априорно. Например, для нормального распределения такими параметрами являются математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение. В этом случае для анализа неопределенности применяются методы на основе теории возможностей, сведения о которых приведены ниже. Предположим, что для нечеткой переменной x , полученной на основе ограниченной информации, применима типовая функция распределения возможностей (ФРВоз), показанная на рис. 1 в общем виде (восходящая и нисходящая ветви).

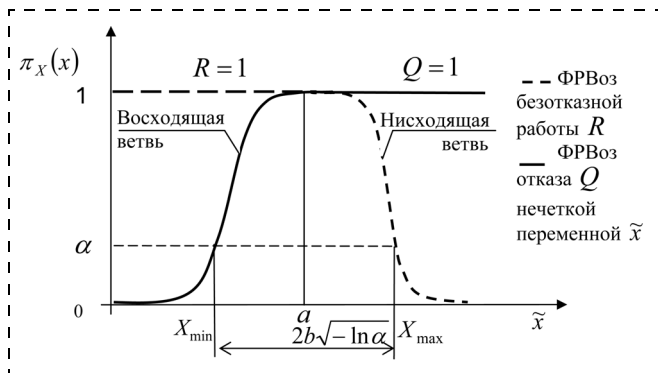


Рис. 1. Функции распределения возможностей для R и Q нечеткой переменной $\tilde{x}$

Нечеткая переменная есть величина X , которая может принимать возможное значение x заранее неизвестное и для которой имеется функция распределения возможностей $\pi_X(x)$.

Функция распределения возможностей нечеткой переменной X , обозначаемая π_X , есть такое отображение из R в интервале $[0, 1]$, что $\pi_X(x) = \sigma(X = x)$ для всех $x \in R$.

Если известна ФРВоз $\pi_X(x)$, то можно найти возможность любого события, образованного из элементарных событий как

$$\sigma(x \in A) = \sup_{x \in A} \sigma(X = x) = \sup_{x \in A} \pi_X(x).$$

Для криволинейного участка часто принимается одна из типовых ФРВоз вида [1, 2]

$$\pi_X(x) = \exp\{-(x - a)/b\}^2\}, \quad (1)$$

где x — возможное значение нечеткой переменной X ; a и b — параметры распределения ФРВоз:

$$a = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}; \quad b = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2\sqrt{-\ln \alpha}}, \quad 0 < \alpha < 1; \quad X_{\max} \text{ и } X_{\min}$$

— наибольшее и наименьшее значения нечеткой переменной X ; α — уровень риска, которым задаются в зависимости от числа известных значений нечеткой переменной [3, 4].

Имея по результатам испытаний некоторое множество ограниченной информации о деформациях $\{\varepsilon_j\}$, на основе теории возможностей будем использовать только максимальное $\varepsilon_{\max}$ и минимальное $\varepsilon_{\min}$ значения измеренной деформации $\tilde{\varepsilon}$, являющейся нечеткой величиной. Найденное по деформации действующее напряжение $\tilde{\sigma}_1$, определенное на основании закона Гука, также будет нечетким $\tilde{\sigma}_1 = \tilde{\varepsilon} E$ со своими нижним $\sigma_{1\min} = \varepsilon_{\min} E$ и верхним $\sigma_{1\max} = \varepsilon_{\max} E$ значениями, где E — значение модуля упругости, принимаемое детерминированной ве-

личиной. Значение модуля упругости E находят по результатам испытаний образцов или принимают по нормативной и справочной литературе.

Применение теоретико-возможностных методов для оценки безопасности технических систем

Рассмотрим применение теорий возможностей и надежности при прогнозировании остаточного ресурса таких сложных технических систем, как грузоподъемные машины или металлургические агрегаты.

Цель расчетов остаточного ресурса заключается в предотвращении нарушений работоспособности технических устройств по основным видам предельных состояний, в предупреждении аварийных ситуаций.

Результаты расчетной оценки остаточного ресурса являются основанием для принятия решения о возможности безопасной эксплуатации в зависимости от технического состояния металлоконструкций, а также по истечении нормативного времени эксплуатации.

Расчет остаточного ресурса проводится в случаях:

- недопустимого ухудшения механических характеристик металла несущих конструкций;
- предписаний органов Ростехнадзора;
- превышения нормативных сроков эксплуатации технических устройств.

Расчеты проводятся на основании ранее определенных значений надежности металлоконструкций технических устройств по условию прочности и включают в себя следующие этапы:

- анализ имеющейся проектной и эксплуатационно-технической документации, включая результаты определения надежности металлоконструкций;
- анализ информации по отказам;
- изучение видов предельных состояний элементов конструкции и конструкции в целом;
- определение надежности элементов и конструкции в целом;
- определение остаточного ресурса.

Исходной информацией для расчета остаточного ресурса металлоконструкций технического устройства служат:

- данные расчета надежности металлоконструкций на основе теории вероятностей или теории возможностей не менее чем в два различных момента времени эксплуатации;
- нормативное значение надежности металлоконструкций по условию безопасной его эксплуатации;
- функция распределения возможностей отказа на интервале времени $[0, T]$.

Расчеты остаточного ресурса проводятся на основе следующих базовых положений:

— надежность металлоконструкций определяется как у системы с последовательным соединением элементов;

— в качестве элементов принимаются потенциальные зоны разрушения;

— расчет надежности проводится по элементу с наибольшей возможностью отказа.

В качестве потенциальных зон разрушения рассматриваются:

— элементы (сечения) с резким изменением площади поперечных сечений;

— узловые соединения элементов;

— места с наибольшими концентраторами напряжений;

— наиболее напряженные участки конструкции;

— участки с дефектами и повреждениями.

В качестве основного оценочного ресурса металлоконструкций принимается время.

При отсутствии данных о нормативном значении надежности металлоконструкции принимается его значение в зависимости от результатов последствий разрушения или от снижения работоспособности технического устройства.

В теории возможностей различают верхнее значение вероятности события $\bar{P}$, называемое возможностью безотказной работы ($R = \bar{P}$), и нижнее значение вероятности события $\underline{P}$, называемое необходимостью безотказной работы ($N = \underline{P}$). Возможность отказа характеризуется значением Q .

Условие согласованности теории возможностей имеет вид

$$N(t) \leq P(t) \leq R(t),$$

где $P(t)$ — вероятность отказа; $N(t)$ и $R(t)$ — необходимость и возможность безотказной работы; $N(t) = \underline{P}(t)$ — нижнее значение вероятности безотказной работы (показатель надежности); $R(t) = \bar{P}(t)$ — верхнее значение вероятности безотказной работы.

В качестве функции распределения возможности отказа на основании выражения (1) на интервале времени $[0, T]$ принимается типовая функция вида

$$\pi_T(t) = \exp\{-(t - a_t)/b_t\}^2\},$$

где a_t, b_t — параметр распределения для $t < a_t$; a_t имеет смысл среднего времени до отказа элемента.

Необходимость безотказной работы $N = 1 - Q$, где Q — значение возможности отказа, которое равно $\pi_T(t < a_t)$, при этом $R = 1$.

Для нахождения a_t и b_t необходимы два значения $\pi_T(t)$ в момент времени $t = t_1$ и $t = t_2$ ($t_2 > t_1$) или два значения вероятности отказа, получаемые методами теории вероятностей и математической статистики. Учитывая производственные условия и ограниченность информации, допускается принять $P = \underline{P} = N$, получаемую методами теории возможностей.

Использование теории возможностей в данном приложении поясняется следующим. Нечеткая переменная, например время T , такая, которая может принять значение, наперед неизвестное, мерой которой одновременно служат возможность $R(t)$ и необходимость $N(t)$ события $T = t$, где t — значение времени $t \in T$. Нечеткая переменная T характеризуется одновременно двумя функциями распределения возможностей — $R(t)$ и $N(t)$.

Возможность события $t \notin T$ характеризуется функцией $Q(t) = 1 - N(t)$ и в понятиях надежности рассматривается как отказ.

На основании выражения (1):

$$a = (T_{\max} + T_{\min})/2, b = (T_{\max} - T_{\min})/2\sqrt{-\ln\alpha}, \\ \alpha \in [0, 1].$$

При $t < a$ $R = 1$, $Q = \pi_T(t)$, $N = 1 - \pi_T(t)$. Надежность элемента конструкции определяется анализом возможности (несущая способность больше эксплуатационного воздействия) или с использованием математических моделей предельных состояний, например $\tilde{\sigma}_{\text{пред}} > \tilde{\sigma}_{\text{эксп}}$. Здесь в качестве $\tilde{\sigma}_{\text{пред}}$ понимается $\tilde{\sigma}_T$, $\tilde{\sigma}_B$, $\tilde{\sigma}_1$ и т. д., где $\tilde{\sigma}_T$ — нижнее значение предела текучести материала, МПа; $\tilde{\sigma}_B$ — среднее значение предела выносливости металлоконструкций, МПа; $\tilde{\sigma}_1$ — напряжение в конструкции, полученное в ходе испытаний, МПа; $\tilde{\sigma}_{\text{пред}}$ и $\tilde{\sigma}_{\text{эксп}}$ — соответственно средние значения предельных и эксплуатационных напряжений.

Напряжение $\sigma_{\text{эксп}}$ определяется путем измерения деформаций ε на основе закона Гука $\sigma = \varepsilon E$, путем измерения воздействий и т. д.

Будем считать значения $\tilde{\sigma}_{\text{пред}}$ и $\tilde{\sigma}_{\text{эксп}}$ нечеткими переменными, не взаимодействующими между собой.

Надежность металлоконструкций (при двух нечетких в модели предельного состояния переменных) определяется сравнением $\tilde{\sigma}_{\text{пред}}$ и $\tilde{\sigma}_{\text{эксп}}$ в условии "возможность $\tilde{\sigma}_{\text{пред}} > \tilde{\sigma}_{\text{эксп}}$ ".

Если $\tilde{\sigma}_{\text{пред}}$ и $\tilde{\sigma}_{\text{эксп}}$ характеризуются функциями распределения возможностей вида

$$\left. \begin{aligned} \pi_{\tilde{\sigma}_{\text{пред}}}(\sigma_{\text{пред}}) &= \exp\{-(\sigma_{\text{пред}} - a_{\text{пред}})/b_{\text{пред}}\}^2\} \\ \pi_{\tilde{\sigma}_{\text{эксп}}}(\sigma_{\text{эксп}}) &= \exp\{-(\sigma_{\text{эксп}} - a_{\text{эксп}})/b_{\text{эксп}}\}^2\} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

то, решая эту систему при известных $a_{\text{пред}} = (\sigma_{\text{пред.макс}} + \sigma_{\text{пред.мин}})/2$, $b_{\text{пред}} = (\sigma_{\text{пред.макс}} - \sigma_{\text{пред.мин}})/2\sqrt{-\ln\alpha}$, $a_{\text{эксп}} = (\sigma_{\text{эксп.макс}} + \sigma_{\text{эксп.мин}})/2$, $b_{\text{эксп}} = (\sigma_{\text{эксп.макс}} - \sigma_{\text{эксп.мин}})/2\sqrt{-\ln\alpha}$ при $\alpha \in [0, 1]$ одним и тем же в обоих уравнениях (2), находят точку пересечения

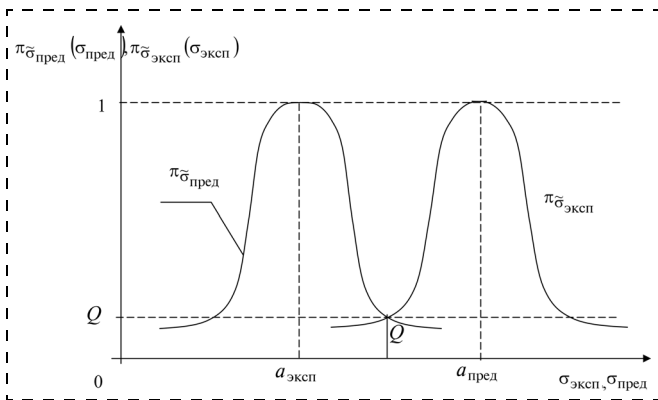


Рис. 2. Графики функций распределения возможностей $\pi_{\sigma_{пред}}(\sigma_{пред})$ и $\pi_{\sigma_{эксп}}(\sigma_{эксп})$

кривых 2 и значение возможности отказа Q при $\sigma_{пред} = \sigma_{эксп}$. Пояснение этого приведено на рис. 2.

При $a_{пред} > a_{эксп}$ возможность безотказной работы конструкции $R = 1$. Возможность отказа находят из (2), подставляя найденное значение $\sigma_{пред}$ или $\sigma_{эксп}$ соответственно в одно из уравнений (2). В этом случае будет известным $N = 1 - Q$ и интервалы $[R, M]$ или $[\bar{P}, \bar{P}]$.

При большом числе нечетких параметров в моделях предельного состояния приходится использовать принцип обобщения Заде [5]. Если $\sigma_{эксп}$ — детерминированная величина, т. е. имеется всего одно возможное ее значение, то она на рис. 2 изображается прямой, параллельной оси ординат, взамен ФРВоз $\pi_{\sigma_{эксп}}(\sigma_{эксп})$.

Для определения надежности конструкции в целом определяются значения R_i и Q_i в каждом элементе ($i = 1, 2, \dots, n$) и для всей системы выявляются $R_c = R_{i\min}$ и $Q_c = Q_{i\min}$. Они и будут характеризовать надежность системы в интервальной форме $[R_{i\min}, N = 1 - Q_{i\max}]$.

Если в качестве функции возможности отказа $Q(t)$ принять типовую функцию $Q(t) = \pi_T(t) = \exp\{-(t-a)/b\}^2$, то $N(t) = 1 - \exp\{-(t-a)/b\}^2$.

Зная уровень нормативной надежности $\bar{P}(t) = P_{норм}$, можно найти предельное значение времени эксплуатации $t_{пред} = a_t - b_t \sqrt{-\ln \alpha}$, где $\alpha = \pi_T(t_{пред})$ при $Q = 1 - P_{норм}$. Тогда значение остаточного ресурса определяется как $t_{ост} = t_{пред} - t_2$.

Нахождению a_t и b_t предшествует оценка надежности (нижнего значения вероятности $\underline{P}$) методами теории возможностей в два момента времени t_1 и t_2 :

$$\begin{aligned} \underline{P}_1 &= 1 - \exp\{-(t_1 - a_t)/b_t\}^2 \\ \underline{P}_2 &= 1 - \exp\{-(t_2 - a_t)/b_t\}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Из уравнений (3) находят $a_t = \frac{t_1 - t_2 \sqrt{\ln(1 - \underline{P}_1)/\ln(1 - \underline{P}_2)}}{1 - \sqrt{\ln(1 - \underline{P}_1)/\ln(1 - \underline{P}_2)}}$ и $b_t = \frac{a_t - t_1}{\sqrt{-\ln(1 - \underline{P}_1)}}$

$$\text{или } b_t = \frac{a_t - t_2}{\sqrt{-\ln(1 - \underline{P}_2)}}$$

Пример.

Исходные данные

$$P_{норм} = 0,8, t_1 = 10 \text{ лет}, \underline{P}_1 = 0,95, t_2 = 20 \text{ лет}, \underline{P}_2 = 0,90, \alpha = 1 - 0,8 = 0,2.$$

Решение

$$\begin{aligned} a_t &= \frac{10 - 20 \sqrt{\ln(1 - 0,95)/\ln(1 - 0,90)}}{1 - \sqrt{\ln(1 - 0,95)/\ln(1 - 0,90)}} = \\ &= \frac{10 - 20 \cdot 1,14}{1 - 1,14} = 91,4 \text{ лет.} \end{aligned}$$

$$b_t = \frac{91,4 - 20}{\sqrt{-\ln(1 - 0,90)}} = \frac{71,4}{1,5} = 47,6 \text{ лет.}$$

$$\begin{aligned} t_{пред} &= a_t - b_t \sqrt{-\ln \alpha} = 91,4 - 47,6 \sqrt{-\ln 0,2} = 31 \text{ год.} \\ t_{ост} &= t_{пред} - t_2 = 31 - 20 = 11 \text{ лет.} \end{aligned}$$

Если провести дополнительно оценку надежности через некоторое время t ($t_2 < t < t_{пред}$), то можно уточнить остаточный ресурс.

При использовании теории возможностей можно получить заниженное значение остаточного ресурса (в запас безопасности) с заранее заданным значением предельной (нормативной) надежности и известными значениями a_t и b_t .

Графически определение расчетного ресурса металлоконструкции грузоподъемной машины представлено на рис. 3.

Для оценки остаточного ресурса сложных технических систем, таких как металлургические агрегаты

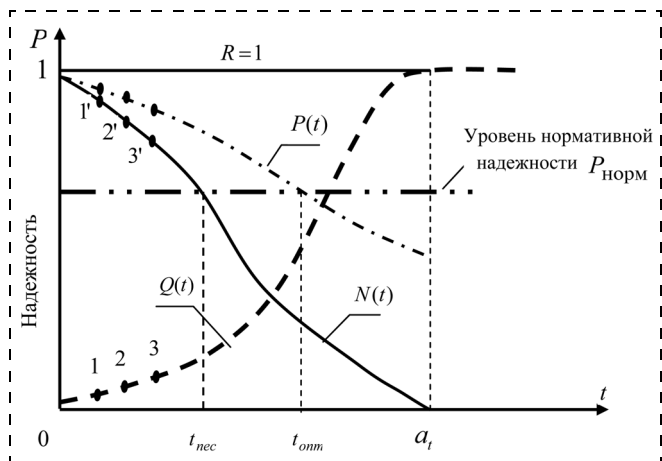


Рис. 3. Функции $R, Q, N, P, N = 1 - Q$

и грузоподъемные машины, необходимы информация о контролируемом параметре на произвольных отрезках времени их работы и его предельные нормативные значения.

Методика оценки остаточного ресурса в контексте широко применяемой теории вероятности заключается в аппроксимации кривой $P(t)$, построенной по точным значениям вероятностей безотказной работы $P_1, P_2, \dots, P_n$, полученных в различные времена $t_1, t_2, \dots, t_n$ соответственно, и в последующем прогнозировании поведения кривой надежности до нормативного значения $P_{\text{норм}}$.

Однако следует заметить, что для получения значений вероятностей $P_1, P_2, \dots, P_n$ требуется большая по объему, однородная и достоверная информация, получения которой на практике добиться, как правило, невозможно.

Поэтому, несмотря на высокое развитие теории надежности на основе теории вероятности и математической статистики, оценка надежности сложных технических устройств практически не производится из-за отсутствия необходимой для этого информации.

Кроме того, при наличии множества моделей оценки остаточного ресурса на основе теории вероятности на сегодняшний день отсутствует единая методика, позволяющая объективно и достоверно определять остаточный ресурс сложных технических устройств.

Предлагается проводить прогнозирование остаточного ресурса сложных технических устройств, таких как грузоподъемные машины, металлургические агрегаты и т. д., используя значения надежности, полученные на основе теории возможностей. Как было сказано выше, надежность сложных технических систем оценивается интервалом значений $[R, N]$, а значение надежности P , полученное методами теории вероятностей, находится внутри интервала значений надежности, т. е. $N \leq P \leq R$. По этой зависимости можно обозначить $N = P_{\text{н}}$ и $R = P_{\text{в}}$, где $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{в}}$ называют нижним и верхним значением вероятности. В связи с этим можно рассматривать пессимистическую оценку остаточного ресурса, приняв для анализа функцию $P_{\text{пес}}(t) = N(t)$, и оптимистическую оценку остаточного ресурса, приняв для анализа $P_{\text{опт}}(t) = [N(t) + R(t)]/2$.

На рис. 3 для наглядности изображены функции $R(t)$, $N(t)$ и кривые вероятностей $P(t) = N(t)$ и $P(t) = [N(t) + R(t)]/2$.

Место пересечения функции $N(t)$ с прямой $P = P_{\text{норм}}$ укажет на предельное время эксплуатации по пессимистическому варианту $t_{\text{пес}}$. Остаточный ресурс в этом случае определяется из $t_{\text{пес}} - t_{\text{к}}$, где $t_{\text{к}}$ — время последнего обследования и испытания технического устройства. Место пересечения

$P(t) = [N(t) + R(t)]/2$ с прямой $P = P_{\text{норм}}$ укажет на время $t_{\text{опт}}$ по оптимистическому варианту, следовательно, остаточный ресурс $t_{\text{опт}} - t_{\text{к}}$.

На рис. 3 показаны точки 1, 2, 3, фиксирующие значения Q в моменты времени t_1, t_2 и t_3 . Соответственно этим временам будем иметь значения N_1, N_2, N_3 и т. д. (точки 1', 2', 3').

После этого находим точку пересечения кривой $N(t)$ с уровнем нормативной надежности $P(t) = P_{\text{норм}}$. Для этого из формулы (3) находим параметры a_t и b_t по двум значениям времени t_1 и t_2 .

$$\left. \begin{aligned} -b_{t_1} \sqrt{-\ln(1 - N_1)} &= t_1 - a_t \\ -b_{t_2} \sqrt{-\ln(1 - N_2)} &= t_2 - a_t \end{aligned} \right\},$$

где $N_1 \in P_1, N_2 \in P_2$.

Перед корнем приведенного уравнения стоит знак минус, так как $t_i - a_t < 0$ ($i = 1, 2$).

После преобразования этих уравнений найдем

$$\frac{t_1 - a_t}{t_2 - a_t} = \frac{\sqrt{-\ln(1 - N_1)}}{\sqrt{-\ln(1 - N_2)}}.$$

Отсюда находят значения a_t , а зная a_t , находят и значение b_t .

Из уравнения $1 - \exp\{-(t - a_t)/b_t\}^2 = P_{\text{норм}}$ находят значения $t = t_{\text{пес}}$.

Остаточный ресурс по пессимистическому варианту

$$T_{\text{пес}}^{\text{ост}} = t_{\text{пес}} - t_2.$$

Рассмотрим оптимистический вариант.

Для нахождения $t_{\text{опт}}$ используют функцию $P(t) = [N(t) + R(t)]/2$ или $P(t) = 1 - 0,5 \exp\{-(t - a_t)/b_t\}^2$.

Значения a_t и b_t находят аналогично рассмотренному ранее случаю.

$$\left. \begin{aligned} -b_{t_1} \sqrt{-\ln[2(1 - P_1)]} &= t_1 - a_t \\ -b_{t_2} \sqrt{-\ln[2(1 - P_2)]} &= t_2 - a_t \end{aligned} \right\}, \text{ так как } \frac{t_1 - a_t}{t_2 - a_t} = \frac{\sqrt{\ln[2(1 - P_1)]}}{\sqrt{\ln[2(1 - P_2)]}}.$$

Из уравнения $1 - 0,5 \exp\{-(t - a_t)/b_t\}^2 = P_{\text{норм}}$ находят $t_{\text{опт}}$.

Остаточный ресурс по оптимистическому варианту

$$T_{\text{опт}}^{\text{ост}} = t_{\text{опт}} - t_2.$$

Реальное значение остаточного ресурса можно характеризовать в размытом виде интервалом $[T_{\text{пес}}^{\text{ост}}; T_{\text{опт}}^{\text{ост}}]$.

При последующих испытаниях методика повторяется, но вместо t_2 берется новое время испытаний и остаточный ресурс уточняется.



По мере накопления информации о надежности в различные моменты времени расчетный остаточный ресурс будет становиться более адекватным.

Оценка надежности конструкций технических систем с помощью интервальных экспертных оценок

Известные методы построения моделей надежности сложных технических систем опираются на аппарат теории вероятности и математической статистики и требуют исходных данных о вероятностно-временных характеристиках базовых параметров для дальнейших расчетов. Получение таких исходных данных, как правило, сопряжено с проведением достаточно трудоемких теоретических и экспериментальных исследований, которые не всегда возможны, а получаемые результаты от них нередко содержат малую и нечеткую информацию, использование которой вызывает объективное недоверие к результатам расчетов. Это, с одной стороны. С другой, получаемые однозначные оценки надежности, даже при полной информации об исходных данных, в виде конкретного значения, например 0,9985, опять вызывают сомнение, и можно рассматривать его не как благо, а как недостаток из-за потерянной информации. Получается, что события воспринимаем в статически-вероятностном представлении, а получаемые на их основе расчетные результаты, в частности расчетные значения надежности конструкций, представляем в однозначном виде. С такими результатами можно согласиться в частных случаях, например при бросании фишки с шестью исходами, но никак нельзя согласиться с ними при оценке надежности сложных технических систем с большим количеством базовых параметров случайного характера в математических моделях предельных состояний.

В работах [6–8] предложена модель для вычисления интервалов вероятности $\underline{P}(t) = \frac{n}{N+S}$ (нижнее значение вероятности) и $\bar{P}(t) = \frac{n+S}{N+S}$ (верхнее значение вероятности), где N — общий объем выборки; n — количество значений, взятых из N в течение времени t ; S — параметр уточнения вероятности.

При $S = 0$ имеем $\underline{P} = \frac{n}{N} = \bar{P} = \frac{n}{N} = P$. То есть получаем обычное представление о вероятности и надежности. А что дает модель при $S \neq 0$? Рассмотрим простейший пример.

Предположим, что подбрасывается монета 5 раз, при этом выпал орел 3 раза. Тогда вероятность появления орла составит $P = \frac{n}{N} = \frac{3}{5} = 0,6$, но это невер-

но. Нам известно, что $P = 0,5$. Однако будем считать, что других опытов с монетой нет и уточнить ответ не удастся. А если принять модель с $S = 2$, то получим

$$\underline{P} = \frac{n}{N+S} = \frac{3}{5+2} = 0,43 \text{ и } \bar{P} = \frac{n+S}{N+S} = \frac{3+2}{5+2} = 0,71,$$

т. е. вероятность выпадения орла находится в интервале $[0,43; 0,71]$. Из результатов расчета видно, что новый ответ более осторожный и более приближающийся к истинному значению, равному 0,5.

С увеличением N влияние S будет уменьшаться и при $N \rightarrow \infty$ влияние S исчезает и мы имеем истинное значение вероятности (по классическому

определению) $P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}$.

Имеется доказательство того, что нижнее значение вероятности отказа с использованием вышеуказанных моделей можно найти из уравнений:

— нижнее значение вероятности отказа

$$\underline{Q} = (M+S)^{-1}(N+S)^{-1} \times \sum_{i=1, \dots, m} d_i (N - \sum_{A_j: \inf A_j \leq \sup D_i} C_j); \quad (4)$$

— верхнее значение вероятности отказа

$$\bar{Q} = 1 - (M+S)^{-1}(N+S)^{-1} \times \sum_{i=1, \dots, m} C_i (M - \sum_{D_j: \inf D_j \leq \sup A_i} d_j), \quad (5)$$

где M — число всех интервалов, полученных измерениями прочности или несущей способности; N — число всех интервалов, полученных измерениями нагрузки; d_i — число одинаковых интервалов в серии всех m интервалов, характеризующих прочность материала или несущую способность конструкции; C_i — число одинаковых интервалов в серии всех n интервалов, полученных в результате измерений нагрузки; $\inf A_j$ — наименьшее значение прочности в j -ом интервале; $\sup A_i$ — наибольшее значение прочности в i -ом интервале ($i = 1, 2, \dots, n$); $\sup D_i$ — наибольшее значение нагрузки в i -ом интервале; $\inf D_j$ — наименьшее значение нагрузки в j -ом интервале нагрузки.

Подробное описание выбора параметра S можно найти в работе [6]. При малом объеме измерений базовых параметров конструкции рекомендуется принимать $S = 1$ или $S = 2$ [9]. При больших значениях S и малом числе n и N влияние S на значение вероятности будет слишком большим.

Рассмотрим порядок расчета надежности конструкции на примере: пусть в результате испытаний металлоконструкций мостового крана интегральным неразрушающим методом [9] были определены значения несущей способности балок моста крана по прочности материала балок в наиболее нагруженных его частях в виде интервалов предельных нагрузок (тс) [16; 18], [18; 21], [20; 22]. При этом ин-



тервал [18; 21] встретился два раза, а другие интервалы по одному разу, т. е. $M = 4$.

За период работы крана после последней его диагностики были зафиксированы значения поднимаемых грузов за некоторые короткие отрезки времени (в течение одного дня) в виде следующих интервалов (тс) [10; 16], [14; 17], [8; 12], [12; 15]. Интервал [14; 17] тс встречается три раза, интервал [12; 15] тс — два раза, остальные — по одному разу. Итого $N = 7$.

Требуется найти нижнее и верхнее значения вероятностей безотказной работы крана по несущей способности металлоконструкций балок крана при работе его в том же режиме загрузки.

Из интервалов несущей способности $F_{пр}$ балок крана имеем:

$$\inf D_1 = 16, D_2 = 18, D_3 = 20 \text{ тс},$$

$\sup D_1 = 18, D_2 = 21, D_3 = 22$ тс и число одинаковых интервалов соответственно равно $d_1 = 1, d_2 = 2, d_3 = 1$.

Из анализа интервалов нагрузок на кран имеем

$$\inf A_1 = 10, A_2 = 14, A_3 = 8, A_4 = 12 \text{ тс};$$

$\sup A_1 = 16, A_2 = 17, A_3 = 12, A_4 = 15$ тс. Число одинаковых интервалов соответственно составляет: $C_1 = 1, C_2 = 3, C_3 = 1, C_4 = 2$.

По уравнениям (5) и (6) при $M = 4, N = 7$ и $S = 1$ найдем вероятности отказов:

$$\begin{aligned} \underline{Q} &= (4 + 1)^{-1}(7 + 1)^{-1}[1(7 - 1 - 3 - 1 - 2) + \\ &+ 2(7 - 1 - 3 - 1 - 2) + 1(7 - 1 - 3 - 1 - 2)] = 0; \\ \overline{Q} &= 1 - (4 + 1)^{-1}(7 + 1)^{-1}[1(4 - 1) + 3(4 - 1) + \\ &+ 1(4 - 0) + 2(4 - 0)] = 0,4. \end{aligned}$$

Вероятность отказа характеризуется интервалом $[0; 0,4]$.

Соответственно надежность крана по прочности металлоконструкций балок при прежнем режиме работы будет характеризоваться $\overline{P} = 1 - \underline{Q} = 1 - 0 = 1$ и $\underline{P} = 1 - \overline{Q} = 1 - 0,40 = 0,60$ или интервалом $[1; 0,60]$.

Для повышения надежности крана по металлоконструкциям следует пересмотреть режим работы крана, например, уменьшить уровень поднимаемых грузов или цикличность подъема. Но в масштабах реального производства последнее сделать весьма затруднительно, поэтому применяется так называемый метод дублирования, т. е. распределение нагрузок путем задействования другой грузоподъемной машины.

Кроме того, для повышения надежности кранов необходимо проведение постоянного мониторинга состояния всех конструктивных и технологических параметров; минимизировать влияние внешних воздействий, например температуры, на металлоконструкции и канаты; проводить нивелировку и устранять дефекты крановых путей.

Список литературы

1. Дюбуа Прад А. Теория возможностей: Приложения к представлению знаний в информатике. — М.: Радио и связь, 1990. — 288 с.
2. Пытьев Ю. П. Возможность. Элементы теории и применения. — М.: Эдиториал, 2000.
3. Уткин В. С. Неразрушающие методы определения несущей способности строительных конструкций: Учеб. пос. / В. С. Уткин, Л. В. Уткин. — Вологда: ВоПИ, 1996. — 80 с.
4. Уткин В. С. Значение уровня риска в теории возможностей // Строительные материалы. — 2004. — № 8. — С. 35.
5. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде — М.: Мир, 1976. — 163 с.
6. Walley P. Inferences from multinomial data: Marning about a bag of marbles // Journal of the Royal Statistical Society. — Series B. — 58: 3—57. — 1996.
7. Walley P. Statistical Reasoning with Imprecise Probabilities, Chapman and Hall. — London, 1991.
8. Кузнецов В. П. Интервальные статистические модели. — М.: Радио и связь, 1991. — 352 с.
9. Уткин В. С., Уткин Л. В. Несущая способность и надежность строительных конструкций: Монография. — Вологда: ВоГТУ, 2000. — 151 с.

ИНФОРМАЦИЯ

IV Международная выставка и конференция

"Водопользование: действительность, проблемы и перспективы" СУ АРНАСЫ—2009

3—5 июня 2009 года

г. Астана, выставочный центр "Корме" (Левый берег, новый административный центр города)

Тематика выставки и конференции: водоснабжение, водоподготовка, водоотведение, очистка сточных вод, охрана окружающей среды и др.

Контакты: Выставочная компания "Астана—Экспо КС"

Республика Казахстан, 010000, г. Астана, Левый берег, ул. Достык, 3

Тел./факс +7 (7172) 524-323, 524-325. Моб. +7 (701) 520-09-30 Асия Хасенова

E-mail: asiya@astana-expo.com

www.astana-expo.com

УДК 628.543

В. И. Баженов, канд. техн. наук, доц., **С. В. Летаров**, асп.
Московский институт коммунального хозяйства и строительства

Биологическая очистка жиросодержащих стоков

Разработана технологическая линия аэробной биологической очистки жиросодержащих сточных вод. Приведены результаты экспериментальных исследований режимов биохимического разложения жиров в реакторе за счет интенсивной рециркуляции стоков. Результаты исследований показали, что предлагаемая технологическая линия позволяет обрабатывать биологическими методами жиросодержащие стоки без их предварительного разбавления с эффективностью удаления жиров на уровне 88 %.

Ключевые слова: жиросодержащие сточные воды, напорная флотация, коагуляция, физико-химическая очистка сточных вод.

Bazhenov V. I., Letarov S. V. Biological treatment of fat-containing wastewater

A process line of fat-containing wastewater biologic treatment has been developed. Results of experimental studies of fats biodegradation modes in reactor through wastewater intensive recirculation are presented. The results of the study show that the proposed process line is capable to treat fat-containing wastewater by biological methods without preliminary dilution. The process line demonstrates 88 % fat removal efficiency.

Keywords: fat-containing wastewater, pressur flotation, coagulation, phisico-chemical treatment wastewater.

Проблема очистки жиросодержащих стоков в последние годы становится все более актуальной, так как их сбрасывают во все возрастающем количестве и агроперерабатывающие предприятия (бойни, мясокомбинаты, молоко- и сырзаводы), и предприятия сферы обслуживания населения (кафе, рестораны).

В этой связи все более привлекательными становятся широко распространенные и хорошо зарекомендовавшие себя методы биологической очистки микроорганизмами активного ила. Эти методы являются недорогими и компактными по конструкции и удобными в эксплуатации и обслуживании. По своей простоте и надежности аэробная обработка существенно превосходит анаэробное биоразложение, контроль и управление которым значительно более сложны и трудны.

Биохимическое разложение загрязняющих сточные воды жиров происходит в два этапа (рис. 1):

1) гидролиз, где глицириды (сложные эфиры глицерина) гидролизуются в глицерин ($\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$) и жирные кислоты ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$);

2) окисление и трансформация жирных кислот и глицерина в биомассу и диоксид углерода CO_2 .

На большинстве существующих технологических линий аэробной очистки жиросодержащих стоков выполняются классические процессы биохимического окисления в бассейнах глубиной около 4 м, где аэрация и перемешивание осуществляются путем инжестирования воздуха у дна сооружения. Однако в этих случаях необходимо предварительное удаление жиров с помощью различного рода механических средств (отстойников, жироловок, жиросепараторов), так как в противном случае будет иметь место накопление избыточного количества жиров и может произойти срыв работы аэрационных сооружений. Расход воздуха, подводимого в аэротенки, как правило, под давлением 98—107,6 КПа недостаточен для обеспечения потребного для разложения жиров количества растворенного кислорода и необходимой степени перемешивания, исключающий их осаждение на дно бассейна. Более того, инжестирование воздуха в среду, богатую жирными кислотами и ферментами, приводит к образованию пены. При этом пенообразование интенсивно развивается при увеличении количества инжеструемого воздуха.

В результате этих технически противоречивых требований возникают следующие эксплуатационные ограничения: минимизация принимаемой нагрузки; предварительное разбавление концентрированных жиросодержащих стоков; ограничение количества инжеструемого воздуха во избежание образования пены.

Оригинальность предлагаемой технологии состоит в том, что она, не требуя предварительного разбавления стоков, учитывает специфические особенности, присущие жиросодержащим стокам. Адаптированный по загрязнению и вязкости к указанным стокам специальный реактор предусматривает перемешивание, при котором создается циркуляция и всплывающие частицы направляются к дну сооружения, что обеспечивает наиболее эффективное расщепление жиров.

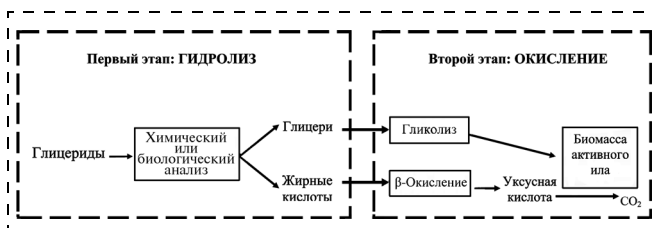


Рис. 1. Схемы деградации глициридов и биохимического разложения жиров

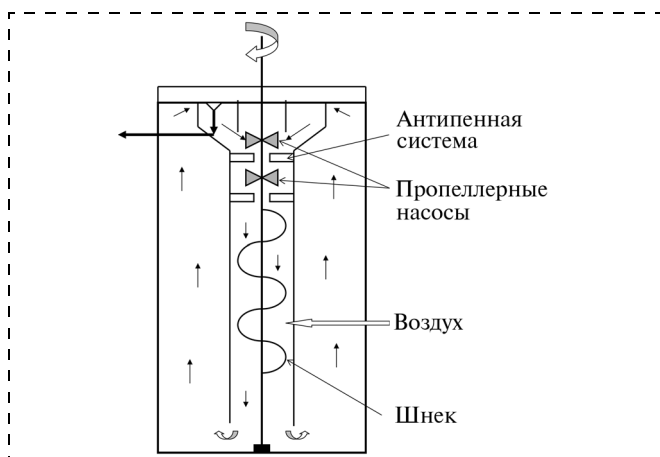


Рис. 2. Схема реактора для биохимической очистки жиросодержащих стоков

Схема реактора для биологической очистки жиросодержащих стоков представлена на рис. 2.

Принцип функционирования реактора базируется на интенсивной рециркуляции жиросодержащего стока в цилиндрическом или прямоугольном сооружении от поверхности к днищу через центральную часть, оборудованную шнековым насосом, снабженным антипенной системой. Перемешиванию водно-иловой смеси способствует нисходящее движение потока в центральной части. Восходящее движение потока к поверхности происходит по периферии сооружения и подпитывает переливом коническую часть шнека, возвышающуюся в центральной части. Центральная часть суживается, что приводит к увеличению скорости стока, поступающего от поверхности к винту. Эта гидравлическая система позволяет осуществить интенсивное перемешивание и хороший контакт между биоценозом активного ила и обрабатываемыми жировыми частицами.

Инжектирование воздуха при помощи гибкой трубы производится под небольшим давлением в центральную часть реактора на 2,0...2,5 м ниже зеркала поверхности жидкости. Взбивание вращающимся винтом водовоздушной смеси создает мелкие пузыри, обеспечивающие интенсивную передачу кислорода и насыщение им культуральной среды. Вращение пропеллерного насоса увлекает пузыри воздуха в глубину аэротенка. Увеличение давления, фракционирование пузырей и эффект перемешивания благоприятствует массопереносу кислорода через поверхность "газ—жидкость" и позволяет улучшить таким образом усвоение растворенного кислорода микроорганизмами активного ила.

Свойственное процессу обработки жиросодержащих стоков явление образования пены отражается вторым пропеллерным насосом, установленным выше первого и погруженным непосредственно у поверхности жидкости. В результате происходит разбиение пены, увлекаемой с поверхности жидкости,

и вовлечение ее в центральную часть, что способствует надежному перемешиванию пены с биомассой активного ила.

Наконец, очищенные от жировых загрязнений стоки переливаются во вторичный отстойник для последующего осаждения биомассы активного ила, возвращаемой затем рециркуляционным насосом в биореактор для участия в биохимическом процессе расщепления жиров. Образовавшийся избыточный активный ил удаляется в технологическую линию обработки осадка.

Биохимическая реакция деградации жиров сопровождается выделением значительного количества теплоты. Поэтому оптимальную температуру функционирования реактора на уровне 40...50 °С можно поддерживать простой теплоизоляцией аэротенка без монтажа специальной системы подогрева стоков.

Технологическая линия биологической очистки жиросодержащих стоков (рис. 3) состоит из двух реакторов. В первом реакторе система перекачки и дробления позволяет гомогенизировать жировые частицы в процессе гидролиза, уменьшить количество крупных частиц и тем самым оптимизировать последующую биологическую обработку во втором реакторе, осуществляющем биологическую очистку (см. рис. 2).

Испытания проводились на двух полупромышленных (пилотных) установках объемом 8 и 22 м³.

Аналитические методы, использованные при проведении эксперимента, обеспечивали определение концентрации жировых взвешенных веществ путем экстракции и выпаривания, определение концентрации легких и тяжелых жирных кислот хроматографическим методом. Степень очистки в процессе испытаний определялась по трем критериям.

Эффективность очистки за несколько суток:

$$R_T = \frac{\sum(C_0 V_0) + C_i V - C_f V - \sum(C_e V_0)}{\sum(C_0 V_0)}, \quad (1)$$

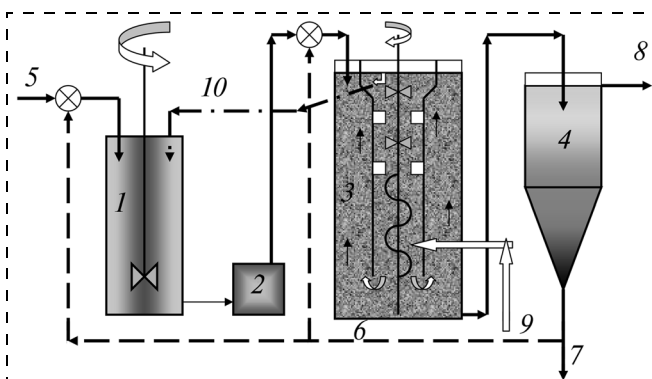


Рис. 3. Технологическая линия обработки жиросодержащих стоков: 1 — реактор 1 (гидролиз); 2 — гомогенизатор; 3 — реактор 2 (окисление); 4 — вторичный отстойник; 5 — исходный сток; 6 — возвратный активный ил; 7 — избыточный активный ил; 8 — очищенный сток; 9 — воздух; 10 — возврат смеси активного ила из реактора 2

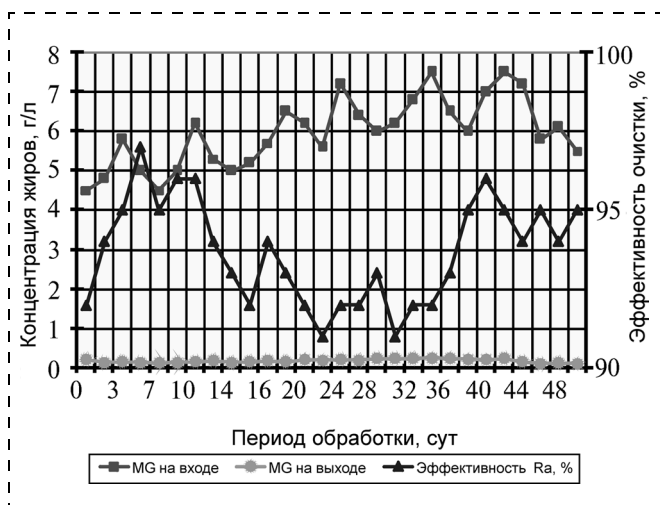


Рис. 4. Эффективность очистки за период испытаний в течение 50 сут

где C_0 — средняя концентрация частиц жира (MG) в поступающих жиродержащих стоках; V_0 — поступивший и удаленный суточный объем стоков; V — объем реактора; C_e — концентрация жиродержащих веществ в удаляемой жидкой смеси; C_i — начальная концентрация жиродержащих веществ в реакторе; C_f — конечная концентрация жиродержащих веществ в реакторе.

Эффективность очистки за одни сутки:

$$R_j = \frac{C_0 V_0 + C_i V - C_f V - C_e V_0}{C_0 V_0} \quad (2)$$

Эффективность очистки при стационарных не изменяющихся режимах ($C_i V = C_f V$)

$$R_a = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \quad (3)$$

Поскольку система функционировала в постоянном режиме, степень очистки, определяемая по уравнению (3), обеспечивала возможность ежесуточного мониторинга результатов эксплуатации пилотной установки. После 24 ч работы установка возвращалась на прежний уровень концентраций по жировым веществам.

На рис. 4 приведены результаты испытаний за 50-суточный период эволюции входящих и выходящих потоков. Результаты расчетов показали, что средняя эффективность деградации жировых загрязнений, рассчитанная по формуле (1), равна 94 %. Использование зависимости (3) показывает диапазон эффективности очистки в пределах 90...94 %, т. е. близкий к средней эффективности, рассчитанной по уравнению (2). Поступающие на очистку жиродержащие стоки имели среднее содержание жира 6,0 г/л.

Результаты расчетов, выполненных при объемной нагрузке в диапазоне 3...6 кг/м³ · сут, при среднем

времени пребывания во втором (окислительном) реакторе 13 суток и температуре 45...50 °С, подтверждены экспериментами и позволили рекомендовать использование предлагаемого реактора, способного обработать до 250 кг жиров в сутки в реакторе объемом 65...70 м³.

Параллельно с определением эффективности очистки от жиров при испытаниях отслеживались биологические механизмы, реализуемые в предлагаемой технологической схеме. С этой целью выполнялись хроматографические анализы состава смеси для оценки на каждом этапе очистки содержания свободных жирных кислот; жирных кислот, связанных со сложными эфирами; общего количества жирных кислот (свободные + связанные со сложными эфирами жирные кислоты).

Процентное содержание деградации на основных этапах процесса было рассчитано на основе анализа хроматографических профилей насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

Установлено, что гидролиз протекает в основном в первом реакторе с эффективностью 85 % после 8 суток контакта. В то же время он продолжается и во втором реакторе, так как оставшиеся глицериды гидролизуются в среднем до 94...95 %. Этап окисления свободных жирных кислот начинается в первом реакторе вследствие возврата активного ила из второго окислительного реактора. В основном же процесс окисления проходит во втором реакторе, куда рециркулируется активный ил из вторичного отстойника, так как жирные кислоты здесь деградируют с эффективностью 95...97 %.

Эксперименты показали, что кислоты с короткой углеродной цепью ($C < 10$) разлагались полностью.

Параметры процесса окисления более тяжелых свободных жирных кислот приведены в таблице, где C_0 — концентрации свободных жирных кислот на входе в реактор окисления; C_e — концентрации свободных жирных кислот на выходе из реактора окисления; R_a — эффективность очистки; C_{se} — содержание жирных кислот в активном иле испытанных пилотных установок. Видно, что более трудно

Эффективность окисления свободных жирных кислот

Жирные кислоты	C_0 , г/л	C_e , г/л	R_a , %	C_{se} , г/л
C ₁₀	0,42	0,06	85,7	0,20
C ₁₁	0,04	0,02	100,0	0,01
C ₁₂	0,77	0,10	87,0	0,03
C ₁₃	0,06	0,10	92,2	0,02
C ₁₄	3,61	0,30	91,7	0,84
C ₁₅	0,39	0,10	74,3	0,04
C ₁₆	25,23	0,65	97,4	0,35
C ₁₇	0,22	0,10	54,5	0,03
C ₁₈	10,39	0,41	96,0	0,32
C ₂₀	1,33	0,08	94,0	0,13
Сумма	42,46	1,92	87,5	1,97

происходит окисление насыщенных тяжелых кислот, особенно C_{10} , C_{12} , C_{13} , C_{15} и C_{17} . Однако концентрации этих кислот, будучи незначительными в жиродержащих стоках, оказывают малое влияние на общую эффективность окисления. Эффективность разложения кислот C_{16} и C_{18} достаточно хорошая, и это оказывает существенное влияние на общую эффективность окисления, так как они составляют примерно 50 % остаточных жиродержащих веществ на последнем этапе очистки.

Сравнение данных таблиц показало, что качество активного ила, полученного на пилотных установках, близко к классическим активным илам по концентрации остаточных жирных частиц. Идентифи-

кация микробных штаммов в биоценозе активного ила пилотных установок свидетельствует о его аналогии с биоценозом микрофауны классических аэротенков. Преимущественный рост в экспериментальном биоценозе имеют аэробные бактерии и факультативные бактерии семейства *Pseudomonas*. Другие штаммы принадлежат к группам *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* и *Bacillus*.

Таким образом, результаты исследований показали, что предлагаемая технологическая линия позволяет обрабатывать биологическими методами жиродержащие стоки без их предварительного разбавления с эффективностью удаления жиров стабильно на уровне 88 %.

УДК 662.7.002.82

А. Н. Грачев, канд. техн. наук, доц., **Т. Д. Исхаков**, асп.,

В. Н. Башкиров, д-р техн. наук, проф.

Казанский государственный технологический университет

Пиролиз деревянных шпал как метод утилизации

Рассмотрена возможность утилизации отработанных деревянных шпал (ОДШ) методом пиролиза. Представлены результаты экспериментальных исследований кинетики пиролиза ОДШ, анализ жидких продуктов пиролиза, а также исследования характеристик угля, полученного из отработанных деревянных шпал методом пиролиза. Проведенные исследования позволили сделать заключение о технологической возможности утилизации ОДШ методом пиролиза с получением товарных продуктов.

Ключевые слова: отработанная деревянная шпала, утилизация, пиролиз, продукты утилизации, адсорбционная способность.

Grachev A. N., Iskhakov T. D., Bashkirov V. N. Pyrolysis of wooden cross ties as a utilization method

In article the opportunity of utilization of waste wooden cross ties by a method of pyrolysis is considered. Results of experimental researches of pyrolysis kinetics of waste cross ties, analysis of liquid products and characteristics of char obtained in the result of pyrolysis are presented. Researches allowed to make the conclusion about the technological possibility of utilization of waste cross ties by the method of pyrolysis with reception of commodity products.

Keywords: waste wooden cross-tie, utilization, pyrolysis, products of utilization, ability to adsorb.

Проблема с отработанными деревянными шпалами, ежегодно образующимися на территории Российской Федерации в количестве более 2 млн штук, стала настолько актуальной, что различные подразделения ОАО "Российские железные дороги" приступили к реализации программы по решению данной проблемы. Раньше они реализовывались по остаточным ценам населению и организациям, использовавшим их в качестве строительного материала. Однако в связи с ужесточением экологического законодательства такое использование ОДШ запретили, впрочем, как и утилизацию их сжиганием. Каменноугольное масло, до некоторого времени применявшееся в качестве антисептика для деревянных шпал повсеместно, а теперь уже в меньшей степени, по степени воздействия на организм относится к первому (чрезвычайно опасное вещество) или второму (высокоопасное вещество) классу в зависимости от массовой доли токсичных веществ в возгонах каменноугольных смол. Вредное воздействие каменноугольного масла обусловлено действием токсичных компонентов, входящих в его состав, наиболее опасным из которых является бенз(а)пирен, классифицирующийся как вероятный канцероген для человека и как канцероген при воздействии на животных.

Захоронение отработанных деревянных шпал должно осуществляться на специально оборудованных площадках и полигонах, что ведет к большим финансовым затратам. В настоящее время существует ряд альтернативных предложений по утилизации

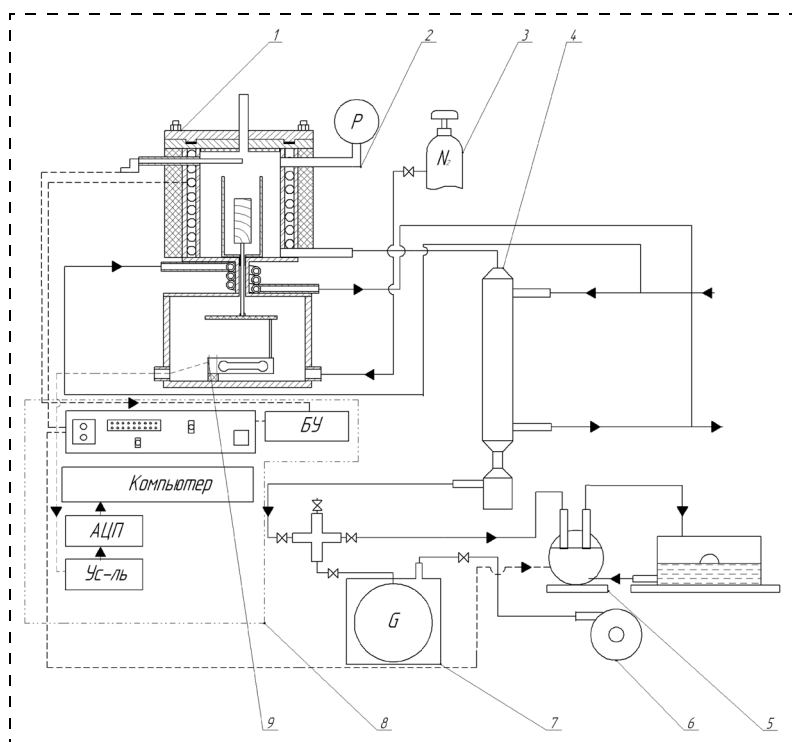


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для исследования кинетики пиролиза ОДШ:

1 — камера пиролиза; 2 — вакуумметр; 3 — баллон с азотом; 4 — конденсатор; 5 — водокольцевой насос; 6 — компрессор; 7 — сухой газгольдер; 8 — блок управления и регистрации данных; 9 — тензодатчик

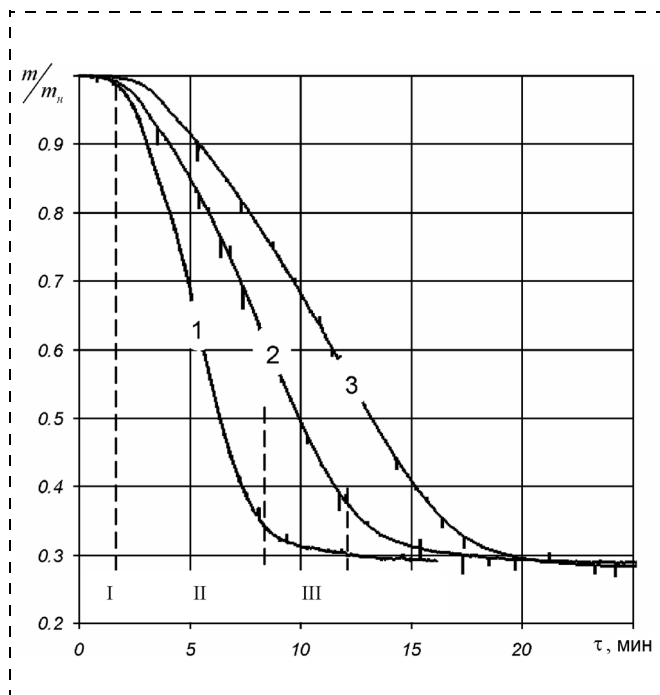


Рис. 2. Кинетические кривые изменения массы образцов в зависимости от их размера:

1 — 10 × 10 мм; 2 — 20 × 20 мм; 3 — 30 × 30 мм; m , m_n — соответственно конечная и начальная масса образцов, г

ОДШ (использование в композиционных материалах и строительстве, газификация с последующим сжиганием, химическая нейтрализация и др.) [1], однако экономическая целесообразность и экологическая безопасность данных способов в большинстве случаев ставится под сомнение. Применение технологии пиролиза для утилизации отработанных шпал, на наш взгляд, является наиболее приемлемым как с экономической, так и с экологической точки зрения, поскольку уголь и пиролизная жидкость, получаемые при пиролизе, можно использовать в промышленных целях [2].

С целью оценки возможности утилизации ОДШ методом пиролиза и экспериментального исследования процесса пиролиза этих шпал была разработана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1. Установка состоит из камеры пиролиза 1 (термического разложения) с нагревателем и тензодатчиком 9, конденсатора 4, сухого газгольдера 7, насоса 5, компрессора 6, запорно-регулирующей арматуры и системы сбора и обработки информации 8 [3].

На данной экспериментальной установке были проведены исследования кинетики пиролиза ОДШ и получены про-

бы продуктов пиролиза при различных условиях процесса и массовых содержаниях каменноугольного масла в древесине.

Эксперимент осуществлялся следующим образом. Образец прямоугольной формы, вырезанный из пропитанной части отработанной шпалы, устанавливался внутрь камеры пиролиза и подвергался нагреву. Образовавшаяся в процессе термического разложения парогазовая смесь конденсировалась в конденсаторе, а неконденсирующиеся газы выводились в газгольдер. Изменение массы образца фиксировалось непрерывно в течение всего процесса пиролиза системой сбора и обработки информации на основе тензометрического датчика с частотой 100 Гц. Эксперимент прекращался после того, как масса образца достигала постоянной величины, что свидетельствовало об окончании выделения летучих веществ.

В ходе проведенных экспериментов было выявлено влияние размеров и влажности образцов, а также температуры среды на характер кинетических кривых и продолжительность процесса пиролиза. Как видно из представленных на рис. 2 кинетических кривых, полученных при пиролизе образцов различного поперечного сечения влажностью 10 % при температуре среды 450 °С, продолжительность пиро-

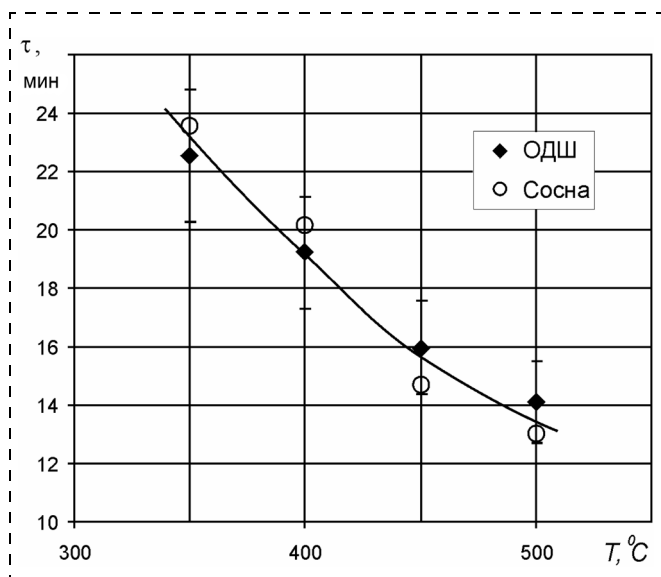


Рис. 3. Зависимость продолжительности процесса пиролиза для образцов древесины сосны и ОДШ от температуры среды

лиза τ увеличивается с увеличением размера образца. Необходимо отметить также, что полученные кинетические зависимости процесса пиролиза отработанных деревянных шпал аналогичны зависимостям, полученным при пиролизе древесины, и имеют три характерных участка: зона I — прогрев, зона II — термическое разложение и зона III — прокалка.

Обработка исходных кинетических кривых позволила построить зависимости продолжительности процесса пиролиза ОДШ от различных режимных параметров. Представленная на рис. 3 зависимость продолжительности пиролиза τ для образцов древесины сосны и ОДШ от температуры процесса T показывает снижение продолжительности пиролиза с увеличением температуры. Анализ результатов экспериментальных исследований процесса пиролиза древесины и отработанных деревянных шпал [3] также показал незначительное расхождение между ними, которое не превышает 9 %, что позволяет применять с допустимой для инженерной практики точностью кинетические зависимости процесса пиролиза древесины для моделирования процесса пиролиза ОДШ.

Обработка экспериментальных данных, представленных на рис. 4, позволила сделать вывод об увеличении выхода угля с уменьшением температуры пиролиза. По этим данным в программной среде "Regress" была получена эмпирическая зависимость выхода угля в зависимости от температуры T :

$$y = \frac{1}{-4,61 + 0,020285381 T}$$

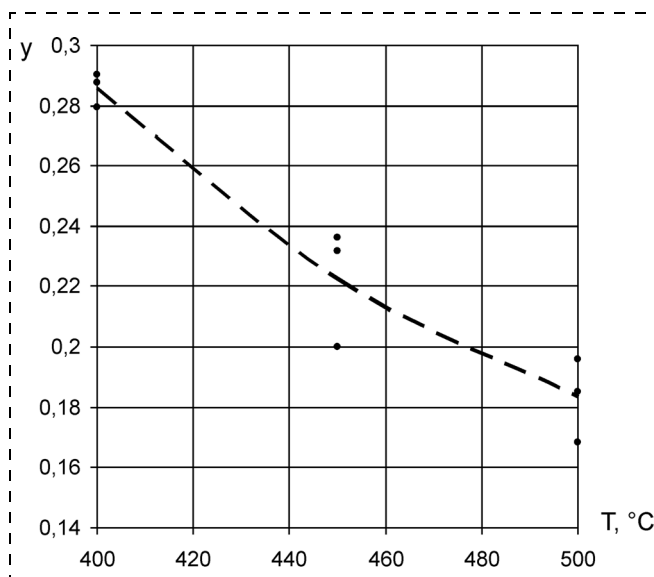


Рис. 4. Зависимость массовой доли угля y от температуры процесса пиролиза

Кроме того, в результате обработки полученных данных по продолжительности пиролиза ОДШ разработана трехфакторная модель пиролиза, позволяющая рассчитать продолжительность процесса (мин) в зависимости от толщины h , мм, влажности образца w , %, и температуры среды T , °C.

$$\tau = 8,222 \cdot 10^4 h^{0,502} w^{0,41} T^{-1,17}$$

Отклонение результатов расчета от экспериментальных данных не превышает 10 %.

Кроме того, был проведен анализ химического состава жидких продуктов пиролиза ОДШ. Анализ осуществлялся на хромато-масс-спектрометре "TurboMass Gold" фирмы "Perkin Elmer" с использованием капиллярной колонки "Elite 5ms" длиной 30 м и внутренним диаметром 0,2 мм с предварительной подготовкой проб методом термостатирования. Результаты анализа проб образцов из поверхностной зоны со средним массовым содержанием каменноугольного масла в размере 80 % показали высокое содержание фенолов — 20,1 %, фенантронов — 17,2 %, пиренов — 16,9 % и некоторых других соединений, характерных для состава каменноугольного масла. Однако следует отметить и наличие легких фракций. При анализе паровой фракции пробы, полученной путем термостатирования при 70 °C, обнаружены в больших количествах ацетон (22 %) и бутанол (12 %).

Результаты анализа проб, полученных при пиролизе образцов со средним массовым содержанием каменноугольного масла в размере 12,9 %, что соответствует общему массовому содержанию пропиточного состава в деревянных шпалах, показали преоб-

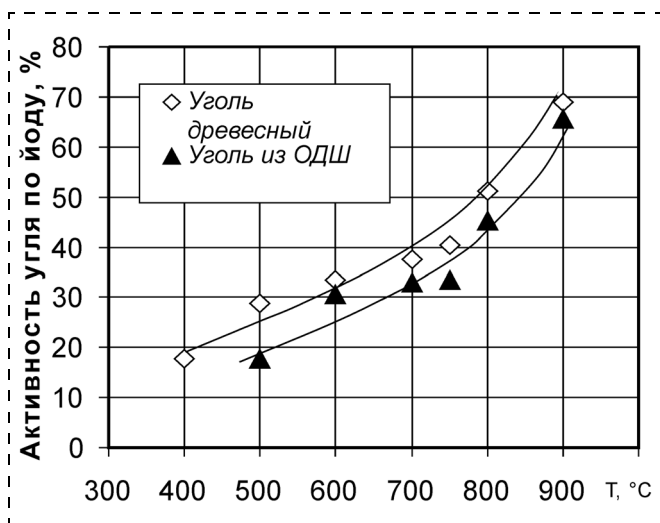


Рис. 5. Зависимость сорбционной активности древесного угля и угля, полученного при пиролизе ОДШ, от температуры активации

ладание лесохимических продуктов: уксусной кислоты — 31,1 %, фурфурала — 11,4 %, метилацетата — 14,6 % с незначительной долей компонентов каменноугольного масла. В целом, результаты аналитических исследований позволяют подтвердить гипотезу аддитивности химического состава жидких продуктов, полученных при пиролизе ОДШ в зависимости от массовой доли каменноугольного масла. Очевидно, это вызвано тем, что основные соединения каменноугольного масла термодинамически устойчивы в температурных режимах пиролиза древесины (250...450 °С). Это позволяет в первом приближении рассматривать процесс пиролиза ОДШ как совокупность процессов пиролиза древесины и дистилляции каменноугольного масла.

Для определения возможности промышленного использования угля, полученного при пиролизе ОДШ, была разработана экспериментальная установка для активации угля [4]. Активация такого угля осуществлялась при различных температурах. Проверка его адсорбционной активности по йоду показала, что активность угля, полученного из ОДШ, незначительно (в среднем на 5 %) отличается от ад-

сорбционной активности древесного угля, что делает возможным его применение на производстве. Результаты сравнения адсорбционной активности угля из древесины и ОДШ представлены на рис. 5.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования процесса пиролиза ОДШ позволили сделать заключение о технологической возможности утилизации ОДШ методом пиролиза с получением угля и рециклингом продуктов коксохимии.

Исследование кинетики процесса пиролиза показало возможность применения (с допустимой для инженерной практики точностью) кинетических зависимостей, полученных в условиях пиролиза древесины для моделирования процесса пиролиза ОДШ.

Эмпирические модели, полученные в результате обработки экспериментальных данных, позволяют с погрешностью не более 10 % определить выход угля из ОДШ и продолжительность процесса пиролиза в зависимости от температуры среды, размеров и влажности образцов.

Проверка адсорбционной активности угля по йоду показала, что активность угля, полученного из ОДШ, незначительно отличается от адсорбционной активности древесного угля, что позволяет говорить о возможности промышленного использования полученного угля в качестве сорбента.

Анализ химического состава конденсированного продукта пиролиза показал возможность его вторичного использования в качестве антисептика для изделий из древесины.

Список литературы

1. Титова Т. С. Технология утилизации отработанных деревянных шпал // "Безопасность жизнедеятельности". — 2005. — № 10. — С. 31—34.
2. Исаков Т. Д., Грачев А. Н., Сафин Р. Г. Пирогенетическая утилизация шпал // Тезисы докладов научной сессии КГТУ. — Казань, 2007. — С. 29—30.
3. Грачев А. Н., Валеев И. А., Сафин Р. Г. Пиролиз отходов деревообрабатывающих предприятий // Изв. вузов. Химия и химическая технология. — 2006. — Т. 49. — Вып. 10. — С. 104—108.
4. Исаков Т. Д., Урусов А. В., Грачев А. Н. Установка для исследования сорбционной активности угля из отработанных деревянных шпал // Тезисы докладов научной сессии КГТУ. — Казань, 2008. — С. 29—30.

Н. Н. Красногорская, д-р техн. наук, проф., **А. Н. Елизарьев**, канд. геогр. наук,
Т. Б. Фашевская, канд. геогр. наук

Уфимский государственный авиационный технический университет

Экологическое квотирование водопотребления крупным промышленным центром и стимулирование реформинга водоемких технологий в России

На основе анализа индексов устойчивого развития и современных способов экономического регулирования в области рационального водопользования показана эффективность квотирования водопотребления. Разработана методика расчета квот водопотребления крупными промышленными центрами в целях рационального использования и охраны водных ресурсов от истощения. Для примера приведены результаты оценки квот водопотребителей г. Стерлитамака Республики Башкортостан.

Ключевые слова: истощение водных ресурсов, индикаторы устойчивого развития, водоемкие технологии, экологический сток, квотирование.

Krasnogorskaya N. N., Elizariev A. N., Fashchevskaya T. B. Ecological wateruse quotas for megacity and reforming stimulation of water capacity technology in Russia

The sustainable development indexes and the modern economic regulation ways of rational wateruse are analyzed, and the efficiency wateruse quoting is shown. The design procedure of wateruse quotas for megacity is developed. For example results of wateruse quotes estimation for Sterlitamak city (Republic of Bashkortostan) presented.

Keywords: water resources exhaustion, sustainable development indexes, water-capacious technologies, ecological flow, assignment of quotas.

Процесс переориентации в понимании использования природных ресурсов с учетом обеспечения устойчивости экосистем происходит во всем мире. С 1992 г. директор *Global Water Policy Project* Сандра Постель одна из первых поднимает вопрос о грядущем дефиците воды: "Забудьте о нефти. Справедливое распределение пресной воды ставит такую же взрывную и далеко идущую политическую головоломку, как глобальное изменение климата" [1]. Так, по оценкам Всемирного Банка, уже к середине XXI века 40 % населения Земли будут испытывать дефицит воды, 20 % — "серьезно страдать" от него, причем прогнозы выполнены без учета глобального

изменения климата [2]. Аналогичный гидрологический прогноз роста глобального водопотребления в соотнесении с наличием ресурсов пресных вод и учетом их потерь вследствие загрязнения выполнен в 1992 г. гидрологом Дж. Родда (G. Rodda. On the problems of assessing the World water resources, 1997) [1, 2]. Результаты прогноза графически интерпретированы на рис. 1.

Как видно из этого рисунка, примерно между 2035 и 2045 гг. объем потребляемой пресной воды в мире сравняется с ее доступными сохранившимися ресурсами. Однако за прошедшее десятилетие с момента опубликования прогноза оценка предполагаемой точки пересечения объема водного потребления и объема имеющихся ресурсов сместилась еще на десять лет — к 2025 г. [2].

Индикаторы устойчивого развития в области рационального водопользования

Обострение дефицита пресной воды является самой серьезной угрозой устойчивому развитию человечества, что отмечено в решениях Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. ("Повестка дня на XXI век"), Всемирного саммита по устойчивому развитию, IV Всемирного водного форума в Мехико в 2006 г. и других крупнейших международных форумов и "круглых столов" начала нового тысячелетия. Уже в 2000 г.

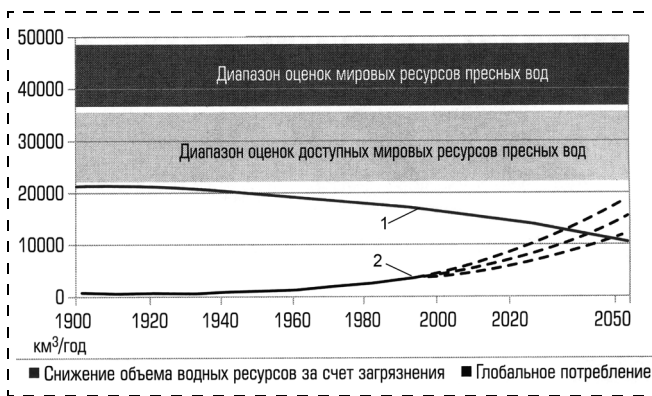


Рис. 1. Ресурсы пресной воды, ее глобальное потребление и снижение объема водных ресурсов вследствие загрязнения:

1 — снижение объема водных ресурсов за счет загрязнения; 2 — глобальное потребление

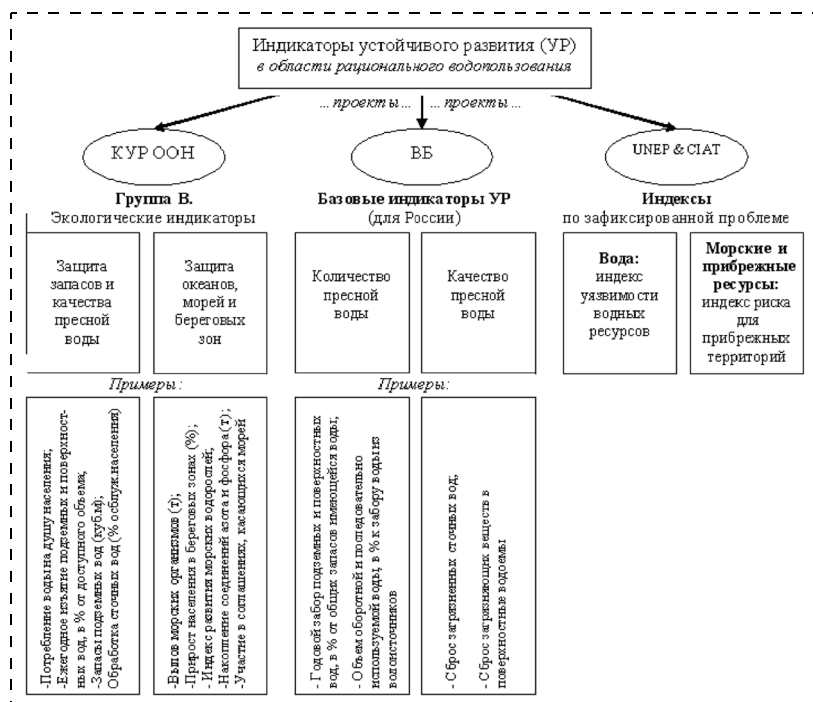


Рис. 2. Экологические индикаторы устойчивого развития в области рационального водопользования

рациональное использование водных ресурсов и решение проблем с водоснабжением поставлены на первый план для достижения Целей развития тысячелетия (Millennium Development Goals — MDGs), заявленных мировыми лидерами в ООН в Нью-Йорке, ставшими в настоящее время объединяющим центром глобального развития [3].

В "Повестке дня на XXI век" отмечается, что для контроля за достижением поставленных целей, управления и оценки эффективности процессов обеспечения рационального водопользования необходима разработка индикаторов устойчивого развития, которую в последнее время активно проводят такие ведущие международные организации, как ООН, Всемирный Банк, Еврокомиссия, Научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др. Следует отметить следующие проекты по разработке индикаторов устойчивого развития [4].

1. Система индикаторов устойчивого развития, предложенная Комиссией ООН по устойчивому развитию (КУР ООН), состоящая из 132 индикаторов.

2. Система интегрированных экологических и экономических национальных счетов (System for Integrated Environmental and Economic Accounting), предложенная Статистическим отделом ООН и нацеленная на учет экологического фактора в национальных статистиках.

3. Показатель "истинных сбережений" (genuine savings), разработанный и рассчитанный Всемирным Банком (ВБ).

4. Система индикаторов для улучшения управления природопользованием в Центральной Америке, разработанная совместно Всемирным Банком Программой ООН по окружающей среде (UNEP) и Международным центром тропического сельского хозяйства (CIAT).

5. Программа экологических индикаторов Организации стран экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), объединяющей 30 экономически развитых государств.

Во многом разработка индикаторов устойчивого развития — комплексная процедура, требующая значительного объема исходной информации, поэтому до сих пор далека от завершения. На рис. 2 представлены экологические индикаторы устойчивого развития в области рационального водопользования из трех перечисленных проектов (пп. 1, 3, 4).

Большинство пилотных проектов показало, что список индикаторов излишне длинный и усложняет работу по оценке и анализу на национальном уровне. Наиболее эффективной стала схема "тема — подтема — индикатор", на основе кото-

рой минимальный список базовых индикаторов предлагается странам для апробирования и подготовки национальных программ. Так, например, в табл. 1 приведены показатели индикаторов Всемирного Банка для России в 2006 г. из краткого "зеленого" справочника ("The Little Green Data Book", [5]) из подтемы "Вода и канализация".

Как видно из табл. 1, индикаторы устойчивого развития в области обеспеченности водных ресурсов свидетельствуют о том, что Россия относится к ряду стран, в которых запасы пресной воды превышают внутренние потребности населения, а доступ к воде имеют почти 100 % населения (причем

Таблица 1
Показатели индикаторов устойчивого развития для России (2006 г.) по данным краткого "зеленого" справочника Всемирного Банка [5]

№ пп.	Наименование индикатора	Величина
Вода и канализация:		
1	Запасы пресной воды на душу населения, м ³	29 981
2	Общее потребление пресной воды за год, % от запасов пресной воды	1,8
3	Доступ к очищенным источникам воды, % от общей численности населения	96
4	— в сельской местности	88
	— в городах	99
	Доступ к водопроводу и канализации, % от общей численности населения	87
	— в сельской местности	70
	— в городах	93

доступ в сельской местности незначительно отличается от городов). Россия занимает второе место после Бразилии по запасам пресной воды перед Канадой и Австралией [2, 6].

По мере усиления вододефицита на планете, о котором свидетельствуют прогнозы гидролога Д. Родда и оценки Всемирного Банка [1, 2], активно развивается и расширяется сектор технологий интенсивного водопользования — эффективных, водосберегающих и водоохраных. На фоне неизбежного роста спроса и цен на водоемкую продукцию перестройка структуры мировой экономики формирует благоприятные условия для водообеспеченных стран, к которым, как показано выше, относится Россия. В этой связи необходима серьезная подготовка к развитию водоемких производств (тепловая и атомная энергетика, металлургия, сельское хозяйство, нефтеоргсинтез, химия полимеров и др.), обеспечивающих защиту окружающей природной среды.

Развитие водоемких технологий

В настоящее время пути развития водоемких технологий включают три направления, которые предложил директор Института водных проблем РАН В. И. Данилов-Данильян [6].

Направление 1. Водосбережение (разработка и развитие технологий сокращения затрат воды на единицу продукции).

Направление 2. Обеспечение качества водных ресурсов, охрана вод (сокращение сбросов сточных вод наряду с применением современных методов глубокой очистки).

Направление 3. Концентрация водоемких производств с учетом обеспеченности водными ресурсами территории.

Первые два направления требуют капитальных вложений, без которых обеспечить одновременно охрану водных ресурсов и водосбережение невозможно [6].

На современном этапе концентрация водоемких производств (третье направление), как правило, наблюдается в городах — крупных промышленных центрах, которые исторически основывались в речных долинах или на побережье без учета обеспеченности водными ресурсами для производства [1]. Во многом это предопределяет проблемы качественного и количественного истощения, поскольку дефицит водных ресурсов проявляется не только как следствие географического расположения, но и как результат интенсивного антропогенного воздействия.

В этой связи авторы считают целесообразным учесть *направление 4* развития водоемких технологий — природоприближенное восстановление водных объектов, поскольку в современных условиях антропогенное воздействие уже существенно изменило естественный гидрологический, русловой,

гидрохимический режимы водных объектов (вырубки леса, строительство дорог, крупных плотин, карьеров и т. п.).

Рациональное ограничение водопользования

Научная оценка существующих подходов к разрешению проблемы качественного и количественного истощения водных ресурсов показывает, что одним из наиболее используемых направлений улучшения экологической ситуации и проведения водоохраных мероприятий является рациональное ограничение водопользования (нормирование как качества, так и количества водных ресурсов). Кроме того, данный подход комплексно позволяет реализовать три направления развития водоемких технологий из четырех. Он, *во-первых*, обеспечивает качественные и количественные аспекты охраны вод (направление 2); *во-вторых*, снижает антропогенную нагрузку и тем самым способствует самовосстановлению водных экосистем (направление 4); *в-третьих*, с помощью экономических рычагов является стимулом развития водосберегающих технологий на крупных промышленных предприятиях (направление 1).

Несмотря на то, что 79 % опрошенных директоров 500 крупнейших компаний мира считают ключевым фактором обеспечения прибыльности своей компании ее экологическую активность (*PricewaterhouseCoopers*) [2], экономическое стимулирование развития "чистых" технологий существенно ограничивается проблемами экологического законодательства. Пришедший на смену двум способам экономического регулирования (корректирующий налог и корректирующая субсидия, А. Пигу, 1920 г.) способ "торговли квотами" до сих пор закреплен юридически не во всех странах, хотя впервые был апробирован США еще в XX веке [2]. Так называемый "принцип пузыря", т. е. трактовка множественных источников загрязнения как единой регулируемой системы, может служить эффективным экономическим рычагом рационального водопользования, который предлагает водопотребителю три варианта решения при установлении государством квот водопотребления:

1) вложение средств в технологию, позволяющую сократить сбросы и водопотребление;

2) финансирование сокращения сбросов предприятием-партнером с целью получения его квоты;

3) сокращение своих сбросов и последующая продажа "сокращенных излишков".

Данный принцип (квотирование), в частности, положен в основу Киотского протокола и показал свою эффективность, поскольку, в отличие от простого принципа "гигиенического нормирования" или лимитирования (стратегия "end of pipe" — "конца трубы"), является стимулом использования техно-



логии BAT (Best Available Technology — Наилучшая имеющаяся технология) [2].

Однако при разработке методов квотирования необходимы критерии для оценки последствий, приводящих к нарушению устойчивости водной экосистемы. В качестве таких критериев могут выступать показатели, регламентирующие водопользование с учетом водности года и в зависимости от фазы водного режима [1, 9, 19].

Экологический сток как критерий регламентирования водопотребления

Для качественного регламентирования водопользования критериями могут служить нормативы ПДК загрязняющих веществ в воде, а для количественного — величина предельно допустимого безвозвратного изъятия водных ресурсов.

Различными авторами [7—14] понятие оставшегося стока ниже гидроузлов и водозаборов определяется по-разному: минимально приемлемые, минимально необходимые расходы воды, санитарные расходы (попуски) воды, природоохранные попуски воды и т. п. В то же время до декабря 2007 г. в России степень допустимого (предельного) количественного истощения (ПДИ) не имела официальных нормативов [7, 9, 13].

Приказом Министерства природных ресурсов РФ № 328 от 12 декабря 2007 г. "Об утверждении методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты" [15]:

— для рек с зарегулированным стоком устанавливается объем экологического попуска и его внутригодовое распределение в целях сохранения условий естественного размножения рыб и других гидробионтов и поддержания гидрологического режима нижнего течения реки и водного объекта, замыкающего ее бассейн, не выходящего за пределы естественных многолетних колебаний;

— для рек с незарегулированным стоком определяется экологический сток, т. е. безопасный сток в конкретном створе при допустимом объеме безвозвратного изъятия речного стока, обеспечивающий нормальное функционирование экологических систем водных объектов и околотоводных экологических систем.

Несмотря на то, что теперь понятие "экологического стока" закреплено официально (приказ МПР № 328 [15]), единой утвержденной методики его расчета нет, и на сегодняшний день существуют крайне различные методы оценки необходимых расходов и уровней воды, оставляемых в реках и озерах.

Методика квотирования водопотребления крупным промышленным центром

На основе "экологического стока" как официального критерия регламентирования безвозвратного изъятия водных ресурсов авторами предложена

методика квотирования водопотребления крупным промышленным центром как территорией с высокой концентрацией водоемких технологий.

Для проведения различных водохозяйственных мероприятий, связанных с безвозвратным изъятием воды из водотока, не нарушающих его гидроэкологический режим, допускается использовать "свободный" сток.

"Свободный сток" $G_{\text{своб}}$ представляет собой разницу между объемами естественного стока $G_{\text{ест}}$ и экологического $G_{\text{эк}}$. Например, для маловодного года 95 %-ной обеспеченности свободный сток определяется по формуле:

$$G_{\text{своб}}^{95\%} = G_{\text{ест}}^{95\%} - G_{\text{эк}}^{95\%}. \quad (1)$$

Для поддержания гидроэкологического равновесия экосистемы реки суммарный забор воды в год различными водопотребителями $G_{\text{потр}}$ должен превышать величины "свободного" стока. Иными словами, должно выполняться условие:

$$G_{\text{потр}} \leq G_{\text{своб}} \text{ или } G_{\text{потр}} \leq G_p - G_{\text{эк}}, \quad (2)$$

где G_p — среднегодовой сток реки на текущий (расчетный) период водопотребления, км³.

Значения экологического стока рассчитываются в зависимости от периода малого антропогенного воздействия (условно-естественного периода), поскольку в настоящее время распределение среднегодовых объемов речного стока существенно изменилось.

Таким образом, при расчете квот водопотребления для n водопотребителей (g_i , км³) необходимо, чтобы выполнялось условие (2), которое будет иметь вид:

$$G_{\text{потр}} = \sum_{i=1}^n g_i \leq G_{\text{своб}}, \quad (3)$$

где g_i — объем водопотребления i -м водопотребителем, м³.

Если принять отношение $\frac{g_i}{G_{\text{потр}}}$ (где g_i , $G_{\text{потр}}$ —

годовые объемы водопотребления до расчетного периода, км³) как долю i -го водопотребителя в общем объеме водопотребления крупным промышленным центром $G_{\text{потр}}$, то, умножая ее на величину свободного стока $G_{\text{своб}}$, получаем нормированный экологическими требованиями годовой объем водопотребления.

Тогда годовая квота для i -го водопотребителя будет рассчитываться по формуле:

$$KB_{\text{год}}^i = \frac{g_i}{G_{\text{потр}}} G_{\text{своб}} = \frac{g_i}{G_{\text{потр}}} \sum_{j=1}^{12} G_{\text{своб}}^{\text{мес}}, \quad (4)$$

где $G_{\text{своб}}^{\text{мес}}$ — среднемесячный объем свободного стока, рассчитанный по внутригодовому распределению экологического стока.

На основе полученных уравнений в методике квотирования водопотребления крупного промышленного центра можно выделить ряд этапов и представить ее графически в виде алгоритма квотирования изъятия водных ресурсов из водотока (рис. 3).

Апробация методики (на примере реки Белой)

Для апробации предлагаемой методики проведен расчет квот водопотребления крупным промышленным центром Республики Башкортостан, основной водной артерией которого является река Белая.

Река Белая — типичный пример водного объекта, подвергающегося интенсивному антропогенному воздействию. В настоящее время река является питьевым водоисточником, используется для промышленного и коммунального водоснабжения, целей гидроэнергетики, рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования, перевозки грузов, а в ее русле и на пойме ведется добыча нерудных полезных ископаемых.

По данным Федерального государственного учреждения МПР России по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урала, в 2004 г. из природных источников 1607 пользователями забрано 858,66 млн м³ воды, из них использовано 805,42 млн м³. Забор воды по бассейну реки Камы, к которому относится бассейн реки Белой, составил 823,64 млн м³ [16]. Из поверхностных источников забрано воды 447,57 млн м³, из подземных — 383,4 млн м³. Лимиты и фактический забор воды по наиболее крупным промышленным городам региона представлены на рис. 4.

Как видно из рис. 4, основным водопользователем по абсолютному показателю объемов изъятия воды из бассейна реки Белой является г. Уфа. В последнее время наметилась тенденция к увеличению объемов использования свежей пресной воды на производственные нужды в городах: Уфа, Стерлитамак и др. [16, 17].

Расположенные на среднем и нижнем участках реки Белой промышленные центры — гг. Салават, Стерлитамак, Уфа — используют водные ресурсы реки в течение продолжительного времени. Средний многолетний расход воды реки Белой в створе г. Стерлитамака составляет 121 м³/с, в створе г. Уфы — 755 м³/с. Объемы водопотребления данных городов в 2004 г., как видно из рис. 4, составляли: для г. Стерлитамака — 118,13 млн м³, для г. Уфы — 355,38 млн м³. Сравнение удельных показателей водопотребления (отношение объема водопотребления к годовому объему стока в соответствующем

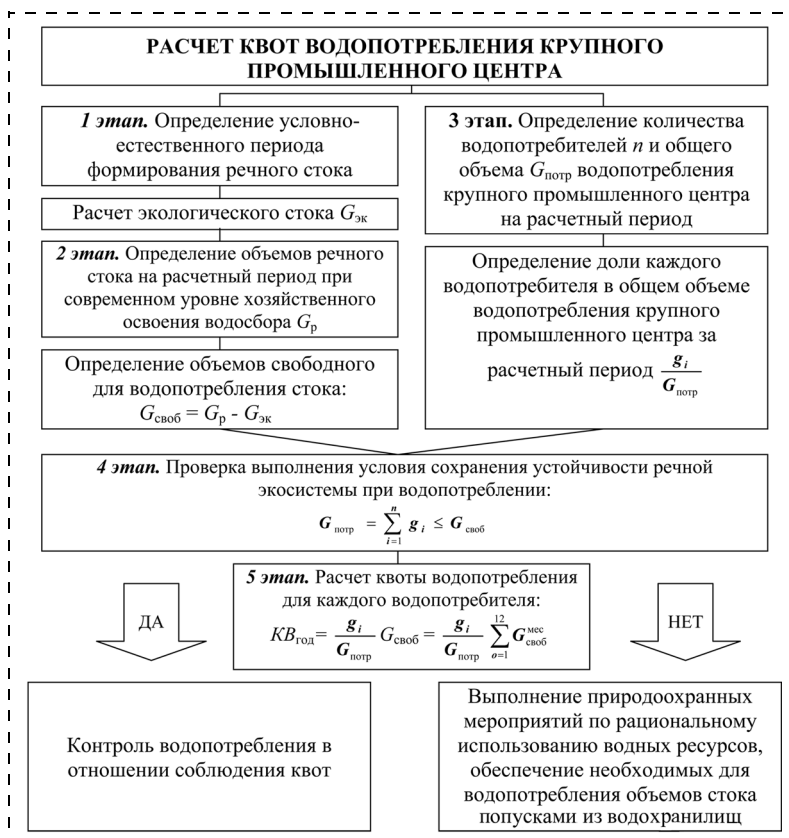


Рис. 3. Алгоритм расчета квот водопотребления крупного промышленного центра

створе) показало, что на основе относительной величины удельное водопотребление в створе г. Стерлитамака (0,97) больше, чем в створе г. Уфы (0,47). В связи с этим расчет квот водопотребления крупным промышленным центром проведен для г. Стерлитамака в 2004 г., когда наблюдалась 60 %-ная обеспеченность по водности.

Первый этап расчета квот. При расчете экологического стока рек бассейна реки Белой прежде всего

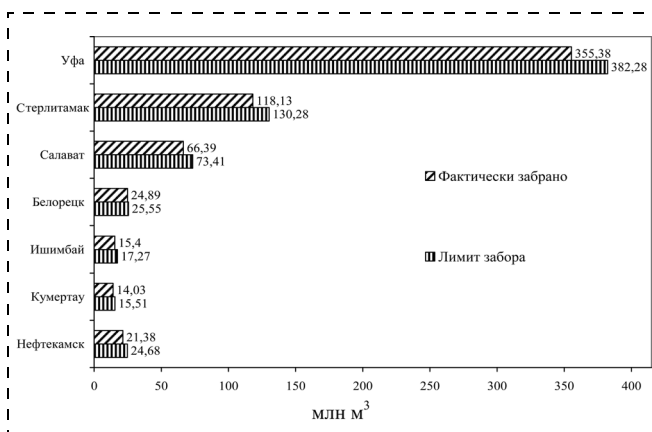


Рис. 4. Лимиты и фактические заборы воды в крупных промышленных городах Республики Башкортостан в 2004 г. [16, 17]

надо было выбрать методику расчета. Для сравнения различных подходов к оценке экологического стока применительно к Вельскому водосборному бассейну проводились расчеты значений экологического стока по методикам Орлова В. Г. [7], Маркина В. Н. [8] и Фашевского Б. В. [9]. Подходы к оценке величины экологического стока В. Г. Орлова и В. Н. Маркина в некоторой степени схожи по способу расчета: так, за базисный расход В. Г. Орловым принимается минимальный сток 80 %-ной обеспеченности [7], Маркиным В. Н. — 90—95 %-ной обеспеченности [8].

Результаты расчетов показали, что специфика режима формирования речного стока на Вельском водосборном бассейне ограничивает применимость методик оценки экологического стока Маркина В. Н. и Орлова В. Г., в связи с чем расчет экологического стока в бассейне реки Белой с учетом внутригодовой и многолетней неравномерности распределения водных ресурсов целесообразно проводить по методике Б. В. Фашевского [9].

Обработка результатов оценки экологического стока рек бассейна реки Белой позволила получить уравнения зависимости экологически необходимых расходов воды от площади водосбора. Полученные уравнения с достаточной степенью достоверности ($R^2 = 0,96...0,99$) позволяют, определив по топографической карте площадь водосбора малоизученного водотока, рассчитать среднегодовые значения расходов воды естественного, экологического стока, а также свободного для водопотребления стока. На рис. 5 графически интерпретированы полученные линейные зависимости значений расходов воды экологического стока от площади водосбора рек Вельского бассейна для различных по водности лет: 25 % обеспеченности — многоводный год, 50 % — средний по водности, 75 % — маловодный, 95 % — очень маловодный.

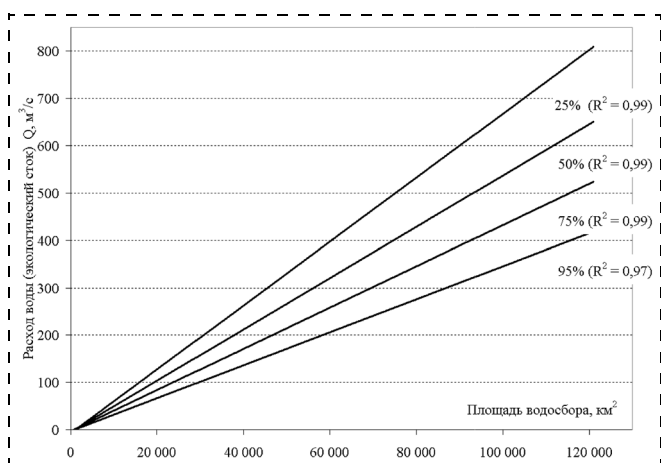


Рис. 5. Зависимость значений расходов воды экологического стока рек бассейна реки Белой от площади водосбора для различных по водности лет

Как видно из рис. 5, полученные зависимости расходов воды экологического стока от площади водосбора имеют линейный вид для всех рек бассейна реки Белой и для различных по водности лет. В то же время результаты приведенных расчетов не противоречат результатам работ других исследователей. Так, в работе [7] Орловым В. Г. получены аналогичные зависимости для рек Псковской, Новгородской, Тамбовской областей и бассейна реки Вятки. Автор работы [7] подчеркивает, что единой зависимости для различных областей нет: так, зависимости свободного стока от площади водосбора для рек Тамбовской области отличаются низкими коэффициентами корреляции, что, вероятно, связано с гидрологическим режимом рек и особенностями их питания.

В настоящем исследовании зависимость экологического стока рек бассейна р. Белой от площади водосбора имеют линейный характер (рис. 5), как и свободного стока, в то время как полученные Орловым В. Г. зависимости имеют линейный вид для экологического стока и экспоненциальный или степенной — для свободного стока [7], что, по-видимому, обусловлено особенностями гидрологического режима водных объектов в бассейне.

На основе полученных зависимостей экологического стока рек бассейна р. Белой от площади водосбора на языке Object Pascal — Delphi написана программа для ЭВМ "Расчет экологически допустимых изменений водного режима рек бассейна реки Белой" (свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006611676 от 19.05.2006 г.), которая в автоматизированном режиме рассчитывает значения расходов воды экологического стока и по разности ординат кривых обеспеченности естественного и экологического стока оценивает и наносит на карту водосборного бассейна величины свободного стока.

С помощью разработанной программы для ЭВМ определено среднегодовое значение экологического стока для створа реки Белая — г. Стерлитамак с площадью водосбора 21 000 км² в год 60 %-ной обеспеченности $Q_{\text{экол}}^{60\%} = 100 \text{ м}^3/\text{с}$ или 3153,6 млн м³ в год.

Второй этап расчета квот. Определяется величина свободного стока в створе г. Стерлитамака. Согласно данным режимно-справочного банка данных государственного водного кадастра (РСБД) "Гидрология — реки и каналы" среднегодовой расход воды в данном створе в 2004 г. составил $Q_p^{60\%} = 103 \text{ м}^3/\text{с}$ или 3248,2 млн м³.

Тогда по формулам (1) и (2) рассчитывался объем свободного стока за расчетный год:

$$G_{\text{своб}}^{60\%} = G_p^{60\%} - G_{\text{эк}}^{60\%} = 94,6 \text{ млн м}^3.$$

Третий этап расчет квот. По данным доклада [7], основные водопотребители в г. Sterlitaмаке следующие: ОАО "Сода" (62,3 млн м³) и ОАО "Каустик" (32,1 млн м³), общая доля которых в водопотреблении города составляет 80 %. Таким образом, структура водопотребления из реки Белой в г. Sterlitaмаке следующая:

- ОАО "Сода" (52,8 %);
- ОАО "Каустик" (27,2 %);
- остальные водопотребители (20,0 %).

Четвертый этап расчета квот. Сравнение значений свободного стока в створе с действующими лимитами водопотребления, указанными в докладе об охране окружающей среды РБ в 2004 г. [16] для г. Sterlitaмака, равными 130,28 млн м³, показало, что значения объемов официально разрешенного водопотребления завышены, что может привести к необеспечению объемов экологического стока и, в свою очередь, к нарушению гидроэкологического равновесия речной экосистемы.

Общее фактическое водопотребление в 2004 г., как показано на рис. 4, составляет 118,13 млн м³. Проверка выполнения условия сохранения устойчивости речной экосистемы при водопотреблении показывает, что условие (3) не выполняется:

$$G_{\text{потр}} (118,13 \text{ млн м}^3) \not\leq G_{\text{своб}} (94,6 \text{ млн м}^3).$$

Пятый этап расчета квот. С учетом полученных значений доли каждого водопотребителя в общем годовом объеме водопотребления г. Sterlitaмака и объема свободного стока в 2004 г. по формуле (4) предложенной методики рассчитаны годовые квоты на 2004 г. для водопотребителей г. Sterlitaмака:

$$KB_{\text{(СОДА)}}^{2004} = 50,7 \text{ млн м}^3, KB_{\text{(КАУСТИК)}}^{2004} = 26,1 \text{ млн м}^3,$$

$$KB_{\text{(ост)}}^{2004} = 17,8 \text{ млн м}^3.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Квоты водопотребления из реки Белой для водопотребителей г. Sterlitaмака

Водопотребители	Водопотребление на расчетный год (2004 г.), млн м ³		Квоты водопотребления для условно-естественного периода (до появления антропогенной нагрузки на водосборе), млн м ³
	фактическое	квоты	
ОАО "Сода"	62,37	50,7	134,0
ОАО "Каустик"	32,13	26,1	69,0
Остальные	23,63	17,8	47,0
Общее	118,13	94,6	250

Примечание: Последний столбец содержит величины квот, рассчитанные для периода до появления интенсивной антропогенной нагрузки на водосборе реки Белой в створе г. Sterlitaмака, которая изменила гидрологический режим водного объекта. Подробный расчет приведен в работе [18]. Значения приведены для обоснования актуальности природоприближенного восстановления.

Как видно из табл. 2, в расчетном 2004 г. забор воды различными водопотребителями превысил рассчитанные по предложенной методике квоты на величину от 5,83 до 11,67 млн м³, что требует выполнения природоохранных мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов (например, обеспечение необходимых для водопотребителей объемов речного стока попусками из Нугушского водохранилища). Разница между фактическим водозабором и квотой за год составила 23,53 млн м³. Из табл. 2 также видно, что различные мероприятия по восстановлению гидроэкологического режима реки Белой в естественное состояние позволят увеличить объемы возможного водопотребления и, следовательно, повысить концентрацию водоемких производств в г. Sterlitaмаке.

Выводы

Проведенное исследование позволило предложить методику квотирования водопотребления крупным промышленным центром. Использование данной методики может стать эффективным экономическим механизмом развития водоемких технологий в России, поскольку позволяет комплексно решать проблемы рационального водопользования. С одной стороны, методика позволяет нормировать степень качественного и количественного истощения водных ресурсов, обеспечивая самовосстановление водных экосистем, с другой стороны, способствовать развитию водосберегающих технологий на предприятии (в том числе технологий ВАТ) для получения прибыли от продажи собственных квот.

Список литературы

1. Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. — М.: Наука, 2006. — 221 с.
2. Медовников Д., Оганесян Т. Чистая прибыль // Эксперт. — № 47. — 12–23 декабря 2007 г. — С. 69–71.
3. Красногорская Н. Н., Фашевская Т. Б., Елизарьев А. Н., Рогозина Т. А. Концептуальные основы оценки экологического риска деградации речных экосистем при осуществлении водопользования // Безопасность жизнедеятельности. — № 11. — 2006. — С. 23–28.
4. Стратегия и проблемы устойчивого развития России в XXI веке / Под ред. А. Г. Гранберга, В. И. Данилова-Данильяна, М. М. Циканова, Е. С. Шопхоева. — М.: Экономика, 2002. — 415 с.
5. The Little Green Data Book — 2006 / World Bank. — Washington DC, 2006. — P. 256.
6. Писаренко Д. Вода дороже нефти?: Интервью с В. И. Даниловым-Данильяном // Аргументы и факты. — № 4. — 2008. — С. 19.
7. Орлов В. Г. Проблема истощения водных ресурсов и подход к ее решению // [Электронный ресурс]: <http://conf.rshu.ru/orlov.htm>
8. Маркин В. Н. Оценка минимально допустимого объема изъятия речного стока // [Электронный ресурс]: <http://www.msuee.ru/kmirz/Htmls4/Markin/MinDopStok.htm>
9. Фашевский Б. В. Экологическое обоснование допустимой степени регулирования речного стока. — Минск: БелНИИТИ, 1989. — 186 с.
10. Дубинина В. Г. Экологические принципы использования и управления водными ресурсами южных рек России: Ав-



- тореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра геогр. наук: 25.00.36 Геоэкология. — М., 2003. — 56 с.
11. Левич А. П., Терехин А. Т. Метод расчета экологически допустимых уровней воздействия на экосистемы // Водные ресурсы. — 1997. — № 3. — С. 328—335.
 12. Иофин З. К. Экологическая обоснованность остаточного минимального расхода воды // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: Материалы научной конференции. — Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. — С. 80—83.
 13. Данилов-Данильян В. И. Оценка допустимых изъятий стока в бассейнах малых рек: основные методические положения / В. И. Данилов-Данильян [и др.] // Водные ресурсы. — Б. м. — 2006. — Т. 33. — № 2. — С. 224—238.
 14. Dyson M., Bergkamp G. & Scanlon J. (Eds.) Flow — the essentials of environmental flows. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, 2003. — UK. — XIV. — 118 p.
 15. Приказ Министерства природных ресурсов РФ № 328 от 12 декабря 2007 г. "Об утверждении методических указа-

- ний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты" (с приложениями).
16. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Башкортостан в 2004 году. — Уфа, 2005. — 278 с.
 17. Государственный доклад о состоянии и использовании водных ресурсов Республики Башкортостан в 2003 году. — Уфа, 2004. — 56 с.
 18. Елизарьев А. Н. Оценка антропогенного воздействия на гидроэкологический режим водных объектов (на примере р. Белой): Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. геогр. наук: 25.00.36. Геоэкология. — СПб., 2007. — 24 с.
 19. Poff N. L., Allen J. D., Bain M. B., Karr J. R., Prestegard K. L., Richter B. D., Sparks R. E. & Stromberg J. C. The natural flow regime — a paradigm for river conservation and restoration // BioScience. 1997. Vol. 47. — N 11. — P. 769—784.

УДК 541.1:546:547

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

О воздействии слабых электромагнитных полей на водные системы и разработка магнито- и электросмесителей

Подтверждено отсутствие эффекта влияния слабого электромагнитного поля на структуру и свойства чистой воды. Отмечено, что наблюдаемые эффекты воздействия слабого электромагнитного поля на водные системы обусловлены присутствием в воде различных примесей, в частности ферромагнитного железа и ионов различных веществ. Для эффективного введения различных реагентов в воду предложены конструкции магнито- и электросмесителей, отличающиеся практически мгновенным эффектом перемешивания.

Ключевые слова: вода, магнитное и электромагнитное поле, электросмесители.

Ksenofontov B. S. *About influence of weak electromagnetic fields on water systems and working out magnito*

It is established the absence of effect of influence of a weak electromagnetic field on structure and properties at its finest. It is noticed that observable effects of influence of a weak electromagnetic field on water systems are caused by presence at water of various impurity, in particular ferromagnetic iron and ions of various substances. For effective introduction of various reagents in water designs magnito — and the blenders, hashing different by almost instant effect are offered.

Keywords: water, magnetic and electromagnetic field, blenders.

В XX веке, а точнее во второй его половине, в научной и научно-популярной литературе было опубликовано много работ, посвященных свойствам воды и сохранению водой отдельных свойств, приобретенных после внешнего, в том числе и электромагнитного, воздействия [1—2]. При этом наряду с такими работами были публикации, в которых отвергались подобные утверждения. В конечном итоге вода "памятью", связанной с внешними воздействиями, не обладает.

Однако с началом перестройки опять появились работы с прежним утверждением о том, что вода обладает памятью от внешнего воздействия, причем даже от человеческого голоса и при этом от общественной значимости мысли человека. Наверное, многие помнят о том, как "заряжали" воду по телевидению.

Известен фильм о воде, показанный сравнительно недавно по телевидению, в котором утверждается, что структура воды изменяется под воздействием человеческого голоса и сохраняет эти изменения после этого воздействия. При этом утверждается, что при озвучивании добрых слов вода становится более вкусной и приятной, а в случае озвучивания "плохих" слов вода становится также "плохой". Что здесь скажешь? Полная фантазия и нет ссылок на результаты сколько-нибудь серьезных исследований.

Магнитная обработка в полях напряженностью магнитного поля до 3000 Э* не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на изменение физико-химических свойств воды и водных растворов. Кстати, такая обработка, как правило, проводится и с произношением различных слов как оптимистического, так и пессимистического настроя, что никак не отражается на точности эксперимента. И, действительно, действие магнитного поля такой напряженности с источниками магнитного поля в виде постоянных магнитов или электромагнитов (рис. 1) на изменение свойств воды высокой чистоты пока экспериментально никем не доказано.

Однако имеется большое число работ, в которых утверждается, что на дистиллированную и бидистиллированную воду действие магнитных полей напряженностью порядка тысяч, сотен и даже десятков Эрстед сказывается настолько сильно, что может быть обнаружено по изменению электропроводности, вязкости, диамагнитной восприимчивости, диэлектрической проницаемости, светопоглощения и других физических свойств воды. К великому сожалению, эти эксперименты не воспроизводятся. Причины невозможности, по мнению авторов таких работ, как правило, остаются не совсем понятными. Однако практически во всех случаях, когда автором производилась проверка результатов таких работ, единственная причина заключалась в том, что величина заявляемого эффекта находилась в пределах погрешностей рассматриваемого метода.

При этом стояла задача при помощи хотя бы одного какого-либо метода определения степени "омагниченности" воды определить влияние различных параметров магнитной обработки на эффективность данного процесса и на основе этих экспериментов дать рекомендации для практического их использования.

При испытании нескольких методов индикации степени "омагниченности" воды положительных результатов достигнуть удалось только при использовании электрофореза белков на поддерживающей среде, в качестве которой использовался полиакриламидный гель. Итоговые результаты этого воздействия заключались в том, что магнитная обработка воды, на которой впоследствии готовился полиакриламидный гель, отрицательно влияла на структуру геля, а именно приводила к увеличению неоднородности среды. В дальнейшем было показано, что причиной увеличения неоднородности структуры полиакриламидного геля являлись агломераты (агрегаты) ферромагнитных частиц железа, образо-

вавшиеся в магнитном поле, которое воздействовало на эту воду, содержащую такие частицы железа. Такие агрегаты в случае получения полиакриламидного геля ухудшают его структуру, а в случае использования магнитной обработки для уменьшения накипеобразования на теплообменных поверхностях играют положительную роль, являясь центрами кристаллизации солей кальция и магния (рис. 2).

Указанный эффект проявлялся при использовании водопроводной воды, практически всегда содержащей ферромагнитные оксиды железа. Минимальное содержание ферромагнитных оксидов в воде при этом должно быть, как показали результаты экспериментов, не менее 0,3...0,4 мг/л. Действие магнитного поля при использовании бидистиллированной воды обнаружить не удалось.

В этой связи был сделан вывод о том, что эффект магнитной обработки воды связан с наличием в воде ферромагнитных оксидов железа. Дополнительные исследования по влиянию магнитного поля на железо с парамагнитными свойствами, находящееся в растворенном состоянии, не приводило к указанному выше эффекту.

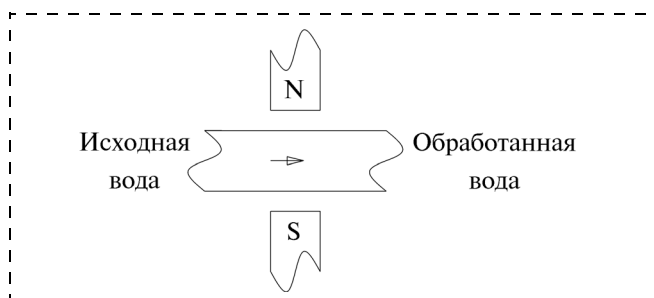


Рис. 1. Схема магнитной обработки воды

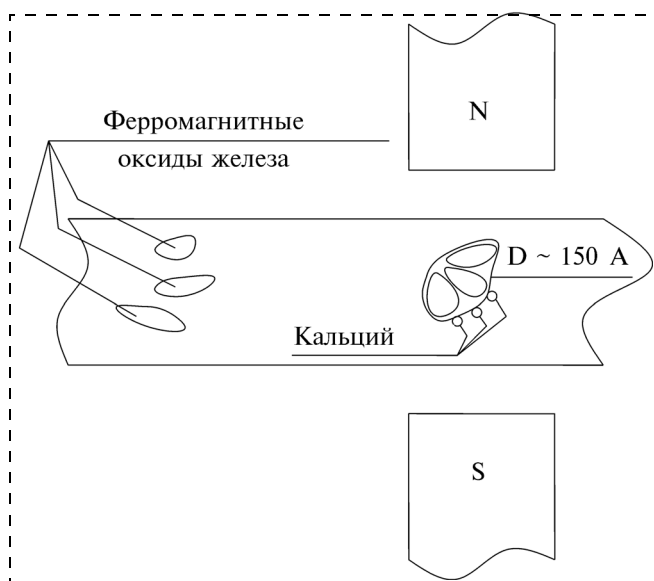


Рис. 2. Схема образования агрегатов из ферромагнитных оксидов железа

* Единица напряжения магнитного поля в системе СГС $1 \text{ Э} = 79,58 \text{ А/м}$.

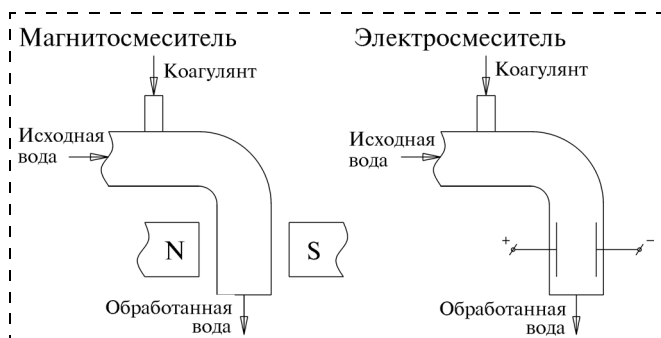


Рис. 3. Схемы магнитосмесителя и электросмесителя

Другим проявлением эффекта воздействия электромагнитного поля на водные растворы является перемешивание водной среды, обязательно содержащей ионные компоненты. Этот эффект перемешивания на так называемом микроуровне, т. е. уровне ионов и молекул, был установлен при подготовке реакционной среды для получения полиакриламидного геля. Сущность установленного эффекта состоит в следующем. При наложении магнитного или электромагнитного поля на движущуюся неравновесную водную систему, содержащую электропроводную компоненту, например раствор электролита, в этой среде на ионы действует сила индуцированного электрического поля.

На основе такого эффекта были разработаны способ и специальные магнито- и электросмесители (рис. 3) для получения однородных смесей, в которых в качестве компоненты обязательно присутствует ионная составляющая. Кроме того, система не должна находиться в состоянии равновесия.

Эти разработки авторы стали использовать для введения электропроводных реагентов в воду.

Известно, что эффективность использования коагулянтов и флокулянтов в процессах очистки природных и сточных вод зависит как от свойств этих реагентов, так и от условий их контактирования с водой. Быстрое перемешивание реагентов с водой, как правило, повышает эффективность их использования. Применение для этих целей аппаратов с мешалками как наиболее эффективных технических средств приводит в ряде случаев к разрушению образующихся при этом агрегатов, что требует в этой связи строгого соблюдения временного интервала перемешивания. Использование различных водоворотных и вихревых смесителей, хотя они и получили весьма широкое распространение в отечественной практике, менее эффективно, чем применение аппаратов с мешалками.

Разработанные электромагнитные смесители не имеют указанных выше недостатков и отличаются высокой эффективностью. Принцип работы этих

смесителей основан на описанном выше перемешивающем или "рассасывающем" эффекте электромагнитного поля при наложении его на неравновесную систему реагент — вода. Указанный эффект был установлен в 1974 г. при исследовании свойств и эффективности использования полиакриламидных гелей (Ксенофонов Б. С. и др. Доклады АН СССР, 1974, т. 215, № 4; 1976, т. 227, № 1).

Возникающая при воздействии электромагнитного поля сила перемещает ионы в малых локальных областях, соизмеримых с масштабом турбулентных пульсаций, которые образуются при движении рассматриваемой неравновесной водной системы. В этом случае происходит перемешивание на микроуровне, т. е. на уровне ионов и молекул. Перемешивание любой смеси на микроуровне делает ее однородной на молекулярном уровне, что приводит к более полному использованию реагентов, участвующих в последующих химических реакциях и физических процессах [3].

Описанный выше механизм рассасывающего эффекта электромагнитного поля позволяет создавать различные магнито- и электросмесители, в том числе и в виде смесителя, состоящего из одной или нескольких пар постоянных магнитов или электромагнитов, закрепленных на поверхности трубы, по которой течет природная или сточная вода. При этом перед системой магнитов или электромагнитов установлен патрубком, через который подают раствор коагулянта обычно в виде солей алюминия или железа (см. рис. 3). Введенный таким образом коагулянт практически мгновенно (в течение долей секунды) перемешивается на микроуровне с обрабатываемой водой. Это приводит к более полному использованию коагулянтов и сокращению их расхода до 10...20 %. Кроме того, в этом случае не требуется создание специального аппарата, выполняющего функции смесителя.

В случае добавления в природные или сточные воды флокулянтов возможно применение электромагнитных смесителей более сложной конструкции, выполненных в виде линейного индукционного вращателя с загрузкой из цилиндрических или какой-либо другой формы элементов, которые интенсивно вращаются под действием вращающегося электромагнитного поля. Некоторым простейшим аналогом в качестве первого приближения может служить в этом случае магнитная мешалка.

Вращающиеся под действием переменного электромагнитного поля ферромагнитные элементы перемешивают смесь флокулянт — вода, доводя ее до однородного состояния в течение 1,0...0,5 мин и менее.

Использование малогабаритных электромагнитных смесителей позволяет не только уменьшить расход реагентов, но и выполнять узлы смешения

реагентов с природными и сточными водами в виде компактных автоматизированных устройств.

Следует также отметить, что магнитная обработка для снижения накипеобразования производится при сравнительно небольших напряженностях поля, не превышающих, как правило, 2500...3000 Э. На ранее выпускаемых аппаратах завода им. Войкова, применяемых для обработки котловой воды, создается поле с максимальной напряженностью около 2200 Э.

В промышленных условиях пользуются как постоянными магнитами, так и электромагнитами. Аппараты на постоянных магнитах проще в эксплуатации, но труднее поддаются регулировке, и напряженность поля практически ограничена параметрами 1000...2500 Э в небольшом зазоре. Электромагниты необходимо располагать в сухом месте, они более громоздки по сравнению с постоянными магнитами, потребляют электроэнергию, но удобны при необходимости изменения напряженности поля и позволяют создавать поля до 2000...3000 Э и больше (при условии охлаждения соленоидов).

В некоторых случаях пользуются электромагнитами, работающими на переменном токе без выпрямителей. Эффективность этих магнитных аппаратов не подвергалась детальному исследованию. Производительность таких аппаратов невелика.

Пользуясь данными практики магнитной обработки воды, можно рекомендовать аппараты с постоянными магнитами для установок небольшой производительности, не превышающей нескольких десятков м³/ч. Установки большой производительности, обычно устанавливаемые на обогатительных фабриках для обработки пульпы, следует изготавливать с электромагнитами. По мнению ряда специалистов, С-образная форма магнитопроводов является наиболее удачной. Впрочем, по мнению авторов, форма магнитопровода для эффекта магнитной обработки принципиального значения не имеет.

При выборе количества магнитных знаков переменных полей можно исходить из необходимости пребывания омагничиваемой жидкости в течение не менее 0,1 с в зоне максимальных полей. Обычно 5...6 соленоидов бывает достаточно, чтобы получить хороший эффект от магнитной обработки. В аппарате типа "Гидроциклон" имеется один соленоид, но зато пульпа в процессе винтообразного движения многократно пересекает поле, что, видимо, равноценно пересечению потоком нескольких полей.

Скорость течения воды или пульпы имеет существенное значение. Большинство авторов, работающих в области магнитной обработки, рекомендуют скорость около 1 м/с, однако известны случаи увеличения скорости потока до 2...4 м/с без заметного ухудшения эффекта магнитной обработки. При про-

ектировании надо ориентироваться на скорость 1 м/с, а в процессе эксплуатации величина этого параметра может быть уточнена.

О влиянии топографии поля нет точных сведений, однако неоднородные магнитные поля оказывают более сильное действие на процесс "омагничивания", чем однородное поле. Во всех без исключения промышленных аппаратах используется неоднородное магнитное поле.

При проектировании аппаратов для магнитной обработки воды необходимо предусмотреть возможность плавного регулирования напряженности поля и скорости протекания жидкости. Отдельные узлы установки должны легко и быстро заменяться. Электрические части должны быть хорошо защищены от действия влаги.

При монтаже установки необходимо учесть, что часть пульпопровода, находящаяся в пределах действия магнитов (обычно изготавливается из коррозионно-стойкой стали), должна быть заполнена жидкостью, что обеспечит более или менее одинаковые условия магнитной обработки всего ее объема. Необходимо предусмотреть возможность ввода внутрь пульпопровода щупа для замера напряженности поля, а также установку приспособления для отбора пробы пульпы до и после магнитной обработки.

Выводы

1. Подтверждено, что слабые электромагнитные поля не влияют на свойства чистой воды.
2. Эффект влияния слабых электромагнитных полей на технические водные системы может быть выявлен в случае присутствия в этих системах ферромагнитных оксидов железа, а также при наложении поля на неравновесную систему, содержащую и другую ионную компоненту.
3. Для проявления эффекта магнитной обработки воды минимальное содержание ферромагнитных оксидов железа в воде должно быть не менее 0,3...0,4 мг/л.
4. Разработаны магнито- и электросмесители для введения в воду реагентов.
5. Описаны рекомендации для проектирования и эксплуатации аппаратов для магнитной обработки технических водных систем (тонкодисперсных суспензий и грубодисперсных пульп).

Список литературы

1. Гвоздев В. Д., Ксенофонтов Б. С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. — М.: Химия, 1988. — 112 с.
2. Ксенофонтов Б. С. Очистка сточных вод: флотация и сгущение осадков. М.: Химия, 1992. — 144 с.
3. Ксенофонтов Б. С. Очистка воды и почвы флотацией. — М.: Новые технологии, 2004. — 224 с.



УДК 628.16.081.3 + 628.339(088.8)

Г. Р. Нагимуллина¹, асп., И. Г. Шайхиев¹, канд. техн. наук, доц.,
А. И. Шмыков², С. В. Фридланд¹, д-р хим. наук, проф.

¹ Казанский государственный технологический университет,

² ООО "Ярославская фабрика валяной обуви"

Очистка сточных вод, содержащих ионы Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , отходами валяльно-войлочного производства

Исследован процесс сорбции ионов Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} из модельных водных растворов шерстью и отходами валяльно-войлочного производства. Представлены максимальные значения сорбционной емкости для исследуемых сорбентов по отношению к ионам данных металлов в нейтральной и кислой среде. Показано, что кноп может применяться для очистки металлосодержащих сточных вод.

Ключевые слова: сточная вода, процесс сорбции, шерсть, кноп, отходы валяльно-войлочного производства.

Nagimullina G. R., Shaihiyev I. G., Shmikov A. I., Fridland S. V. Sewage, containing ions Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} purification by the waste of full-felt industry

The process of sorption of ions Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} of model water solution by wool and waste of full-felt industry was analyzed. Maximum values of sorption capacity for researching sorbents with respect to ions of the metals in neutral and acid medium were presented. It was shown, that knop can be used for purification sewage which contains metals.

Keywords: waste water, process of sorption, wool, knop, waste of full-felt industry.

Проблема загрязнения водных ресурсов в настоящее время является весьма актуальной в связи с непрекращающимся ростом антропогенной нагрузки на природную среду. В списке приоритетных загрязняющих веществ главенствующую позицию занимают тяжелые металлы, ионы которых не подвергаются биодеструкции в водоеме, а лишь изменяют формы миграции и в этой связи относятся к консервативным веществам, токсичным для гидробионтов и потребителей загрязненных вод.

Для удаления ионов тяжелых металлов (ИТМ) из сточных вод применяются различные методы — физические, химические и физико-химические, такие как адсорбция, ионный обмен, обратный осмос, электрокоагуляционная, реагентные и другие способы очистки.

Как известно, сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки и доочистки воды от загрязнителей. В промышленности используют огромное количество специальных сорбентов, таких как активированные угли, цеолиты, силикагели и др. Однако экономическое состояние многих хозяйствующих субъектов в Российской Федерации ограничивает ресурсные возможности по реализации природоохранной деятельности. Применяемые традиционные сорбенты для очистки сточных вод являются дорогостоящими. В этой связи выходом из создавшегося положения может быть внедрение новых видов альтернативных сорбентов с высокими сорбционными свойствами из доступных видов сырья.

Весьма перспективным реагентом в этом плане видится использование овечьей шерсти. В мировой литературе имеются сведения о возможности использования шерсти для удаления из водных сред ионов Cu^{2+} [1–3], Ag^{2+} [4], Hg^{2+} [5], Fe^{2+} [6], Fe^{3+} [7]. Сорбционные свойства шерсти определяются особенностями физического и химического строения ее волокон, а также свойствами сорбата. Однако, учитывая высокую стоимость данного реагента, его применение в чистом виде экономически нецелесообразно. В свете вышеизложенного перспективным видится использование в качестве дешевого альтернативного сорбента ИТМ отходов от процессов переработки шерсти.

В качестве последних для изучения возможности удаления ионов Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} в исследовании использовались отходы валяльно-войлочного производства, так называемые кнопки и очес.

Кноп представляет собой, как правило, волокна шерсти короткой длины, образующиеся в процессе шероховки шерстяных изделий. Исследованы сорбционные свойства кнопов, образующихся на ОАО "Кукморский валяльно-войлочный комбинат" (ОАО "КВВК") (кноп-1) и ООО "Ярославская фабрика валяной обуви" (ООО "ЯФВО") (кноп-2), которые отличаются длиной волокон и различием в процессе обработки шерсти. В частности, на ОАО "КВВК" процесс обезрепечения шерсти осуществляется механическим путем, а на ООО "ЯФВО" — карбонизацией шерстяного волокна 4,5 %-ным рас-

твором серной кислоты с последующей термической обработкой. Кноп-1 представляет собой чистую шерстяную пыль, а кноп-2 — химически обработанные волокна шерсти короткой длины.

Очес — отход, образующийся на начальной стадии в процессе чесания шерсти в валяльно-войлочном производстве. На данном этапе переработки шерсть очищается от различных частиц растительного происхождения, пыли и других примесей. Очес состоит, в основном, из волокон шерсти и отходов растительного происхождения. Для сравнения в качестве эталона в экспериментах использовалась чистая овечья шерсть.

В процессе исследования определялась максимальная сорбционная емкость вышеперечисленных сорбентов по отношению к ионам Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} и изучалась кинетика удаления ИТМ в статических и динамических условиях из модельных водных растворов в нейтральной и кислой средах. Для приготовления модельных растворов были использованы сульфаты вышеперечисленных металлов.

В результате проведенных исследований были построены изотермы сорбции вышеперечисленных ИТМ в нейтральной и кислой средах и определены максимальные значения сорбционной емкости исследуемых сорбентов. Эти данные приведены в табл. 1.

Из таблицы следует, что наибольшей сорбционной емкостью в нейтральной среде по отношению к ионам Co^{2+} и Ni^{2+} обладает кноп-1, образующийся на ОАО "КВБК", а по отношению к ионам Zn^{2+} — эталонный образец. В кислой среде ($\text{pH} = 2...3$) отмеченные зависимости сохраняются, но следует отметить, что по отношению к ионам Ni^{2+} наибольшей сорбционной емкостью обладает кноп-2, образующийся на ООО "ЯФВО". Значение исследуемого параметра у данного реагента (Ni^{2+}) практически вдвое больше, чем у остальных сорбентов. По всей видимости, данное обстоятельство объясняется как спецификой сорбента, прошедшего химическую обработку до его образования, так и условиями среды.

По отношению к ионам Co^{2+} были исследованы также сорбционные свойства очеса. Как показали

экспериментальные данные, максимальная сорбционная емкость очеса в нейтральной (198 мг/г) и кислой (106 мг/г) средах несколько уступает таковым показателям кнопов и шерсти. Использование очеса для очистки сточных вод видится проблематичным ввиду содержания в нем большого количества растворимых органических веществ и пыли, что приводит к вторичному загрязнению воды.

Следующим этапом экспериментальной работы было изучение зависимости изменения концентрации ИТМ от времени контакта сорбента с модельным раствором в статических условиях.

Зависимости связывания исследуемых ИТМ в статических условиях названными сорбентами (начальная концентрация ИТМ — 100 мг/л, время контакта — 5 ч, дозировка сорбента — 1 г/л) показали (рис. 1 и 2), что наибольшее поглощение ИТМ наблюдается в начальные 0,5 ч контактирования, далее содержание данных ионов уменьшается в меньшей степени, постепенно выходя на плато.

На рис. 1 приведены кинетические кривые сорбции вышеперечисленных ИТМ в нейтральной среде. Очевидно, что в данной среде наименьшую конечную концентрацию ионов Zn^{2+} и Co^{2+} имеет вода, в которой в качестве сорбента использовалась шерсть (эталон). При применении данного сорбента конечная концентрация ионов Zn^{2+} составила 45,0 %, а ионов Co^{2+} — 54,6 % от начальных концентраций. Как видно из рис. 1, степень удаления вышеперечисленных металлов кнопками близка по значению к таковым параметрам у шерсти. Наибольшая степень удаления ионов Ni^{2+} достигается в случае использования кнопки-1, остаточная концентрация вышеперечисленного иона составляет 68,6 % от исходной.

Кривые кинетики удаления ИТМ в кислой среде представлены на рис. 2. Следует отметить, что в данной среде шерсть обладает наибольшей степенью очистки по отношению к ионам Zn^{2+} в сравнении с другими сорбентами. Так, например, при содержании 1 г шерсти в 1 л исследуемого модельного раствора с концентрацией ИТМ 100 мг/л, конечная концентрация ионов цинка составляет 50,1 %, в случае использования кнопки-2 — 60,5 %, кнопки-1 — 68,0 % от начальной концентрации.

Наилучшая степень удаления ионов Co^{2+} наблюдается в случае использования кнопки-1. Остаточная концентрация ионов кобальта в случае использования данного сорбента составляет 61,1 %, для кнопки-2 — 66,2 %, для шерсти — 67,7 % от первоначальной, что несколько выше, чем при эксперименте в нейтральной среде. Ионы никеля слабо сорбируются на исследуемых сорбентах в кислой среде.

Также были исследованы сорбционные свойства эталона, кнопов и очеса в динамических условиях. Исследования, проведенные по удалению ИТМ в дан-

Таблица 1
Сорбционная емкость шерсти и кнопов по отношению к ионам Ni^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} в статических условиях

ИТМ	Максимальная сорбционная емкость сорбента, мг/г					
	в нейтральной среде			в кислой среде		
	Эталон	Кноп-1	Кноп-2	Эталон	Кноп-1	Кноп-2
Co^{2+}	216	225	168	109	147	142
Ni^{2+}	123	173	119	65	60	107
Zn^{2+}	320	298	270	220	164	202

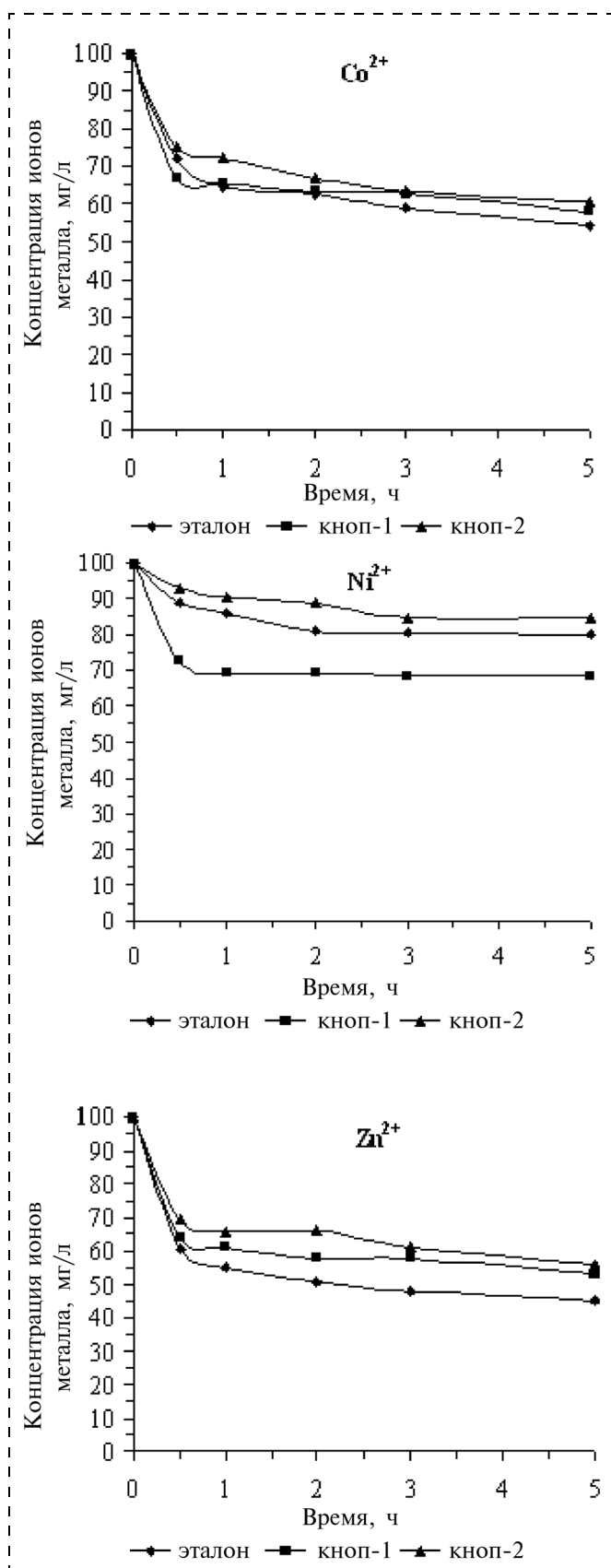


Рис. 1. Зависимость удаления ИТМ от времени в статических условиях в нейтральной среде

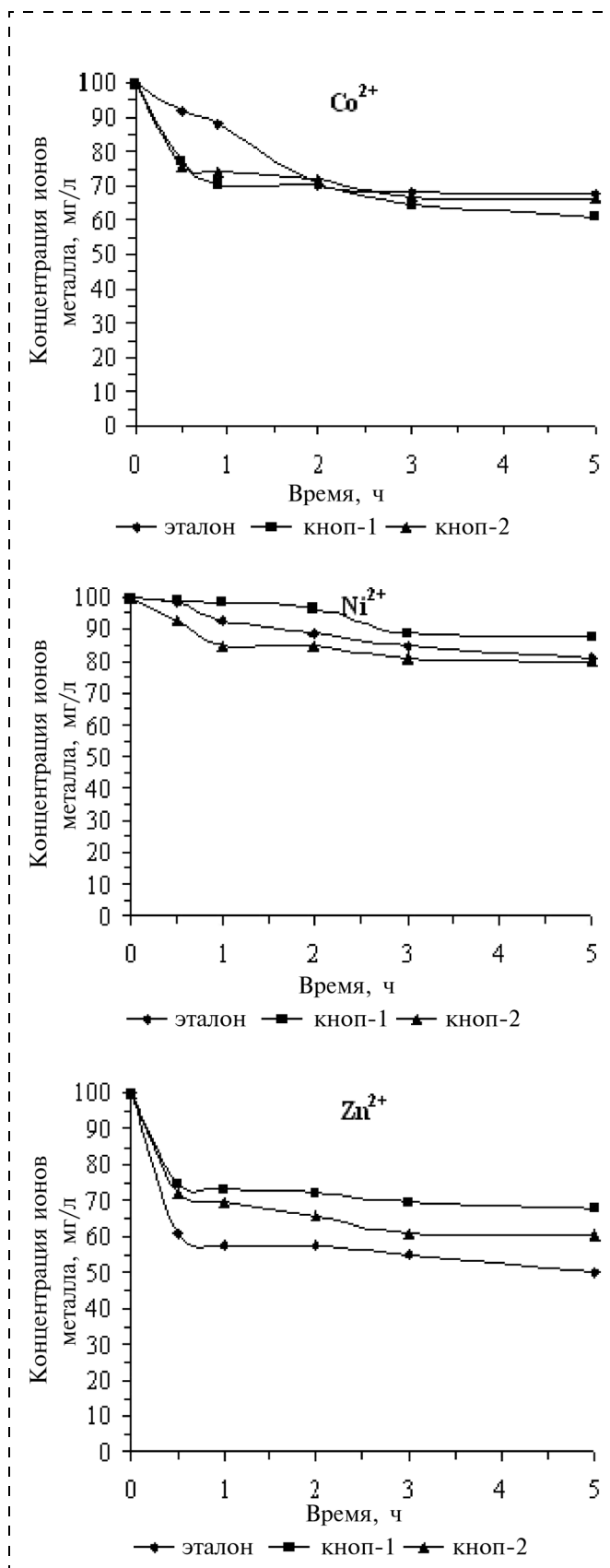


Рис. 2. Зависимость удаления ИТМ от времени в статических условиях в кислой среде

ных условиях (начальная концентрация ионов Co^{2+} , Ni^{2+} и Zn^{2+} — 100 мг/л, скорость прохождения раствора через слой сорбента толщиной 5 см и массой 5 г — 20 мл/мин, общий объем пропущенных растворов — 3000 мл), указывают на отличие зависимостей от отмеченных ранее закономерностей.

Так, например, в нейтральной среде (рис. 3) сорбционная емкость увеличивается в следующей последовательности: кноп-1 > кноп-2 > эталон по от-

ношению к ионам Co^{2+} и Zn^{2+} . Данный факт можно объяснить плотностью набивания сорбентов и, соответственно, скоростью прохождения сточной воды через слой сорбента. Наибольшая плотность у кнопки-1, а наименьшая у чистой шерсти.

В отличие от ионов Co^{2+} и Zn^{2+} , вопреки ожиданиям, в динамических условиях ионы Ni^{2+} практически не удерживаются. Данный факт можно объяснить малым временем контакта ионов с сорбен-

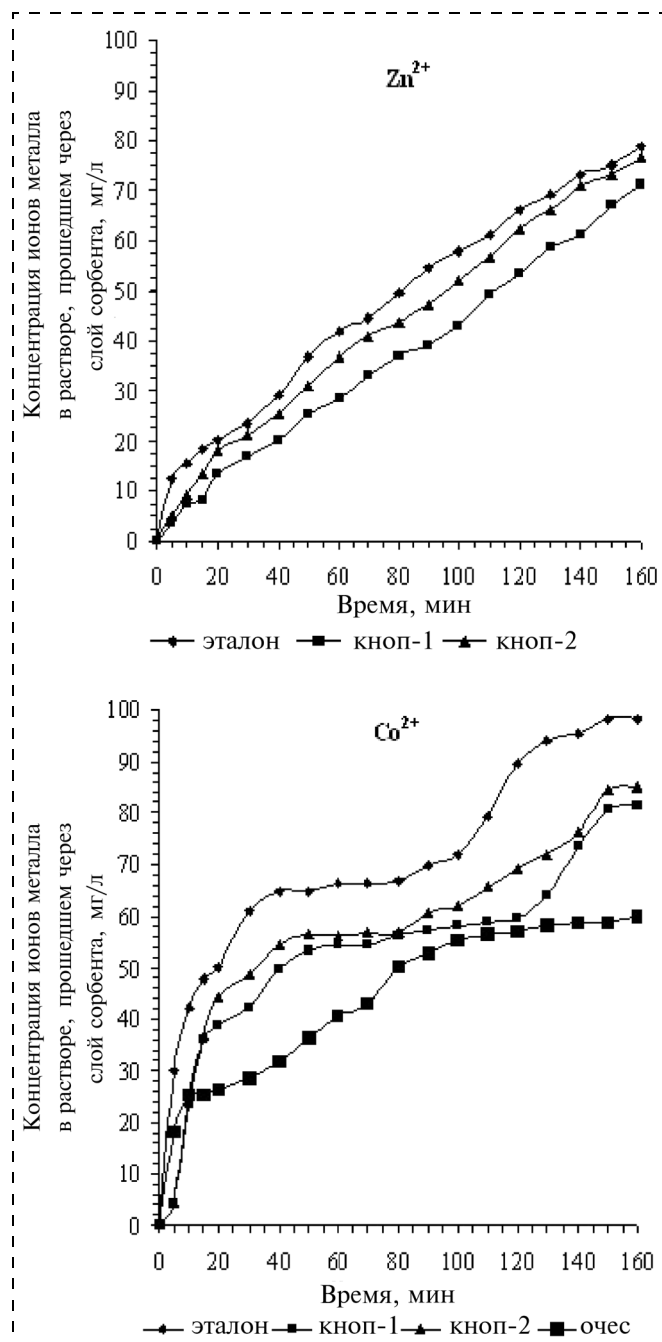


Рис. 3. Зависимость концентрации ионов Zn^{2+} и Co^{2+} в растворе, прошедшем через слой сорбента, от времени в динамических условиях в нейтральной среде

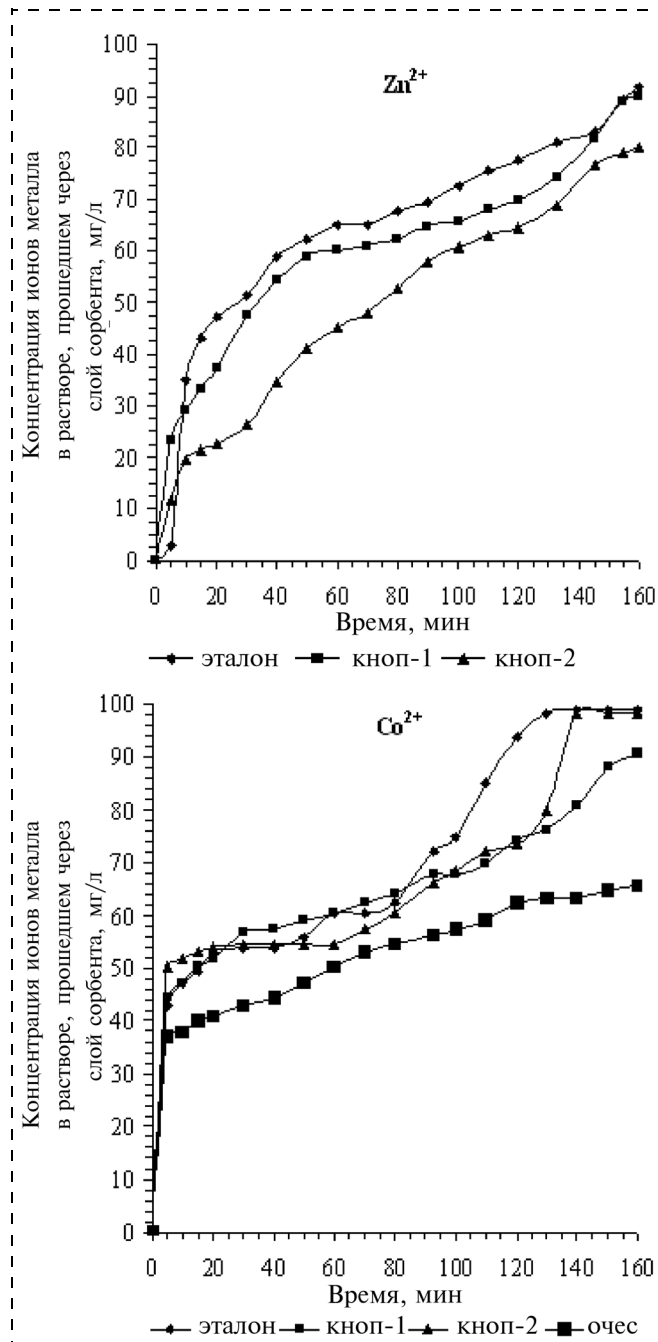


Рис. 4. Зависимость концентрации ионов Zn^{2+} и Co^{2+} в растворе, прошедшем через слой сорбента, от времени в динамических условиях в кислой среде



Таблица 2
Сорбционная емкость шерсти и кнопов по отношению к ионам Co^{2+} , Zn^{2+} в динамических условиях

ИТМ	Максимальная сорбционная емкость сорбента, мг/г					
	в нейтральной среде			в нейтральной среде		
	Эталон	Кноп-1	Кноп-2	Эталон	Кноп-1	Кноп-2
Co^{2+}	17,11	26,16	24,66	15,01	20,03	20,80
Zn^{2+}	30,68	37,16	32,03	18,95	22,14	28,15

том, которого, по-видимому, недостаточно для улова ионов Ni^{2+} .

На рис. 4 приведены динамические кривые сорбции ионов Zn^{2+} и Co^{2+} в кислой среде, из которых следует, что наибольшей поглотительной способностью, как и в нейтральной среде, обладают кнопки.

По приведенным данным можно судить о том, что наибольшей сорбционной емкостью по отношению к ИТМ в нейтральной среде обладает кноп-1, а в кислой — по отношению к ионам Co^{2+} — кноп-1, а к ионам Zn^{2+} — кноп-2. Разницу в сорбционной емкости данных отходов можно объяснить различием в обработке шерсти на данных производствах. Как видно из результатов исследований, карбонизация шерсти снижает сорбционную емкость кнопа по отношению к исследованным ИТМ.

Значения максимальных количеств, поглощаемых ИТМ в динамических условиях в нейтральной и кислой среде, приведены табл. 2.

Таким образом, показано, что отходы валяльно-войлочного производства способствуют удалению названных ИТМ в кислой и нейтральной средах. В данном случае связывание ионов металлов в комплексы производится функциональными группировками аминокислот, входящими в состав шерстяного волокна. Вещество шерсти, очищенной от различных загрязнений, представляет собой биополимер кератин, который относится к группе белковых веществ. Кератин содержит большое количество нуклеофильных групп: COOH , (COO^-) , NH_2 , ArO^- тирозина, имидазольный остаток гистидина, гуанидиновый остаток аргинина, индольный остаток триптофана, амидные группы CONH_2 глутамина и аспарагина, OH -группы серина, $-\text{SH}$ -группы серина и цистеина, $\text{S}-\text{S}$ связи, тиоэфирные $\text{S}-\text{CH}_3$ группы метионина. Помимо групп, расположенных на концах полипептидной цепи в составе кератина имеется значительное количество остатков диамино- и дикарбоновых кислот. Эти кислотные остатки содержат в боковых радикалах также свободные амино- и карбоксильные группы [8].

Из литературных источников [1] известно, что между ИТМ и активными группами кератина шерсти наиболее возможно образование двух комплексов. По всей видимости, первый комплекс образуется путем координационного связывания ИТМ с карбоксильными группами глутамина и аспарагина в шерсти. Второй комплекс — путем связывания данных ионов с депротонированными амидными группами вышеуказанного сорбента. На данное обстоятельство указывает смещение специфических полос поглощения в ИК-спектрах чистого реагента и после сорбции ИТМ. Кроме того, не исключено, что происходит физическая сорбция исследуемых поллюантов между чешуйками кутикулы шерсти.

В итоге можно сделать вывод, что кноп может заменить дорогостоящие реагенты и использоваться в качестве сорбента для очистки сточных вод, содержащих ИТМ. Применение данного сорбента позволит использовать отход производства валяльно-войлочных изделий и снизить расходы на очистку металлосодержащих сточных вод.

В дальнейшем следует проводить исследования вышеуказанных отходов и их модификатов для очистки сточных вод от широкой гаммы ИТМ и исследования возможности регенерации кнопа от сорбированных ионов металлов с целью увеличения ресурсооборота сорбентов.

Список литературы

1. Fukatsu K. Interaction of wool keratin fibers and copper (II) ions / K. Fukatsu, M. Isa // Text. Res. J. — 1986. — Vol. 56. — № 12. — P. 774–775.
2. Kokot S. An electron spin resonance study of the copper interaction with wool-keratin. Part I. An interpretation and the properties of a copper wool ESR Spectrum / S. Kokot, M. Feughelman, R. M. Golding // Text. Res. J. — 1972. — V. 42. — № 12. — P. 704–708.
3. Kokot S. An electron spin resonance study of the copper (II) interaction with wool-keratin. Part II. The nature of the copper (II) interaction with wool-keratin / S. Kokot, M. Feughelman, R. M. Golding // Text. Res. J. — 1973. — V. 43. — № 3. — P. 146–153.
4. Brady P. R. The absorption of certain metal ions by wool fibers / P. R. Brady, G. N. Freeland, R. J. Hine, R. M. Hoskinson // Text. Res. J. — 1974. — V. 44. — № 10. — P. 733–735.
5. Laurie Stuart H. Use of waste wool for the removal of mercury from industrial effluents, particularly those from the chlor-alkali industry / Stuart H. Laurie, A. Barradough // Int. J. Environ. Stud. — 1979. — V. 14. — № 2. — P. 139–149.
6. Нагимулина Г. Р., Шайхиев И. Г., Фридланд С. В. Очистка сточных вод, содержащих ионы Fe^{3+} , кнопом // Вестник татарского отделения российской экологической академии. — 2006. — Вып. 4. — С. 32–35.
7. Нагимулина Г. Р., Шайхиев И. Г., Фридланд С. В. и др. Очистка сточных вод, содержащих ионы Fe^{2+} , отходами валяльно-войлочного производства // Экология и промышленность России. — 2007. — № 11. — С. 21–23.
8. Новорадовская Т. С., Садова С. Ф. Химия и химическая технология шерсти. — М.: Леппромиздат, 1986. — С. 10–41.

Экологические риски нефтепродуктовых компаний

Рассмотрены риски в различных стадиях нефтепроизводства. Ниже приведен перечень документов, которые регламентируют фазы нефтедобычи. Также в статье рассмотрены наиболее распространенные ситуации при авариях на этапах нефтепереработки и нефтедобычи. В статье рассмотрен разработанный алгоритм действий при нефтяных утечках, а также рассмотрены действия по локализации и ликвидации утечки и ее последствий.

Ключевые слова: нефтяные утечки, риски в нефтедобыче, нефтяные загрязнения.

Shaydurov A. O. Ecological risk of petroleum companies

That article describes risks in petroleum production phases. Below you can find common documents which regulate petroleum production. In the science research most frequent dangers which could be caused by oil production are defined. Also the article describes developed algorithm for petroleum releases. That algorithm could help to determine points of releases, launch some recreation actions.

Keywords: petroleum release, risks in oil production, petroleum pollution.

Нефтяная промышленность России развивается хорошими темпами, тому свидетельствует рост акций ведущих компаний: Роснефть, Лукойл, Башнефть. Рост акций обусловлен увеличением объемов добычи и ростом цен на нефть. Однако с увеличением объема добычи увеличиваются и экологические риски, а вместе с рисками возрастают и штрафные санкции за нарушение экологических нормативов вплоть до лишения лицензий. Так, например, в 2005 г. Росприроднадзор пригрозил лишением лицензии семи из девяти предприятий Khanty Mansiysk Oil Corporation. Руководителю Челябинского предприятия по переработке нефти ООО "Викос-Урал" предъявлено обвинение, предусмотренное частью 1 статьи 254 УК РФ (порча земли). Следует отметить, что и интерес научного сообщества к экологическим проблемам постоянно возрастает. Однако, несмотря на большое количество работ в сфере нефтегазовой экологии, основное внимание в них уделяется отдельным аспектам и рискам в деятельности нефтегазового производства, а проблема комплексной оценки риска изучена недостаточно полно.

Для того чтобы разработать эффективный комплекс мер по сокращению и ликвидации экологических рисков, необходимо провести классификацию рисков в соответствии с их природой и видом деятельности нефтепродуктовых компаний (ПНК), а именно: с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением и реализацией нефти и продуктов нефтепереработки. Соответственно эти виды деятельности являются источниками возникновения рисков (рис. 1).

После определения областей возникновения рисков необходимо определить их характер с учетом специфики каждой области.

Добыча нефти. Порядок размещения буровых скважин и требования к их использованию определены следующими документами (перечни, представленные в работе, не являются окончательными и могут изменяться):

- ГОСТ 17.1.3.12—86 Общие правила охраны вод от загрязнения при бурении и добыче нефти и газа на суше.
- ГОСТ 17.1.3.13—86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения
- ГОСТ 17.1.2.04—77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов (Действует только на территории РФ).
- ГОСТ 17.5.3.04—83 Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.
- ГОСТ 17.1.3.07—82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. (Действует только на территории РФ).
- ГОСТ 17.1.4.01—80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах.

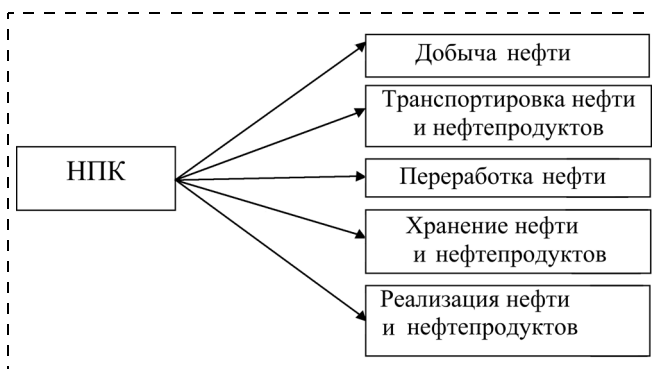


Рис. 1. Области возникновения рисков на ПНК



- ГОСТ 17.1.3.05—82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Добыча нефти производится в малонаселенных или вообще безлюдных местах, что уменьшает эффект воздействия на людей при реализации экологических рисков (однако надо иметь в виду, что при добыче малосернистой нефти (содержание серы до 0,5 %) в воздух попадают такие газы, как метан, этан, бутан, а при добыче многосернистой нефти также сероводород [5]).

При добыче нефти возможны следующие причины возникновения экологических рисков:

- утечка нефти в результате прорыва (впитывание в почву, выбросы в водоемы);
- возгорание и взрыв на объекте добычи;
- интоксикация грунтовых вод и почвы в результате использования буровых растворов и химических реагентов.

Транспортировка нефти и нефтепродуктов регулируется следующими документами:

- ВНПБ-01-01—01 "Пожарная охрана объектов транспортировки нефти (Пожарная охрана объектов магистральных нефтепроводов)".
- Проект ФЗ "Специальный технический регламент о безопасности производственных процессов добычи, транспортировке и хранению нефти и газа".
- Общие требования экологических неправительственных организаций в отношении нефтегазовых проектов "Сахалин-1" и "Сахалин-2" [6].
- ГОСТ 1510—84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
- ГОСТ 12.2.044—80 Система стандартов безопасности труда. Машины и оборудование для транспортирования нефти. Требования безопасности.

Маршрут транспортировки нефти в плане экологии должен удовлетворять по минимуму следующим требованиям:

- местность пролегания маршрута должна быть максимально простой по своей структуре — минимум присутствия населения; неплодородные качества почвы; отдаленность от водоемов, так как вероятность возгорания минимальна;
- оперативный доступ к источнику утечки;
- если транспортировка происходит морским транспортом, то маршрут должен пролегать вдали от мест обитания рыб или других представителей морской флоры и фауны.

На этапе транспортировки нефти деятельность компании сталкивается в основном только с опасностью утечки нефти и нефтепродуктов.

Переработка нефти регламентируется следующими документами:

- Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств ПБ 09-310—99.

- Проект ФЗ Специальный технический регламент "О требованиях к безопасности нефтеперерабатывающих производств" [7].

- ГОСТ 21046—86 Нефтепродукты отработанные.

Этот этап содержит наибольшую долю экологических рисков. Переработка нефти — это сложный химический процесс, в результате которого получаются различные вредные вещества (диоксид углерода, бензин, бензол, дихлорэтан, этиловая жидкость, серный и сернистый газ).

На этапе переработки нефти могут возникнуть следующие ситуации:

- утечка сырой нефти;
- выброс в атмосферу вредных веществ;
- утечка продуктов нефтепереработки;
- возгорание, взрыв.

Хранение нефти и нефтепродуктов регламентируется следующими документами:

- ГОСТ 1510—84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
- Проект ФЗ "Специальный технический регламент о безопасности производственных процессов добычи, транспортировке и хранению нефти и газа".
- ППБ нефтебаз и складов нефтепродуктов. Правила промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродуктов. Федеральный горный и промышленный надзор России. Постановление от 20 мая 2003 г. № 33.
- СНиП 2.11.03—93 Склады нефти и нефтепродуктов.

На этапе хранения нефти и нефтепродуктов имеет место стандартный набор рисков:

- утечка нефти и нефтепродуктов;
- возгорание, взрыв;
- испарения.

Реализация нефти и нефтепродуктов регулируется следующими документами:

- РСТ РСФСР 778—91 Станции автозаправочные. Общие технические требования.
- НПБ 111—98 Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности.
- Временное методическое руководство по оценке экологического риска деятельности нефтебаз и автозаправочных станций.

На этапе реализации нефти и нефтепродуктов руководству компании необходимо уделить особое внимание рискам, так как на предыдущих этапах они в основном возникали в технических зонах, теперь максимально приближены к населенным пунктам. Виды рисков здесь следующие:

- утечка;
- возгорание, взрыв;
- испарение.

На основе полученных данных составим иерархию экологических рисков нефтепродуктовой компании (рис. 2), где критерием является величина угрозы окружающей среде (человеку, флоре и фау-

не). Данная иерархия не является объективной, так как при ранжировании трудно определить, что важнее — урон здоровью десяти человек или же проникновение вредных веществ в питьевые колодцы. Эти явления имеют разную временную реализацию (одни проявляются почти мгновенно, от других эффект может проявиться через годы) и разное проявление и, соответственно, стоимостное выражение (инвалидность, обострение заболеваний, массовые отравления, психологические травмы и т. д.).

Проанализировав виды рисков, согласно приведенной иерархии, можно прийти к выводу, что основные виды экологических рисков — это утечка и попадание вредных веществ в атмосферу в результате возгорания в месте утечки.

Для работы с экологическими рисками необходимы последовательности действий, которыми можно было бы пользоваться не только в чрезвычайных ситуациях, но и в штатном режиме работы. Для этих целей был разработан приведенный ниже пошаговый алгоритм действий (рис. 3), аналогичный разработанному в США [4], но с учетом специфики деятельности НПК в российских условиях.

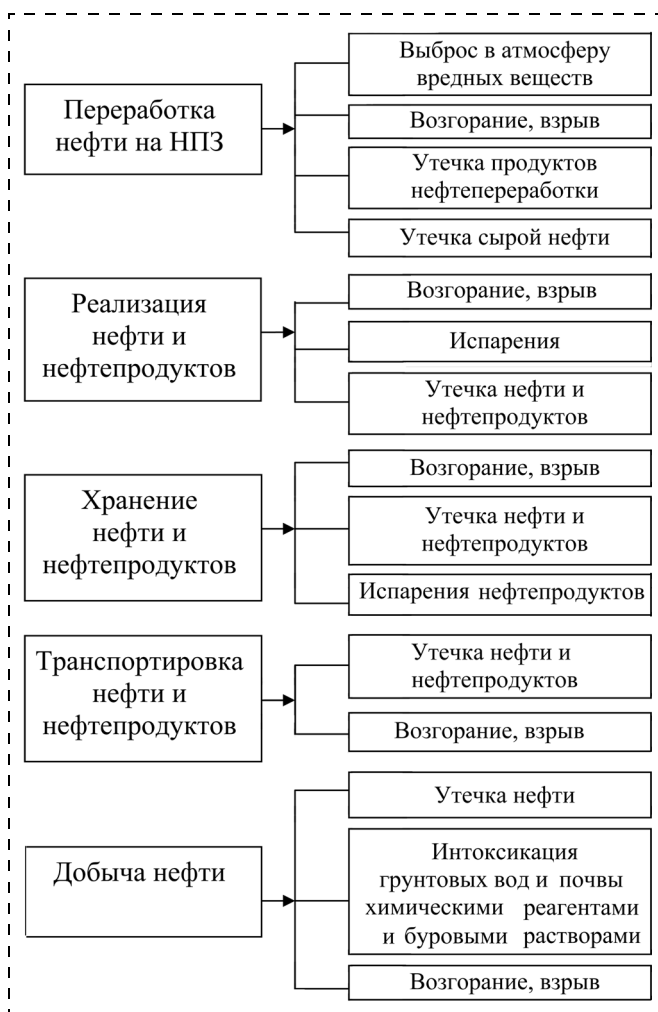


Рис. 2. Иерархия экологических рисков

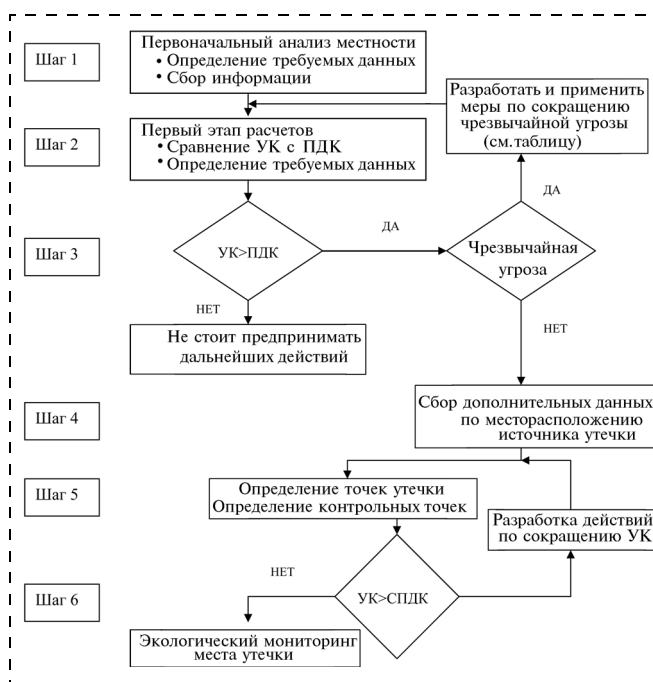


Рис. 3. Алгоритм действий при экологическом мониторинге

Шаг 1. На первом шаге требуется получить информацию, необходимую для сравнения уровня концентрации (УК) вредных веществ с предельно допустимым уровнем (ПДК). Эта информация может включать в себя

- Архивно-исторические данные, содержащие действия на определенной местности.
- Количественные показатели вредных веществ. Для бензина, дизельного топлива и керосина это концентрации бензола, толуола, этилбензола. Для нефти этот перечень дополняется концентрацией мышьяка, бария, кадмия, хрома, свинца, ртути, селена и серебра.
- Потенциальные источники утечек — подземные резервуары, трубопроводы, бензоперекачивающие установки, отсеки для технического обслуживания.
- Другие источники увеличения УК-продукты переработки, почва и грунтовые воды с повышенным ПДК.
- Гидрологические характеристики местности — глубина грунтовых вод, направление потока, угол наклона, окружающее качество грунтовых вод, скорость потока.
- Потенциальные рецепторы на расстоянии 1 км от потенциального источника загрязнения. Все образцы с водозаборных скважин в радиусе 100 м должны соответствовать экологическим нормам.

Шаг 2. На этом шаге необходимо произвести измерения и расчеты уровня концентрации вредных веществ. Эти операции должны быть проведены для всех сред распространения — для почвы, воды и воздуха в отдельности. Определение concentra-



Действия по сокращению или исключению возникшей угрозы

Сценарий	Ответные действия
В местонахождении или других строениях повышенный уровень взрывчатых веществ или паров	Эвакуировать жителей, начать действия по уменьшению этого уровня, например, произвести вентиляцию
Повышенный уровень взрывчатых веществ в подземных сооружениях	Произвести эвакуацию окрестностей, начать действия по уменьшению этого уровня, например, произвести вентиляцию
Продукты переработки присутствуют в значительном количестве на водной и земляной поверхности или на других сооружениях	Предотвратить дальнейшее распространение продуктов переработки, начать восстановление, мониторинг концентрации паров
Существует угроза системе водоснабжения	Оповестить население, обеспечить альтернативное водоснабжение
Угроза животному миру и ресурсам	Минимизировать величину ущерба изоляционными мерами, а также воздействием на животный мир с целью минимизации влияния

ции вредных веществ можно производить в соответствии со следующими документами:

- ОНД— 86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.
- ГОСТ 12.1.014—84 Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками.

Шаг 3. На этом шаге данные о концентрации вредных веществ, полученные на предыдущем шаге, сравниваются с уровнем ПДК в соответствии с ГОСТ 12.1.007—76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

По результатам сравнения возможны три ситуации:

- Текущий уровень концентрации не превышает ПДК; в этом случае не следует предпринимать никаких действий, а продолжать осуществлять экологический мониторинг объектов.
- Текущий уровень концентрации значительно превышает ПДК, в этом случае возможна чрезвычайная экологическая угроза; в этом случае необходимо предпринять экстренные меры по снижению или устранению этой угрозы. И после выполнения корректирующих действий (см. таблицу) снова произвести сбор информации и замеры.
- Текущий уровень концентрации незначительно превышает ПДК.

Шаг 4. На этом этапе необходимо определить параметры утечки:

- гидрологические условия местности (глубина грунтовых вод, направление движения, градиент, скорость течения).
- тенденции уровня концентрации (постоянный, снижение, увеличение).
- объемы утечки.
- концентрации вредных веществ около питьевого колодца.

- концентрацию вредных веществ в атмосфере возле ближайших строений.

Шаг 5. На этом шаге необходимо определить фактические места утечки вредных веществ и точки выбросов. Под точками выбросов понимаются:

- Ирригационные колодцы.
- Частные или общественные колодцы.
- Различные водные поверхности.
- Флора и фауна (рецепторы).

Кроме того, необходимо изучить возможное направление выброса — маршрут от фактического источника утечки до рецепторов. Для грунтовых вод точку выброса следует рассчитывать из текущих и ожидаемых в недалеком будущем источников потребления.

Затем необходимо выбрать месторасположение контрольных точек, мест, где будут установлены измерительные приборы, фиксирующие уровни загрязнения. Эта точка должна находиться между фактическим местом утечки (зона с максимальной концентрацией вредных веществ) и точкой выброса. При определении контрольных точек необходимо учитывать следующие факторы:

- Месторасположение потенциальных рецепторов.
- Структуру местности.
- Скорость движения вредных веществ в воздухе, воде и грунте.

Шаг 6. Так как в основном происходит утечка жидких нефтепродуктов, то основными средами для анализа концентрации вредных веществ являются почва и грунтовые воды. При контакте вредных веществ с этими средами они изменяют свою концентрацию, поэтому на этом этапе мы введем показатель — скорректированный уровень предельной концентрации вредных веществ (СПДК). Например, для расчета СПДК для почвы можно воспользоваться таким свойством почв, как выщелачивание.

В данной работе мы попытались определить и классифицировать спектр потенциальных рисков, с которыми может столкнуться нефтяная компания на всех жизненных циклах производства. Также был составлен алгоритм, позволяющий оценивать и принимать решения при утечках загрязняющих веществ. Более подробная оценка уровня загрязнения рассмотрена в совместной работе автора с Д. М. Теунаевым "Оценка экологических рисков для нефтяных компаний" [8].

Список литературы

1. http://www.ogbus.ru/authors/SamsonovRO/SamsonovRO_3.pdf
2. http://www.ogbus.ru/authors/KuznetsovaSA/KuznetsovaSA_1.pdf
3. <http://www.golkom.ru/kme/14/2-247-2-2.html>
4. South Carolina risk-based corrective action for petroleum releases
5. http://www.ogbus.ru/authors/Zlotnikov/Zlotnikov_1.pdf
6. <http://www.wwf.ru/data/obsietrebovaniy-dokument4.doc>
7. http://www.minprom.gov.ru/activity/metrology/strateg/trprogramm/119/STR_Neftepererabotka_pervaya_redaktsiya.doc
8. Научно-технический журнал "Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе". — 2008. — № 3.

УДК 614.841.12

В. А. Алексеев, канд. техн. наук, доц., **С. И. Поникаров**, д-р техн. наук, проф.,
Б. И. Исхаков, асп., **С. В. Алексеев**

Казанский государственный технологический университет

Оценка вероятного ущерба и затрат на локализацию и ликвидацию разлива нефтепродуктов

Рассмотрены риски возникновения аварий, связанных с проливами нефтепродуктов, и проведена оценка ущерба и затрат на локализацию разливов нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: объем разлива, разлив нефти, вероятность разлива.

Alekseev V. A., Ponikarov S. I., Iskha-kov B. I., Alekseev S. V. Estimation of probable damage both expenses for localization and liquidation of oil spills

In these article there were studied the risks of accidents appearing, concerning the spills of oil and oil products, and we have held a damage assessment and estimation of costs for containment of oil and oil products spills.

Keywords: oil spill pollution, risk analysis, accident risk.

При разработке Планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (далее ПЛРН) [1] особенно важным является оценка риска разлива нефтепродуктов на конкретном производственном объекте. Для чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом нефтепродуктов, — далее ЧС(Н) — зона потенциального загрязнения территории зависит от огромного числа факторов: метеорологических условий, геологии, профиля и характеристик почвы, самих сооружений, оборудования, коммуникаций, характера и вида аварии и т. д. С целью выработки оптимальных решений при локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом нефтепродуктов, — далее ЛЧС(Н) — целесообразно оценить потенциальную опасность разлива нефтепродуктов, т. е. определить вероятностные, максимальные и интегральные характеристики возможных ЧС(Н).

Рассмотрим общий подход к анализу разливов нефтепродуктов и его реализацию на конкретном примере.

Наиболее общим показателем риска считается математическое ожидание события за какой-то период времени, чаще всего за год. Для разлива нефтепродуктов основным показателем риска для предприятия, очевидно, являются математические ожидания:

- объема разлива, т/год

$$\bar{G} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{ij} Q(C_{ij}), \quad (1)$$

- затрат на локализацию и ликвидацию разлива нефтепродуктов, руб./год

$$\bar{Z} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Z_{ij} Q(C_{ij}), \quad (2)$$

- и площади разлива, м²/год

$$\bar{F} = \iint_S R_F(x, y) dS, \quad (3)$$

где m — количество потенциальных источников разлива нефтепродуктов на объекте; n — количество возможных сценариев развития аварий на источнике при разливе; $Q(C_{ij})$ — вероятность реализации i -го сценария разлива на j -м источнике разлива; G_{ij} — объем разлива при реализации i -го сценария разлива на j -м источнике разлива, т; Z_{ij} — затраты на локализацию и ликвидацию разлива при реализации i -го сценария разлива на j -м источнике разлива, руб.; S — площадь, м²; $R_F(x, y)$ — вероятность разлива нефтепродуктов в каждой конкретной точке пространства с координатами (x, y) от всех возможных источников разлива, т. е. вероятность его появления для всех точек пространства рассматривается как сумма вероятностей реализации различных вариантов зон разлива.

$$R_F(x, y) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n Q_{ij} Q(C_{ij}), \quad (4)$$

Q_{ij} — вероятность появления разлива в точке с координатами (x, y) разлива при реализации i -го сценария разлива на j -м источнике разлива.

Решение уравнения (4) позволяет провести полную инвентаризацию всех имеющихся на предприятии потенциальных источников разлива нефтепродуктов, оценку вероятностей и объема пролива от каждого из источников.

Объемы возможных разливов нефти G_{ij} для конкретного сценария могут определяться по известным методикам [2].

Вероятности реализации каждого конкретного сценария разлива $Q(C_{ij})$ могут быть определены из деревьев событий на основе анализа каждого объекта и имеющейся статистики [3–6].



Таблица 1

Оборудование	Длина нефтепровода, м	Диаметр сечения трубы, мм	Пропускная способность, м ³ /сут	Производительность, м/мин	Объем, м ³	Количество, шт.	Площадь обвалования, м
Нефтепровод	10000	100	600	—	—	1	—
РВС*	—	—	—	—	5000	1	1000
РГС*	—	—	—	—	200	10	1000
Насосы	—	—	—	10	—	1	100
Автоцистерны	—	—	—	—	10	1	—
Станки качалки	—	—	—	10	—	100	10

* РВС и РГС — резервуары стальные соответственно вертикальный и горизонтальный.

Таблица 2

Уровни ЧС(Н)	Вероятность, 1/год
Локального значения — до 100 т разлившихся нефти и нефтепродуктов, площадь разлива охватывает территорию объекта	$1,83 \cdot 10^{-2}$
Муниципального значения — 100...500 т разлившихся нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы муниципального образования либо разлив до 100 т нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы	$2,50 \cdot 10^{-3}$
Территориального значения — 500...1000 т разлившихся нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы субъекта РФ территориального значения либо разлив 100...500 т нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы	$4,50 \cdot 10^{-4}$
Регионального значения — 1000...5000 т разлившихся нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы субъекта РФ регионального значения либо разлив 500...1000 т нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы	$9,00 \cdot 10^{-5}$
Федерального значения — свыше 5000 т разлившихся нефти и нефтепродуктов в пределах государственной границы РФ либо разлив вне зависимости от объема, выходящий за пределы государственной границы	Нет
Суммарная вероятность ЧС(Н) на предприятии	$2,13 \cdot 10^{-2}$

Основным показателем, определяющим опасность объекта, является вероятность возникновения аварии в течение года на единицу технологического оборудования, которая исходя из статистических данных для объектов транспорта, хранения и распределения нефтепродуктов составляет:

— технологическое оборудование с одностенными резервуарами — $1 \cdot 10^{-4}$ аварий/год, при этом в 90 % случаев — весь объем выбрасывается мгновенно;

— разрушение автоцистерны — $10^{-6}...10^{-4}$ аварий/год;

— для нефтепроводов — 0,16 аварий/год на 1000 км, при этом 55 % случаев — образование свища, 35 % случаев — продольная трещина (раскрытие), 10 % случаев — гильотинный разрыв;

— насосное оборудование — $2 \cdot 10^{-4}$ аварий/год;

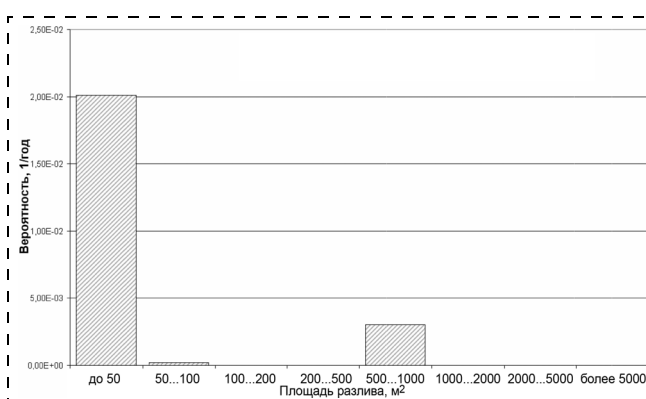
Имея исходные данные: 1) объем и количество оборудования, наличие обваловок, диаметр и протяженность нефтепроводов, производительность нефтепроводов и объем оборудования; 2) вероятность возможных сценариев разлива в зависимости от находящегося в эксплуатации оборудования, можно рассчитать объемы, вероятности и площади пролива для всех объектов добычи, хранения и транспортировки нефти на предприятии.

Расчеты, выполненные указанным выше методом, позволяют определить:

☑ вероятность категорий разлива нефти в зависимости от объема [2];

Таблица 3

Вид разлива	Площадь разлива, м ²
Максимальный при прорыве нефтепровода	580
Максимальный при проколе нефтепровода	840
Максимальный на технологических площадках	1000
Математическое ожидание разлива нефти, м ² /год	2,5



Вероятность различных площадей разлива

☑ среднее значение объема разлива за год (определенное для конкретного предприятия, является по сути контрольным при планировании годовых затрат на обеспечение и проведение работ, связанных с локализацией и ликвидацией аварийных разливов нефтепродуктов);



Таблица 4

Разлив нефти	Объем разлива, м ³	Площадь разлива, м ²	Потребное число членов АСФ(Н)*, чел.	Нормо часы (люди), ч	Нормо часы (техника), ч	Стоимость выполнения механизированных работ, руб.
Максимальный на технологических площадках	5000	1000	3	142,3	555,8	717 191,4
Минимальный на технологических площадках	10	50	2	9,4	2,9	3714,2
Максимальный на нефтепроводе	168	840	3	120,5	35,8	46 245,7
Минимальный на нефтепроводе	116	580	2	84,8	29	37 455,2
* Аварийно-спасательное формирование при разливе нефтепродуктов.						

☑ максимально возможный разлив нефтепродуктов и соответственно запас материальных средств, который желательно иметь или знать пути привлечения их со стороны.

Рассмотрим применение такого подхода на примере предприятия с данными, представленными в табл. 1, составленный на основании имеющихся исходных данных об объеме и количестве оборудования.

На основе имеющихся исходных данных: объема и количества оборудования, наличия обваловок, диаметра и протяженности нефтепроводов, производительности и объема оборудования, вероятности разлива были рассчитаны объемы, вероятности и площади разлива для всех содержащих нефть объектов предприятия. Используя "Постановление Правительства РФ..." [2] и формулы (1—4), были определены вероятности различных уровней разлива. Эти результаты представлены в табл. 2.

На основе характеристик нефтепроводов и оценки вероятности разливов по нефтепроводам математическое ожидание разлива на нефтепроводах составило при проколе 0,24 м³/год, при прорыве 0,019 м³/год.

Для технологических площадок с учетом количества резервуаров, аппаратов, добывающих скважин, технологических трубопроводов, насосов и др., с учетом вероятностей и сценариев разлива математическое ожидание пролива составит при частичной разгерметизации 0,05 м³/год, при полной разгерметизации 0,45 м³/год.

Основываясь на характеристиках технологического оборудования и оценке вероятности разливов, можно рассчитать математическое ожидание разлива нефти в целом по предприятию. Оно составляет 0,4 м³/год.

Оценка площадей разлива нефти на всех объектах при разливах позволила определить математическое ожидание (табл. 3) и вероятность различных разливов в целом по предприятию (см. рисунок).

Как видно из рисунка, наиболее вероятными являются разливы площадью менее 50 м (0,02 раз в год), вероятность остальных разливов не превышает 0,005 раз в год, т. е. почти на порядок меньше.

Для разлива нефтепродуктов одними из основных показателей, очевидно, будут являться максимальные и средние затраты на локализацию и ликвидацию разлива нефтепродуктов. Максимальные затраты определяются исходя из максимальных разливов и являются ориентиром при планировании материально-технического обеспечения локализации и ликвидации разлива нефтепродуктов. Средние затраты (математическое ожидание затрат на локализацию и ликвидацию разлива нефтепродуктов в год) являются ориентиром при планировании годовых затрат предприятия на обеспечение ликвидации, связанной с разливом нефтепродуктов. Расчеты выполнены с использованием ЕНиР на земляные работы. При расчетах закладывалось, что время на локализацию разлива ограничено (не более 6 ч на суше и 4 ч при проливе в водоемы). Ликвидация разлива выполняется теми же средствами, что и локализация. Основные результаты расчетов приведены в табл. 4 (в последнем столбце приведены данные о стоимости выполнения механизированных работ как наиболее дорогостоящих).

Проведенный анализ вероятностей аварий, технологии нефтедобычи, состава и расположения объектов позволил обосновать объем материальных и людских ресурсов, а также определить ежегодные планируемые затраты на локализацию и ликвидацию разливов нефти.

Список литературы

1. Приказ МЧС России от 28 декабря 2004 г. № 621 "Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации" (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 14.04.2005 г., № 6514).
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 августа 2000 г. № 613 (с учетом изменений, определенных Постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2002 г. № 240).
3. Сафонов В., Одишария Г., Швыряев А. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности. — М.: НУМЦ Минприроды России, 1996 г.
4. "Комплексная оценка природных и техногенных рисков для населения Республики Татарстан" // Отчет о НИР. — М.: ВНИИ ГОЧС, 1998 г. — 170 с.

УДК 378.146:331.4

А. М. Осипов, канд. техн. наук, проф., **С. Н. Щадрова**, канд. техн. наук, проф.
Ивановская государственная текстильная академия

Тесты по дисциплине "Производственная санитария и гигиена труда"

В статье приведены область применения, структура разработанных тестов, их виды с примерами.

Ключевые слова: тесты, компьютер-тест, Интернет-тестирование, структура, ГОС, закрытые, открытые, соответствие, упорядочение.

Osipov A. M., Schadrova S. N. Tests on the academic Subject "Production Sanitation and Labour Hygiene"

The article comprises the developed tests, their structure, types and the sphere of their application. The tests are illustrated with examples.

Keywords: tests, computer-test, Internet-testing, structure, educational state Standards, multiple choice, open, correspondence, putting in order.

Система управления качеством высшего образования предполагает переход на Интернет-тестирование проверки знаний студентов. В настоящее время существуют тесты для Интернет-тестирования общеобразовательных дисциплин. С тестами по специальным дисциплинам дело обстоит гораздо хуже в связи с большим количеством специальностей и дисциплин.

Нами разработаны тесты по дисциплине "Производственная санитария и гигиена труда" для специальности 330500 (280102) "Безопасность технологических процессов и производств". Тесты сертифицированы в органе по сертификации программно-дидактических тестовых материалов и технологий компьютерного тестирования и переданы в "Независимый центр тестирования качества обучения".

Тесты могут использоваться для компьютерного и Интернет-тестирования с целью проверки остаточных знаний студентов по курсу при обучении, на экзаменах, при аттестации вуза.

Структура тестового материала приведена в табл. 1.

Весь учебный материал разбит на разделы, подразделы, темы.

Тесты содержат четыре раздела: воздушная среда, виброакустическое загрязнение, электромагнитные поля и излучения, средства и методы защиты от вредных производственных факторов. В каждом разделе 75 тестов.

Раздел "Воздушная среда" состоит из подразделов: вредные вещества, микроклимат, вентиляция, системы кондиционирования воздуха (СКВ).

Раздел "Виброакустическое загрязнение среды" состоит из подразделов: шум, инфра- и ультразвук, вибрация.

Раздел "Электромагнитные поля и излучения" состоит из подразделов: электромагнитные поля, ионизирующие излучения, лазерное излучение, производственное излучение.

Раздел "Средства и методы защиты от вредных производственных факторов" состоит из подразделов: средства коллективной защиты (СКЗ), средства индивидуальной защиты (СИЗ), санитарно-гигиенические требования и гигиена труда.

Структура подразделов представлена в табл. 2...5.

Темы подразделов полностью соответствуют ГОС для специальности "Безопасность технологических процессов и производств". По каждой теме разработано по пять тестов.

Тесты разработаны в полном соответствии с требованиями к тестам. При тестировании использу-

Таблица 1

Структура тестового материала

Разделы			
1. Воздушная среда	2. Виброакустическое загрязнение	3. Электромагнитные поля	4. Средства и методы защиты от вредностей
Подразделы			
1.1. Вредные вещества	2.1. Шум	3.1. Электромагнитные поля	4.1. Средства коллективной защиты (СКЗ)
1.2. Микроклимат	2.2. Инфра- и ультразвук	3.2. Ионизирующие излучения	4.2. Средства индивидуальной защиты (СИЗ)
1.3. Вентиляция	2.3. Вибрация	3.3. Лазерное излучение	3.4. Санитарно-гигиенические требования и гигиена труда
1.4. Системы кондиционирования воздуха (СКВ)	—	—	—

Таблица 2
Структура раздела "Воздушная среда"

Подразделы			
1.1. Вредные вещества	1.2. Микроклимат	1.3. Вентиляция	1.4. Системы кондиционирования воздуха (СКВ)
Темы			
1.1.1. Вредные вещества и их классификация	1.2.1. Понятия о микроклимате производственного помещения	1.3.1. Назначение и классификация	1.4.1. Назначение СКВ, оборудование СКВ
1.1.2. Токсикология	1.2.2. Влияние параметров микроклимата на здоровье и работоспособность	1.3.2. Естественная и механическая вентиляция	1.4.2. Выбор кондиционеров
1.1.3. Определение и нормирование содержания вредных веществ	1.2.3. Терморегуляция	1.3.3. Конструктивное исполнение	1.4.3. Расчеты СКВ
1.1.4. Заболевания от воздействия вредных веществ	1.2.4. Принципы нормирования	1.3.4. Очистка воздуха от пыли и вредных химических веществ	—
Всего 4 темы	Всего 4 темы	Всего 4 темы	Всего 3 темы

Таблица 3
Структура раздела "Виброакустическое загрязнение"

Подразделы		
2.1. Шум	2.2. Инфра- и ультразвук	2.3. Вибрация
Темы		
2.1.1. Источники шума на производстве	2.2.1. Источники инфра- и ультразвука	2.3.1. Источники вибрации на производстве
2.1.2. Влияние шума на организм человека. Шумовая болезнь	2.2.2. Характеристики инфра- и ультразвука	2.3.2. Действие вибрации на организм человека
2.1.3. Тема. Физические характеристики шума, единицы измерения	2.2.3. Гигиеническое нормирование инфра- и ультразвука	2.3.3. Физические характеристики вибрации
2.1.4. Классификация шума	—	2.3.4. Приборы и методы контроля вибрации
2.1.5. Гигиеническое нормирование шума	—	2.3.5. Нормирование вибрации
2.1.6. Приборы и методы контроля шума на производстве. Контроль шумовых характеристик машин	—	2.3.6. Классификация вибраций
Всего 6 тем	Всего 3 темы	Всего 6 тем

Таблица 4
Структура раздела "Электромагнитные поля и излучения"

Подразделы			
3.1. Электромагнитные поля	3.2. Ионизирующие излучения	3.3. Лазерное излучение	3.4. Производственное освещение
Темы			
3.1.1. Основные понятия и физическая сущность ЭМП	3.2.1. Природа и виды ионизирующих излучений	3.3.1. Природа, источники и основные характеристики лазерного излучения	3.4.1. Системы и виды. Искусственное и естественное освещение
3.1.2. Воздействие ЭМП на человека	3.2.2. Биологическое действие ионизирующего излучения на человека и окружающую среду	3.3.2. Воздействие на организм человека лазерного излучения	3.4.2. Принципы гигиенического нормирования естественного и искусственного освещения
3.1.3. Измерение и нормирование ЭМП. Контроль ЭМП	3.2.3. Нормирование ионизирующего излучения. Дозы и пределы облучений	3.3.3. Гигиеническое нормирование лазерного излучения	3.4.3. Виды искусственного освещения по функциональному назначению
—	3.2.4. Дозиметрический контроль ионизирующих излучений	—	3.4.4. Светильники
—	—	—	3.4.5. Методы расчета искусственного освещения
Всего 3 темы	Всего 4 темы	Всего 3 темы	Всего 5 тем

ются четыре вида тестов: закрытые тесты, открытые тесты, тесты на соответствие, тесты на упорядочение.

Закрытые тесты — это обычные "угадки", в которых студент из представленных нескольких ответов выбирает правильный ответ.

В **открытых** тестах ответ не приводится. Студент вводит сам ответ в виде слова, предложения, числа. Например, тест выводится на экран в виде: "**Вредный производственный фактор** — производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к.....". Студент вводит ответ, который он представляет как правильный. Правильный ответ в данном случае — "заболеванию". В разработанных тестах все открытые тесты даются в виде несложных задач, ответ на которые вводится в виде числа. Решение задач позволяет проконтролировать не только знания студента, но и его умение, что соответствует требованиям к тестам и ГОС. Ответ в виде числа защищает студента от орфографических ошибок. От-



Таблица 5

Структура раздела "Средства и методы защиты от вредных производственных факторов"

Подразделы		
4.1. Средства коллективной защиты (СКЗ)	4.2. Средства индивидуальной защиты (СИЗ)	4.3. Санитарно-гигиенические требования и гигиена труда
Темы		
4.1.1. Средства коллективной защиты от вредных веществ	4.2.1. Роль СИЗ в профилактике травматизма и заболеваний	4.3.1. Санитарно-гигиенические требования к планировке предприятия и организации производства
4.1.2. Средства и методы защиты от шума	4.2.2. Классификация СИЗ	4.3.2. Личная гигиена труда на производстве
4.1.3. Методы и средства защиты от вибрации	4.2.3. Обеспечение работающих СИЗ	—
4.1.4. Средства и методы защиты от инфра- и ультразвука	4.2.4. Средства коллективной и индивидуальной защиты от вредных веществ	—
4.1.5. Защита от полей постоянных магнитных, электростатических и полей промышленной частоты	—	—
4.1.6. Защита от электромагнитных полей радиочастот	—	—
4.1.7. Защита от полей ПЭВМ	—	—
4.1.8. Средства и методы защиты от лазерных излучений	—	—
4.1.9. Работа с радиоактивными веществами и источниками	—	—
Всего 9 тем	Всего 4 темы	Всего 2 темы

крытые тесты составлены по темам коллективной защиты от вредных производственных факторов.

Тесты на *соответствие* представляются в виде нескольких понятий, на которые приводятся несколько ответов. Количество ответов больше числа понятий. Студенту представляется возможность выбора правильных ответов. Например, студент должен выбрать соответствие между источником шума: подшипник и турбулентная струя воздуха и видом шума: гидродинамический, механический, аэродинамический, электромагнитный, т. е. из четырех перечисленных видов шума выбрать соответствующие источнику шума два правильных ответа.

В тестах на *упорядочение* студенту предлагается расположить предложенные варианты по увеличению или уменьшению заданного параметра. Например, предлагается представить последовательность времени воздействия лазерного излучения (1. $t = 10^{-5}$ с; 2. $t = 10^{-17}$ с; 3. $t = 10^{-2}$ с; 4. $t = 10^{-7}$ с) в порядке уменьшения его воздействия на человека.

Всего тестов 300, из них 150 — закрытые, 50 — открытые, 45 — на упорядочение и 55 — на соответствие.

На каждую тему предлагается пять тестов, вид теста одинаковый, что облегчает работу студента. Закрытые тесты относятся к легким, тесты на соответствие — к тестам средней сложности, открытые и на упорядочение — к трудным.

Проведена апробация банка тестовых заданий как при проверке остаточных знаний у студентов, изучающих курс в прошедшем году, так и при оценке знаний студентов по завершении курса.

Установлено время выполнения одного теста. Оно составляет 1,5...3 мин в зависимости от трудности. Исходя из заданного времени предполагается, что при тестировании студент должен выполнить за 1 ч примерно 30 (± 2) случайно выбранных тестов.

ИНФОРМАЦИЯ

6-я Международная конференция

"СОТРУДНИЧЕСТВО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОТХОДОВ"

8—9 апреля 2009 года

Харьков

Подробности на сайте: <http://www.waste.com.ua/cooperation>

Контакты: Тел./факс +38 (057) 712-11-05, 759-19-90

Моб. +38 (067) 910-67-96 Ирина Попова

E-mail: world_of_waste@mail.ru, ecoinvest@vl.kharkov.ua

Для писем: "ЭкоИнформ", а/я 81, г. Харьков, 61052, Украина

О новом межгосударственном стандарте "ССБТ. Системы управления охраной труда"

ГОСТ 12.0.23—07 ССБТ. Системы управления охраной труда вводится в действие с 01.07.2009 г. В разделе "Область применения" стандарта в качестве его цели определено: содействие защите работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов, исключению несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом и профессиональных заболеваний на производстве.

Разъясняется, что на национальном уровне стандарт служит:

- для установления национальных основ системы управления охраной труда, подкрепленных национальными законами и иными нормативными правовыми актами;
 - руководящими указаниями по применению добровольных мероприятий по охране труда в организациях, направленных на соблюдение норм и иных нормативных правовых актов, ведущих к непрерывному совершенствованию деятельности в области охраны труда;
 - руководящими указаниями для развития национальных и специальных корпоративных стандартов по системам управления охраной труда для качественного обеспечения практических потребностей организаций в соответствии с их размером и характером деятельности.
- На уровне организации стандарт предназначен:
- служить руководящими указаниями по объединению элементов системы управления охраной труда в организации в качестве составной части общей политики и системы управления;
 - способствовать активизации всех работников организации, в том числе работодателей, собственников, управленческого персонала, работников и их представителей с целью применения современных принципов и методов управления охраной труда, направленных на непрерывное совершенствование деятельности по охране труда.

В разделе "Термины и определения" выделим следующие термины: инцидент, комитет (комиссия) по охране труда, компетентное лицо, компетентное учреждение, наблюдения за производственной средой, непрерывное совершенствование, опасность, оценка опасностей, оценка риска, подрядчик, проверка, реагирующее наблюдение, риск, система управления охраной труда (СУОТ), текущее наблюдение.

В разделе "Национальная структура системы управления охраной труда" отмечается, что в установленном порядке следует определить компетентное учреждение или несколько учреждений для

формулирования, применения и периодического пересмотра согласованной национальной политики по созданию и содействию развития систем управления охраной труда в организациях. Согласованную национальную политику по управлению охраной труда также определяют, реализовывают и периодически пересматривают путем обсуждения с наиболее представительными организациями работодателей и работников и при необходимости с другими учреждениями.

Согласно стандарту, национальная политика по системам управления охраной труда должна устанавливать общие принципы и процедуры для:

- содействия использованию и объединению систем управления охраной труда с общей системой управления организацией в качестве подсистемы;
- создания основы с целью облегчения и совершенствования выполнения мероприятий по систематическому анализу, планированию, применению и совершенствованию деятельности по охране труда на национальном уровне и на уровне организации;
- содействия участию работников и их представителей в работах по обеспечению охраны труда в организации;
- осуществления непрерывного эффективного и результативного совершенствования систем управления охраной труда без излишнего бюрократизма, администрирования и издержек;
- содействия сотрудничеству и поддержке систем управления охраной труда в организации инспекциями труда, службами охраны труда и другими национальными органами государственного надзора и контроля и направления их деятельности по использованию управления охраной труда;
- оценки через определенные промежутки времени эффективности национальной политики и национальной структуры систем управления охраной труда с целью ее совершенствования;
- оценки и пропаганды имеющимися средствами эффективности систем управления охраной труда и практики их применения;
- обеспечения применения требований по охране труда, установленных в организации, подрядчиками и их работниками, в том числе временными работниками, непосредственно нанятыми работодателем.

С целью обеспечения согласованности национальной политики по охране труда и мероприятий по ее применению созданное компетентное учреждение (специально уполномоченный орган) должно



устанавливать национальные структуры систем управления охраной труда для:

- определения и установления соответствующих функций и обязанностей различных организаций, призванных осуществлять национальную политику и выполнять соответствующие мероприятия для обеспечения необходимой координации между ними;
- публикации и периодической оптимизации национальных стандартов по добровольному применению и функционированию систем управления охраной труда в организациях;
- определения в установленном порядке критериев для назначения организаций, ответственных за разработку, оптимизацию и применение специальных стандартов по системам управления охраной труда в организациях;
- обеспечения доступности руководящих указаний работодателям, работникам и их представителям для использования ими преимуществ национальной политики.

Компетентная организация должна обеспечивать специальными руководящими указаниями органы государственного надзора, инспекции труда, службы охраны труда и другие общественные или частные службы, агентства или учреждения (организации), связанные с охраной труда, включая организации здравоохранения, для содействия и помощи организациям по применению систем управления охраной труда.

Далее рассматриваются элементы национальных структур управления охраной труда (см. рисунок).

В разделе "Система управления охраной труда в организации" прежде всего отмечается, что, так как обеспечение охраны труда в организации, включая обеспечение благоприятных условий труда согласно установленным национальными законами

и иными нормативными правовыми актами требованиями охраны труда, входит в прямые обязанности работодателей, они должны продемонстрировать свою заинтересованность в деятельности по обеспечению охраны труда в организации и организовать создание системы управления охраной труда. Основные элементы такой системы — политика, организация, планирование и применение, оценка и действия по совершенствованию — аналогично представленным в ГОСТ 12.0.006—01.

В ГОСТ 12.0.230—2007 формулируются требования к политике в области охраны труда. Эта политика, изложенная в письменном виде, должна:

- соответствовать специфике организации, ее размеру, характеру деятельности и масштабам рисков, а также быть увязанной с хозяйственными целями организации;
- быть краткой, четко изложенной, иметь дату создания и вводиться в действие подписью работодателя либо по его доверенности подписью уполномоченного лица в организации;
- предоставляться всем работникам организации и находиться в легко доступных местах для ознакомления;
- подлежать анализу для обеспечения постоянного соответствия изменяющимся условиям;
- быть доступной в установленном порядке для внешних заинтересованных организаций.

Анализ перечисленных требований аналогичен соответствующим требованиям ранее введенного ГОСТ 12.0.006—01 "Системы управления охраной труда" в организации. То же можно сказать про принципы и цели политики организации в области охраны труда, выполнение которых организация принимает на себя:

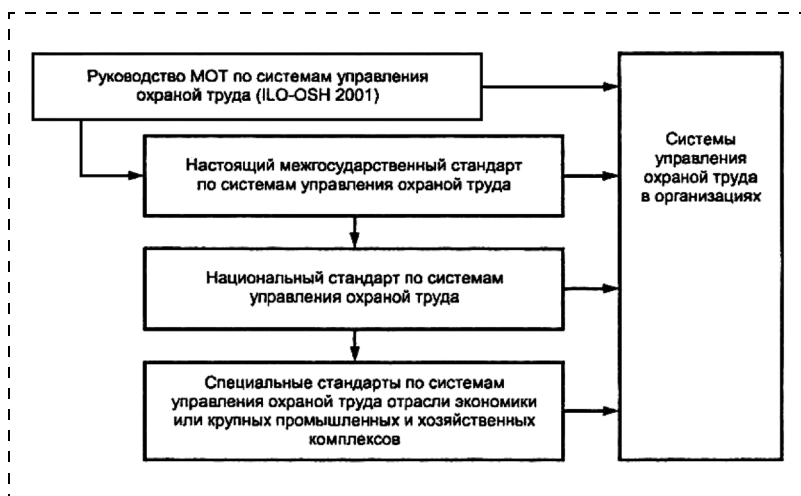
1) обеспечение безопасности и охраны здоровья всех работников организации путем предупреждения несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве;

2) соблюдение соответствующих национальных законов и иных нормативных правовых актов, программ по охране труда, коллективных соглашений по охране труда и других требований, которые организация обязалась выполнять;

3) обязательства по проведению консультаций с работниками и их представителями и привлечению их к активному участию во всех элементах системы управления охраной труда;

4) непрерывное совершенствование функционирования системы управления охраной труда.

Специальный подраздел ГОСТ 12.0.230—2007 посвящен обязанностям и ответственности работодателя в части



Элементы национальных структур системы управления охраной труда

обеспечения безопасности и охраны здоровья работников и обеспечения руководства деятельностью по охране труда в организации.

Согласно требованию стандарта, работодатель должен распределять обязанности, ответственность и полномочия должностных лиц и работников по разработке, применению и результативному функционированию системы управления охраной труда и достижению соответствующих целей по охране труда в организации.

Перечисляются требования, выполнение которых необходимо для создания эффективной системы управления охраной труда (сходные с изложенными в ГОСТ 12.0.006—02).

Особо отмечается необходимость назначения лица (или лиц) на уровне руководителей высшего звена организации, наделенного обязанностями, ответственностью и полномочиями по:

- развитию, применению, периодическому анализу и оценке системы управления охраной труда;
- периодической отчетности высшему руководству о результативности функционирования системы управления охраной труда;
- содействию в участии всех работников организации в работах по обеспечению безопасности труда.

Рассматриваются требования к компетентности и подготовке как работодателя, так и работников организации в области охраны труда.

Комментируются основные требования к программам такой подготовки.

Рассматриваемый стандарт устанавливает виды документации системы управления охраной труда и требования к ней.

Подробно рассматривается процедура передачи и обмена информацией в этой системе.

В подразделе стандарта "Планирование и применение" обращается внимание на роль предварительного анализа существующих СУОТ. Согласно стандарту исходный анализ проводят компетентные лица с учетом обсуждения с работниками организации и (или) их представителями, которые должны:

- определить действующие национальные законы и правила, национальные и специальные стандарты, программы по охране труда и другие требования, соблюдение которых организация принимает на себя;
- определить, предусмотреть и оценить опасности и риски для безопасности и здоровья, связанные с имеющей место или прогнозируемой производственной средой и порядком организации труда;
- определить достаточность планируемых или действующих мер защиты для устранения, предупреждения и снижения опасностей и рисков;

- провести анализ результатов наблюдений за состоянием здоровья работников.

Особо отмечается, что цель планирования в системе управления охраной труда в организации заключается в разработке на предстоящий период комплекса мероприятий, направленных на обеспечение охраны труда, которые будут применяться на тех или иных уровнях системы управления, включающих:

- как минимум соответствие условий труда требованиям национальных законов и иных нормативных правовых актов;
- основные элементы системы управления охраной труда в организации;
- непрерывное совершенствование деятельности по охране труда.

Цели в рамках планирования должны соответствовать выработанной политике организации, ее возможностям. Плановые показатели должны быть конкретны и выражены в числовом выражении, что обеспечивает возможность их метрологической оценки.

В подразделе "Предотвращение опасностей" в качестве первоочередного мероприятия указывается постоянное определение и оценка опасностей и рисков для обеспечения безопасности и здоровья работников. Предупредительные и контролирующие меры должны быть осуществлены в следующем порядке приоритетности:

- устранение опасности/рисков;
- ограничение опасности/риска в его источнике путем использования технических средств коллективной защиты или организационных мер;
- минимизирование опасности/риска путем проектирования безопасных производственных систем, включающих меры административного ограничения суммарного времени контакта с вредными и опасными производственными факторами;
- бесплатное предоставление работодателями соответствующих средств индивидуальной защиты, включая спецодежду, в случае невозможности ограничения опасностей/рисков средствами коллективной защиты и принятия мер по обеспечению их использования и обязательного технического обслуживания.

Обращает на себя внимание указание, что влияющие на охрану труда изменения (такие, как прием на работу новых работников, применение новых технологических и трудовых процессов или организационных структур) и внешние изменения (например, в результате совершенствования национальных законов и иных нормативных правовых актов, слияния компаний, развития знаний по охране труда и технологии) должны быть оценены, а соответствующие предупредительные меры выполнены еще до введения изменений в практику.



Отдельные подразделы стандарта посвящены предупреждению аварийных ситуаций, обеспечению готовности к действиям в условиях этих ситуаций и ликвидации их последствий, роли снабжения и работе с подрядчиками для обеспечения непрерывного эффективного функционирования СУОТ.

В подразделе "Оценка" указывается на необходимость проведения процедуры наблюдения, измерения результатов деятельности по охране труда с последующим их анализом.

Измерения как качественные, так и количественные должны:

базироваться на выявленных в организации опасных и вредных производственных факторах и рисках, принятых обязательствах, связанных с политикой и целями по охране труда;

поддерживать процесс оценки деятельности организации, включая анализ эффективности управления руководством.

Результаты наблюдения и измерения и анализ деятельности следует использовать как средства для определения степени, с которой политика и цели по охране труда выполняются, а риски оптимизируются. Не следует опираться только на статистику несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве и инцидентов.

Обращается внимание на роль при оценке эффективности СУОТ расследования несчастных случаев на производстве.

В подразделе "Проверка" устанавливается необходимость периодического проведения проверок с целью определения эффективности и результативности системы управления охраной труда и ее элементов по обеспечению безопасности и охраны здоровья работников и предотвращению инцидентов. При этом следует разрабатывать политику и программу проверок, включающих определение компетенции проверяющего, масштаб, частоту и методологию проведения проверки, а также формы отчетности.

Подробно комментируются основные направления, по которым проводятся такого рода проверки.

В подразделе "Анализ эффективности системы управления охраной труда руководством" комментируются все аспекты такого анализа. Отмечается, что частоту и масштаб периодических анализов эффективности системы управления охраной труда

работодателем или лицом, обладающим наибольшей ответственностью, следует определять в соответствии с необходимостью и условиями деятельности организации.

Обращается внимание, что анализ эффективности системы управления охраной труда руководством должен учитывать:

- результаты расследования несчастных случаев, профессиональных заболеваний и инцидентов на производстве, наблюдения и измерения результатов деятельности и проверок;
- дополнительные внутренние и внешние факторы, а также изменения, включая организационные, которые могут влиять на систему управления охраной труда.

В заключительном разделе "Действия по совершенствованию" подчеркивается, что следует устанавливать и своевременно корректировать мероприятия по проведению предупреждающих и корректирующих действий, являющихся следствием наблюдения и оценки результативности системы управления охраной труда, проверок системы управления охраной труда и анализа эффективности системы управления охраной труда руководством. Эти мероприятия должны включать:

- определение и анализ первопричин любого несоблюдения правил по охране труда и (или) мероприятий систем управления охраной труда;
- инициирование, планирование, реализацию, проверку эффективности и документального оформления корректирующих и предупреждающих действий, включая внесение изменений в саму систему управления охраной труда.

Кроме того, следует устанавливать и своевременно выполнять мероприятия по непрерывному совершенствованию соответствующих элементов системы управления охраной труда и системы управления охраной труда в целом.

Представляется, это материалы, касающиеся создания систем управления охраной труда на предприятии, в ранее введенном ГОСТ 12.0.006—02 изложены более подробно и доходчиво.

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

Указатель статей, опубликованных в журнале "Безопасность жизнедеятельности" в 2008 году

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Белов С. В., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** Безопасность (семантика). № 2.
- Брежнева И. Н., Клейменова И. Е., Сибгатуллин Р. Н.** Систематизация существующей нормативно-технической документации по оценке воздействия на окружающую среду шума, вибрации и ЭМП. № 11.
- Радаев Н. Н.** Некоторые закономерности повышения безопасности жизнедеятельности в процессе социально-экономического развития. № 8.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

- Пышкина Э. П.** О новом порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. № 6.
- Ушаков И. Б., Зуев В. Г., Гавриш Н. Н., Окунев А. М., Быков С. Е.** Разработка научно-методического подхода к гигиеническому нормированию воздействия электромагнитных импульсов ультракороткой длительности. № 6.

ОХРАНА ТРУДА

- Асминин В. Ф., Мурзинов П. В.** Улучшение шумовых характеристик питающего сопла пневмоконвейера. № 7.
- Беспалов В. И., Самарская Н. С.** Обеспечение нормативных параметров воздушной среды рабочей зоны вихревым устройством. № 8.
- Варфоломеев А. Ю., Щепеткина Е. Н.** Организация безопасной жизнедеятельности во Всероссийском студенческом строительном отряде на Соловецких островах. № 8.
- Горшков Ю. Г., Дмитриев М. С., Житенко И. С.** Воздушная завеса — комбинированное устройство для улучшения микроклимата в кабинах мобильных технологических и транспортных машин. № 12.
- Каравайков В. М., Смирнов И. С., Борзов В. П., Подкопаева Н. Р.** Энергосбережение и производственный микроклимат. № 7.
- Михайлов В. А., Сотникова Е. В., Карев С. В.** Нормализация теплового состояния оператора транспортного средства локальным охлаждением. № 9.
- Орешин А. Н., Лукашов П. Д., Орешина Т. А.** Эргономический аспект повышения эффективности трудовой деятельности человека. № 11.
- Чумак А. А., Зайко Г. М., Гриценко Н. С.** Особенности заболеваемости работников нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности и служащих АЗС. № 7.
- Шевченко Л. А.** Пути снижения газовой опасности шахт при высоких нагрузках на очистной забой (нормативно-правовой аспект). № 7.

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Кальницкий С. А., Якубовский-Липский Ю. О., Тихонов М. Н.** Риск медицинского облучения населения. № 4.
- Ким И. Н., Штанько Т. И.** О содержании ртути в рыбе и возможности ее снижения в готовой продукции. № 7.
- Кобзарь И. Г., Козлова В. В.** Оценка внутреннего и внешнего облучения населения Ульяновской области. № 2.
- Мамонов Ю. П., Мамонова Е. Ю., Калинина М. Ю.** Описторхоз — природная опасность на территории нефтегазодобывающего центра России. № 10.
- Фесина М. И., Краснов А. В.** Об используемых типах автомобильных звукоизоляционных материалов и некоторых приемах их модификационного структурирования. № 9.

ПРОМЫШЛЕННАЯ (ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ) БЕЗОПАСНОСТЬ

- Боленко Ю. В.** Апробация модели психологической готовности к профессиональной деятельности сотрудников пожарной охраны. № 6.
- Василевский М. В., Зыков Е. Г., Разва А. С., Логинов В. С.** Обеспыливание воздуха циклонами в аспирационных сетях. № 2.
- Виноградов И. С.** Экспериментальные исследования спектров шума пыльных деревообрабатывающих станков. № 9.
- Волохина А. Т., Иванова М. В., Прусенко Б. Е., Жданько И. М.** Разработка автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств операторов опасных производственных объектов и подбор методик для их улучшения. № 7.
- Гумеров А. Г., Азметов Х. А., Григорьева Н. В., Павлова З. Х.** Обеспечение безопасной эксплуатации магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов путем оптимального размещения линейной запорной арматуры. № 3.
- Зайнуллин Р. С., Галлямов А. М., Мухаметшин Р. Р.** Определение характеристик безопасности труб с царапинами. № 4.
- Кузьминов А. Л., Уткин В. С., Кожевников А. В.** Применение теорий возможностей и надежности для оценки безопасности при эксплуатации сложных технических систем. № 12.
- Магарил Я. Ф., Назаров А. А., Панченко В. И., Шпалер Я. С., Зинкичев Е. А., Поникаров С. И.** Факельные установки. Ветрозащитные устройства. № 4.
- Маркуш М. Н., Сидоров А. И., Тряпцын А. Б., Беллешева М. В.** Исследование возможности управления риском на основе нечеткой логики. № 11.



Моисеев Ю. Б. Медико-биологические подходы к регламентированию действия ударных перегрузок на организм человека. № 8.

Набоков Э. П. Экспертиза промышленной безопасности Ех-оборудования. № 11.

Овчаренко А. Г. Метод оценки пожарной опасности разрядов статического электричества при гравитационном течении порошкообразных материалов. № 9.

Резчиков Е. А. Проблемы безопасности в системе "человек — машина — среда". № 4.

Халимов А. Г., Зайнуллин Р. С., Халимов А. А. Особенности оценки ресурса безопасной эксплуатации оборудования для переработки нефти. № 2.

Шашин А. В. Методический подход к установлению энергетически рационального и безопасного режима удаления выбросов взрывоопасных вредных веществ. № 9.

Шевченко Л. А., Карев А. В. Человеческий фактор как основной источник опасности при подземной добыче угля. № 6.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Доронин С. В. Обоснование требований к живучести технологического оборудования. № 9.

Рубцов Д. Н. Огневые испытания фланцевых соединений технологических трубопроводов. № 8.

Сандаков В. А. К обеспечению безопасности длительно эксплуатируемых трубопроводных систем газоснабжения. № 10.

БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Бойко Г. В., Федотов В. Н., Богданова Е. В. Исследование антропогенного воздействия пассажирских транспортных средств малой вместимости. № 8.

Гудков В. А., Федотов В. Н., Жирков Р. А., Богданова Е. В. Подготовка водителей пассажирского автотранспорта и безопасность дорожного движения. № 2.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бадалян Л. Х., Гапонов В. Л., Курдюков В. Н. Инструменты экологической политики и оценка природоохранной деятельности. № 6.

Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н. Модель процесса фильтрации отработавших газов автомобилей. № 8.

Баженов В. И., Летаров С. В. Биологическая очистка жиросодержащих стоков. № 12.

Беляева В. И., Классен В. К. Энергосбережение и снижение выбросов загрязняющих веществ при обжиге цементного клинкера. № 6.

Бернгардт Р. П., Храмушин В. Н. Система государственного мониторинга и общественная экологическая экспертиза проектов освоения нефтегазовых месторождений в Сахалинской области. № 6.

Боченин В. И. Радиоизотопный экспресс-анализатор оценки допустимого содержания серы в дизельном топливе, обеспечивающего минимальную загрязненность окружающей среды. № 4.

Бузановский В. А., Булаев А. А. Хемилюминесцентные газоаналитические устройства для экологического и санитарно-гигиенического контроля и мониторинга. № 10.

Буренин В. В. Новые конструкции воздушных фильтров-пылегазоуловителей. № 2.

Валетдинов А. Р., Валетдинов Р. К., Валетдинов Ф. Р., Горшкова А. Т., Фридланд С. В., Шлычков А. П. Нормирование интенсивности загрязнения снежного покрова химическими элементами (на примере Республики Татарстан и ее крупных промышленных центров). № 10.

Гасанова Ф. Г., Магомедова Д. Б., Алиев З. М. Очистка сточных вод от фенола электролизом при избыточном давлении кислорода. № 9.

Грачев А. Н., Исхаков Т. Д., Башкиров В. Н. Пиролиз деревянных шпал как метод утилизации. № 12.

Елькин А. Б., Конюхова Н. С. Определение границ санитарно-защитной зоны по шумовому фактору. № 2.

Зуева С. Б., Щербаков В. И., Кветкин А. И. Применение метода оценки качества экозащитных технологий для выбора рациональной технологической схемы очистки сточной воды. № 6.

Зуйкова А. А., Семин И. В. Описание математических моделей распространения выбросов вредных веществ при разрыве трубопроводов. № 11.

Ионова М. Ю. Исследование процесса сорбции нефтепродуктов из водных растворов в динамическом режиме. № 7.

Кадысева А. А. Энергетические характеристики анаэробных систем обработки органосодержащих сточных вод и осадков очистных сооружений. № 9.

Ким К. К., Спичкин Г. Л., Терентьев С. В. Озоновые прачечные. № 9.

Красногорская Н. Н., Елизарьев А. Н., Фашевская Т. Б. Экологическое квотирование водопотребления крупным промышленным центром и стимулирование реформинга водоемких технологий в России. № 12.

Ксенофонтов Б. С. О воздействии слабых электромагнитных полей на водные системы и разработка магнито- и электросмесителей. № 12.

Ксенофонтов Б. С., Иванов А. С., Козодаев А. С., Таранов Р. А., Асатурян В. Очистка грунтов от нефтепродуктов флотацией. № 8.

Ксенофонтов Б. С., Козодаев А. С., Таранов Р. А., Капитонова С. Н., Морозов С. Д. Использование струйной аэрации в процессах флотационной очистки сточных вод. № 10.

Кузнецов Ю. Н., Смирнов А. Н., Барышенко А. В., Степанчикова И. Г., Котлярова Н. Б., Калининченко В. Н. Новый способ очистки сточных вод. № 11.

Кустова Н. Р. Оценка степени деградации растительности в пределах техносферы г. Воронежа. № 2.

- Макарова О. А., Калинин Н. А.** Экологическое состояние системы вода—почва—растение в условиях городской среды. № 10.
- Маниева В. И., Батоева А. А., Сизых М. Р.** Кондиционирование сточных вод молочных предприятий. № 9.
- Нагимуллина Г. Р., Шайхиев И. Г., Шмыков А. И., Фридланд С. В.** Очистка сточных вод, содержащих ионы Co^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , отходами валяльно-войлочного производства. № 12.
- Никифоров Л. Л., Ермолаев М. И.** К вопросу обработки осадка сточных вод мясоперерабатывающих предприятий. № 9.
- Павлинова И. И., Шегеда А. Н.** Биологические методы очистки сточных вод от азотных загрязнений. № 3.
- Панин В. Ф., Шрамов Д. М., Филатов А. Ю.** Об интегрированной системе компьютерного мониторинга качества приземного воздуха для урбанизированных территорий. № 11.
- Рыбалкина Н. В., Киреева В. В.** Изучение безвредности корма для животных, полученного нетрадиционным способом. № 7.
- Савельев С. Н., Зиятдинов Р. Н., Фридланд С. В.** Интенсификация процесса окисления углеводородов кислородом воздуха и озono-воздушной смесью при очистке сточных вод. № 11.
- Самарина В. П.** Роль экологических проблем в обеспечении безопасности жизнедеятельности. № 4.
- Смирнов А. Н., Степанчикова И. Г., Барышенко А. В.** Актуальные вопросы переработки отработанных шин. № 10.
- Тайсумов Х. А., Назаров В. П., Орехов В. А.** Экологические аспекты применения стабилизаторов термостойкой пены системы "АЛИТ" с пенообразователями для тушения пожаров. № 7.
- Трунова И. Г., Элькинд К. М., Тишков К. Н.** Использование энерго- и ресурсосберегающей технологии при экстракции гуминовых веществ и тяжелых металлов из твердофазных смесей. № 7.
- Тюменев Т. Р., Поникаров С. И., Гасилов В. С.** Поведение облаков нагретых тяжелых газов. № 4.
- Чикина Н. С., Мухамедшин А. В., Зенитова Л. А.** Использование сорбента на основе пенополиуретана и шелухи гречихи при ликвидации разливов углеводородов. № 9.
- Шаврак Е. И., Богоровская С. А.** Растительность как фактор нейтрализации техногенного загрязнения атмосферы. № 8.
- Шайдуров А. О.** Экологические риски нефтепродуктовых компаний. № 12.

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Абшаев М. Т., Абшаев А. М., Малкарова А. М., Мизиева Ж. Ю.** О водозапасах кучево-дождевых облаков. № 2.
- Алексеев В. А., Поникаров С. И., Исаков Б. И., Алексеев С. В.** Оценка вероятного ущерба и затрат

на локализацию и ликвидацию разлива нефтепродуктов. № 12.

- Воробьев В. В., Горячев С. А., Швырков С. А.** Теоретическое определение степени перелива жидкости через вертикальную стену при квазимгновенном разрушении РВС. № 6.
- Грошев Д. В., Шарапов С. В., Телегин М. А., Кононов С. И.** Система методов оценки пожароопасного состояния почвенного покрова при воздействии на него нефтепродуктов. № 8.
- Дурнев Р. А.** О создании Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения. № 6.
- Еналеев Р. Ш., Теляков Э. Ш., Хайруллин И. Р., Качалкин В. А.** Критерии опасности теплового поражения человека. № 8.
- Земляная Н. В., Ляхов В. Н., Надежкина А. А.** Определение допустимых антропогенных нагрузок на морские акватории. № 7.
- Иконникова М. В.** Психологическая сторона проблемы безопасности человека во время пожара в жилом секторе. № 10.
- Кузнецова Л. В., Щукина Т. В.** Обеспечение пожарной безопасности пассивными способами огнезащиты. № 11.
- Лыткин А. С., Бегак О. Ю., Ивахнюк Г. К.** Повышение эксплуатационных характеристик дизельного топлива для пожарной и аварийно-спасательной техники МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации. № 7.
- Тимофеева С. С., Седов Д. В., Манухин В. Л.** Прогнозная оценка экологических последствий аварий на железнодорожном транспорте (на примере Южно-Байкальского региона). № 6.
- Шлычков В. А.** Плановая модель русловых водотоков как инструмент обеспечения безопасности городского водоснабжения в период шугохода. № 2.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Андреева Т. А., Чурилова Т. А.** Экологические проблемы нефтегазодобывающих районов Томской области и основные пути их решения. № 4.
- Бармин А. Н., Иолин М. М., Кондрашин Р. В., Шувалов Н. С.** Экологическое состояние и особенности воздействия техногенных нагрузок в Астраханской области. № 8.
- Лукашевич О. Д., Пилипенко В. Г.** Безопасность питьевого водоснабжения и технологии, обеспечивающие защиту питьевой воды от загрязнения в Томской области. № 4.

ОБРАЗОВАНИЕ

- Блинов Л. Н.** Экологическое образование в технических вузах для устойчивого развития России и ее безопасности. № 7.



Зарцына С. С., Саликова М. И., Плотникова Р. Н. Интернет-экзамен — новая форма мониторинга знаний. № 8.

Осипов А. М., Щадрова С. Н. Тесты по дисциплине "Производственная санитария и гигиена труда". № 12.

Осипова Н. А., Рихванов Л. П. Проблемы экологической безопасности и устойчивого развития в учебных дисциплинах при подготовке специалистов-геозкологов. № 3.

Павлихин Г. П., Базанчук Г. А., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. История кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Синев Петр Иванович (1872—1946). № 10.

Прусенко Б. Е., Иванова М. В. Переподготовка специалистов по промышленной безопасности и охране труда в нефтегазовой отрасли. № 10.

Титова Т. С., Пигарева Г. В. Тренинг-программа для формирования навыков эффективной и безопасной работы. № 2.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

О межгосударственном стандарте "Шум машин. Метод сравнения данных по шуму машин и оборудования". № 11.

О новом государственном стандарте "Безопасность металлообрабатывающих станков. Станки токарные с числовым программным управлением и центры обрабатывающие токарные". № 10.

О новом государственном стандарте "Шум. Определение характеристик глушителей при испытаниях на месте установки". № 9.

О новом государственном стандарте "Шум. Руководство по снижению шума глушителями". № 8.

О новом межгосударственном стандарте "Безопасность металлообрабатывающих станков. Станки для лазерной обработки". № 6.

О новом межгосударственном стандарте "ССБТ. Системы управления охраной труда". № 12.

О новом межгосударственном стандарте "Шум. Измерение шума строительного оборудования, работающего под открытым небом. Метод установления соответствия нормам шума". № 4.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Щукина Т. В. Аккумуляция энергии в экологически безопасных системах солнечного теплоснабжения сооружений. № 4.

ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ

Свинцов А. П., Квартенко В. С. Водопотребление и водоснабжение в жилищном фонде. № 10.

ИНФОРМАЦИЯ

Готлиб Я. Г., Смирнов С. Г. Всероссийская студенческая олимпиада по техносферной безопасности 2007 года. № 2.

XI Международная специализированная выставка "Безопасность и охрана труда — 2007". № 3.

Международная конференция ПРОТЭК'08. № 7.

Хантургаева Г. И., Ширеторова В. Г., Антропова И. Г. Приоритеты развития и экологическая безопасность Байкальского региона (по материалам Международной научно-практической конференции). № 11.

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ОРГАНИЗАЦИЮ

ТОМСК. № 1.

Управление безопасностью жизнедеятельности

Адам А. М. Методы обеспечения экологической безопасности в целях устойчивого развития Западной Сибири.

Лаптев Н. И., Волостнов Д. В. Индикаторы устойчивого развития Томской области.

Пушкаренко А. Б., Золотарев А. П. Поддержка научной и инновационной деятельности в сфере охраны окружающей природной среды в Томской области.

Цибульникова М. Р. Оценка природных ресурсов — необходимое условие устойчивого развития территории.

Экологическая безопасность

Черногризов П. Н., Колесниченко Л. Г. Экологические проблемы урбанизированных территорий на примере г. Томска и пути их решения.

Рогов Г. М., Лукашевич О. Д., Попов В. К. Водно-экологические проблемы г. Томска в контексте экологической безопасности.

Рихванов Л. П., Язиков Е. Г., Барановская Н. В., Беляева А. М., Жорняк Л. В., Таловская А. В., Денисова О. А., Сухих Ю. И. Состояние компонентов природной среды Томской области по данным эколого-геохимического мониторинга и здоровье населения.

Семенов С. Ю., Шелепова Л. И. Водно-болотная очистка сточных вод.

Панин В. Ф., Попов В. А., Дашковский А. Г., Осипова Н. А., Шрамов Д. М., Филатов А. Ю. Разработка и реализация стратегии улучшения качества приземного воздуха в г. Томске, отвечающей мировым тенденциям защиты воздушной среды урбанизированных территорий.

Дрейлинг Ю. А. Сравнительный анализ качества воды реки Оби.



Промышленная безопасность

- Василевский М. В., Зыков Е. Г., Разва А. С.** Обеспечение воздуха циклонными аппаратами в пневмотранспортных установках.
- Гусельников М. Э., Кротова Ю. В.** Разработка полупроводникового газоанализатора.
- Федорчук Ю. М., Цыганкова Т. С., Каратаев И. А.** Усовершенствование технологии обезвреживания, измельчения и классификации сульфаткальциевых отходов СХК.

Чрезвычайные ситуации

- Бурков В. А.** Ракетно-космическая деятельность на территории Томской области.
- Горина Н. В.** Лесные пожары.

Образование

- Кобзарь О. И.** Стратегия развития непрерывного экологического образования и просвещения в Томской области.

УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ. № 3.

- Горбоконенко А. Д.** Ульяновский государственный технический университет — крупнейшее высшее учебное заведение Поволжья.
- Савиных В. В., Гончар С. Т., Козлова В. В.** О кафедре "Безопасность жизнедеятельности и промышленная экология" УлГТУ.
- Ярушкина Н. Г.** Развитие инновационной и научной деятельности в Ульяновском государственном техническом университете.

Экологическая безопасность

- Федоров Д. В.** Областная целевая программа — важнейшее звено экологической безопасности территории Ульяновской области.
- Савиных В. В., Сподобаев Ю. М., Борисова Е. В.** Теория и практика решения проблем электромагнитной экологии и безопасности.
- Климов Е. С., Варламова С. И., Варламова И. С., Романова О. А.** Малоотходные технологические процессы утилизации нефтепродуктов.
- Бояркина М. А.** Разработка и производственные испытания барботажных аэраторов.
- Бузаева М. В.** Механизм процесса модифицирования диатомита, используемого в очистке сточных вод.
- Горбачев В. Н., Аванесян Н. М.** Содержание тяжелых металлов в почвах г. Ульяновска.
- Осипов П. О.** Экспериментальные исследования по очистке промышленно-ливневых сточных вод ОАО "АВТОВАЗ".

Образование

- Куклев В. А.** Разработка цифровых образовательных ресурсов по безопасности жизнедеятельности: от

компьютеризированных учебников через сетевые технологии к мобильному образованию.

- Гончар С. Т., Бузаева М. В., Борисова Е. В., Козлова В. В.** О содержании раздела "Безопасность и экологичность объекта дипломного проекта" для студентов энергетических специальностей.

МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ (МАНЭБ). № 5.

- Русак О. Н., Аполлонский С. М., Малаян К. Р.** Общественная организация — Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности.

Безопасность труда

- Шлыков В. Н.** Риск как показатель производственного травматизма.
- Ласкавнев В. П.** О совершенствовании государственного управления охраной труда в Республике Беларусь.
- Воскресенский В. Е.** Создание рециркуляционного фильтра для очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли и обеспечение режимов его работы.
- Суханова И. И., Полушкин В. И., Ситников Э. А.** Пневматическая пылеуборка в промышленных производствах.

Экологическая безопасность

- Хоробрых Э. В., Патеева З. Г.** О методах эколого-экономической оценки нарушения экологического равновесия в результате аварий и катастроф.
- Борисов Е. К., Лысак Л. Г., Усов А. Г.** Обеспечение безопасности малоэтажных зданий при динамических воздействиях.
- Золотарев Г. М.** Технология сбора, транспортировки и переработки бытовых отходов.
- Дайнеко Ф. А.** Очистка сточных вод в условиях г. Москвы.
- Фогельман Е. М.** Сжигание мокрых углеродсодержащих отходов в кипящем слое с целью выработки тепловой и электрической энергии.

Чрезвычайные ситуации

- Беккер А. Т., Агошков А. И., Лушпей В. П., Гутник А. Н.** Вероятностный метод оценки воздействия ледовых нагрузок на сооружения нефтегазоотгрузочных комплексов на острове Сахалин.
- Емельянов А. П.** Проблемы пожарной безопасности в деятельности Латвийского отделения МАНЭБ.
- Мастрюков Б. С.** Оценка уязвимости образовательных учреждений России в техногенных и природных чрезвычайных ситуациях.
- Сахаров В. А., Мелкий В. А., Никонова Е. В.** Оценка степени опасности возникновения неблагоприятной санитарно-эпидемиологической ситуации в водных горизонтах территории.



Указатель приложений к журналу "Безопасность жизнедеятельности", опубликованных в 2008 году

Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть II. Термины и определения ССОП. Выпуск 2. Л-П. № 2.

Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть II. Термины и определения ССОП. Выпуск 3. Р-Э. Перечень стандартов ССОП. № 3.

Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть III. Термины и определения БЧС. Выпуск 1. А-Л. № 4.

Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть III. Термины и определения БЧС. Выпуск 2. М-П. № 5.

Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть III. Термины и определения БЧС. Выпуск 3. Р-Я. Перечень стандартов БЧС. № 6.

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 1. А-Д. № 9.

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 2. Е-На. № 10.

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 3. Не-Пра. № 11.

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 4. Пре-Ста. № 12.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплинам "Безопасность жизнедеятельности" и "Производственная санитария и гигиена труда". № 8.

Овчаренко А. Г., Раско С. Л. Электростатическая безопасность пожаро- и взрывоопасных производств. № 7.

Радиационная обстановка и обеспечение радиационной безопасности на территории Томской области. № 1.

ИНФОРМАЦИЯ

Выставка "СПЕЦОДЕЖДА. УНИФОРМА"
в рамках IV Сибирского промышленного форума

24—26 февраля 2009 года

г. Красноярск, МВДЦ "Сибирь"

Контакты: +7 (3912) 288-612 (613), 288-401 (403)

E-mail: kashirina@krasfair.ru www.krasfair.ru

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

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

Художник *В. Н. Погорелов*. Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

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

Сдано в набор 09.10.08. Подписано в печать 24.11.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,11. Заказ 1219.

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.