



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

4(88)
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)

И. о. главного редактора
ПРУСЕНКО Б. Е.

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.
НАЗАРОВ В. П.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ПОПОВ В. М.
РУСАК О. Н.
СИДОРОВ А. И.
ФРИДЛАНД С. В.
ЦХАДАЯ Н. Д.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Резчиков Е. А.** Проблемы безопасности в системе "человек—машина—среда" 2
Магарил Я. Ф., Назаров А. А., Папченко В. И., Шпанер Я. С., Зинкичев Е. А., Поникаров С. И.
 Факельные установки. Ветрозащитные устройства 13
Зайнуллин Р. С., Галлямов А. М., Мухаметшин Р. Р. Определение характеристик
 безопасности труб с цапапинами 18

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Самарина В. П.** Роль экологических проблем в обеспечении безопасности
 жизнедеятельности 20
Боченин В. И. Радиоизотопный экспресс-анализатор оценки допустимого содержания серы
 в дизельном топливе, обеспечивающего минимальную загрязненность окружающей среды . 24
Тюменев Т. Р., Поникаров С. И., Гасилов В. С. Поведение облаков нагретых тяжелых газов 27

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- Шукина Т. В.** Аккумуляирование энергии в экологически безопасных системах солнечного
 теплоснабжения сооружений 29

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Кальницкий С. А., Якубовский-Липский Ю. О., Тихонов М. Н.** Риск медицинского
 облучения населения 33

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Андреева Т. А., Чурилова Т. А.** Экологические проблемы нефтегазодобывающих районов
 Томской области и основные пути их решения 41
Лукашевич О. Д., Пилипенко В. Г. Безопасность питьевого водоснабжения и технологии,
 обеспечивающие защиту питьевой воды от загрязнения в Томской области. 46

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

- О новом** межгосударственном стандарте "Шум. Измерение шума строительного
 оборудования, работающего под открытым небом. Метод установления соответствия
 нормам шума". 53

Приложение. Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология:
 Словарь-путеводитель. Часть III. Термины и определения БЧС. Выпуск 1. А—Л.

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 614.8.084

Е. А. Резчиков, канд. техн. наук, проф.,
Московский государственный индустриальный университет

Проблемы безопасности в системе "человек—машина—среда"

Рассмотрено обеспечение безопасности при эксплуатации производственной (технической) системы. Представлена модель концепции безопасности и взаимосвязи, обеспечивающие эффективность функционирования системы "человек—машина". С помощью анализа этих взаимосвязей установлены факторы, обеспечивающие предупреждение аварий технической системы. Рассмотрение потоков информации в системе "человек—машина—среда" позволило установить информационное поле безопасности оператора технической системы.

Современное производство в системе "человек—машина—среда"

Производственный процесс промышленной системы может быть описан следующими факторами:

- характеристика климата местности, других внешних условий расположения предприятия;
- назначение данной технической системы;
- основные особенности технической системы, достигнутые при конструировании;
- особенности строительных конструкций здания, цеха и помещений в нем;
- основные проектные параметры технической системы, в том числе давление жидкостей и газов; температура; объемы веществ, включая масла, охлаждающие жидкости, растворы; скорости перемещения и вращения и т. д.;

- источники опасных и вредных производственных факторов (особо выделяются источники радиации, выделение опасных химических веществ, ультразвука, электромагнитных полей, лазерного излучения, высоких значений шума и т. д.);
- полное описание технологического процесса;
- полное описание вспомогательных процессов;
- полное описание транспортных потоков и механизмов;
- полное описание электрических сетей, электроустановок и средств защиты от поражения электротоком;
- полное описание газового хозяйства;
- полное описание сосудов, работающих над давлением, включая сети сжатого воздуха;
- полное описание иных систем энергопитания;
- схемы размещения контрольно-измерительных приборов и средств автоматической сигнализации;
- описание противопожарной безопасности;
- описание систем вентиляции, отопления, кондиционирования;
- описание примененных систем защиты от опасных производственных факторов;
- описание средств нормализации зрительных условий труда;
- описание средств предотвращения аварии;
- перечень регламентов, стандартов, норм и правил, примененных при конструировании, проектировании, монтаже.

В настоящее время созданы машины, полностью решающие определенные производственные задачи при минимальном вмешательстве человека.

Кроме того, машинам зачастую передаются такие функции человека, как прием, хранение и переработка информации, с которыми они справляются лучше человека. Данные обстоятельства привели к возникновению новых опасностей, возникающих в процессе взаимодействия людей с современными техническими системами. С целью изучения этих опасностей был введен новый вид обобщенной системы, так называемой системы "человек—машина—среда".

Обеспечение безопасности человека в системе "человек—машина—среда" представляет собой решение сложной многокритериальной задачи. На рис. 1 в общем виде представлена система "человек—машина—



Рис. 1. Структурная схема системы "человек—машина—среда"

среда". В данном случае в центр поставлена машина, хотя весь смысл рассмотрения этой системы — ЧЕЛОВЕК и определяющий его человеческий фактор. Однако для дальнейших рассуждений принятый подход удобен, тем более, что если бы не было машины, то все проблемы взаимоотношений "человек—среда" были бы принципиально иными.

Рассмотрение части этой системы — системы "человек—машина" (СЧМ) — имеет самостоятельное значение и может рассматриваться как отдельная система. Одновременно предполагается, что если задача о защите человека поставлена всесторонне, то в этом случае защита окружающей среды будет представлять собой необходимое условие безопасности человека.

Система "человек—машина" — объект, включающий в себя техническое оборудование и одного или несколько человек-операторов, которые в процессе взаимодействия с оборудованием и между собой решают определенную задачу, обычно связанную с потребностями общества. Под термином "машина" понимают всякое техническое устройство, с помощью которого осуществляется работа любого вида. Как бы не были сложны машины, они остаются лишь орудиями труда. Функции человека в СЧМ можно разделить на две большие группы: первая — прием и переработка информации; вторая — управление машиной.

Человек в СЧМ не сторонний наблюдатель, а оператор, т. е. активный участник процесса действия и динамики системы. Безопасность человека (и как оператора, и как субъекта системы) внесена в ту схему обязательной составляющей в виде обобщенных понятий "охрана и гигиена труда" и "охрана ОПС".

Процесс взаимодействия человека с машиной является непрерывным и происходит в реальном масштабе времени. Последнее обстоятельство требует практически мгновенного принятия решения, что делает работу человека-оператора очень сложной и напряженной.

По принципу включения человека в процесс управления все СЧМ могут быть разделены на два типа: *автоматизированные* и *неавтоматизированные* (с ручным управлением). *Ручное управление* системой осуществляется человеком на основе информации, получаемой им преимущественно при восприятии объекта управления непосредственно с помощью органов чувств. Решение принимается человеком на основе знаний и опыта деятельности в соответствующих ситуациях. Управление производится непосредственным воздействием на органы управления объектом.

В отличие от ручного в *системе автоматизированного управления* может быть предусмотрен специаль-

ный блок, в котором на основе информации, поступающей от датчиков, на базе заранее заложенной модели поведения объекта вырабатывается управляющее решение и на исполнительные органы передаются управляющие воздействия. В этих системах часть функций управления выполняется техническими средствами системы — аппаратно-программным комплексом, а остальная часть функций управления — человеком-оператором. Роль человека может варьироваться в зависимости от степени автоматизации.

В *наиболее простых системах автоматизированы* функции сбора информации об объекте и передачи ее человеку-оператору. Данные об объекте, его текущем состоянии предъявляются человеку в виде информационной модели на соответствующих средствах отображения информации. На основе знаний и профессионального опыта оператором вырабатывается управляющее воздействие, передаваемое им через пульт управления на исполнительные органы. Роль человека в этих системах заключается в оперативном управлении объектом, причем процесс выработки управленческого решения — прерогатива человека. Физически такая система близка к неавтоматизированной (ручной) системе управления. Отличие, и существенное, заключается в наличии между объектом и анализаторами человека специальной системы отображения информации, которая обеспечивает с той или иной степенью адекватности передачу человеку-оператору сведений о реальных процессах, протекающих в объекте управления. Необходимость в такой системе передачи и отображения информации возникает по многим причинам, к которым, в частности, относят удаленность объекта, невозможность восприятия человеком-оператором тех или иных характеристик объекта, нежелательность присутствия человека вблизи объекта и т. п.

Второй по степени автоматизации является система, в которой человек, оценивая состояние объекта по информационной модели, представленной на средствах отображения информации, вводит исходные данные, необходимые для автоматической выработки управляющих воздействий с использованием заранее заложенной в систему управления математической модели объекта. Роль человека в такой системе также сводится к оперативному вмешательству в процесс функционирования системы, но функции его существенно более регламентированы. Часто его функции сводятся к оценке расхождения реальной траектории изменения параметров (их числовых значений) объекта с желаемой траекторией, при которой достигается наибольшая эффективность управления. В отдельных случаях функции человека-оператора в подобных системах сводятся к функции регулирования. Этот



вид деятельности оператора заключается в поддержании контролируемых им параметров объекта в заданных пределах.

Следующую степень автоматизации представляют так называемые системы-«советчики». В этой системе на средствах отображения человеку предъявляется не только информационная модель ситуации, возникшей на объекте, но и выбранное блоком управления одно (из ряда альтернативных вариантов) решение, представляемое на средствах отображения информации в виде информационной модели решения. Человек, ведущий управление, сравнивая вариант, предлагаемый системой управления, с тем, который он определил на основе своих знаний и опыта, может либо согласиться с решением системы («утвердить» его и тем самым разрешить системе его реализацию), либо ввести в систему свое решение (система в этом случае обязана подчиниться человеку и вести дальнейшее управление по его данным). Роль человека в этом случае сводится не только к оперативному, но и тактическому управлению. Человек в таких ситуациях не только оценивает или утверждает решение, но и вырабатывает свое, новое, обычно отличное от машинного, решение. Это вызвано тем, что модели функционирования объекта, заложенные в аппаратно-программном комплексе системы управления воздушным движением не полностью адекватны поведению объекта. Многие факторы не включены в эти модели либо по причинам трудности учета, либо по причинам их редкого возникновения. Поэтому в системах подобного типа в большей степени следует говорить не об оперативном управлении, а о тактическом управлении.

И наконец, четвертый уровень автоматизации представляют системы, содержащие набор математических моделей. В этой системе человек на основе информационных моделей объекта и ситуации, сложившейся на объекте, вырабатывает (выбирает из ряда возможных) модель поведения объекта, модель разрешения критической ситуации и закладывает ее (передает, вводит) в аппаратно-программный комплекс блока управления. На основе заданных моделей блок управления вырабатывает альтернативные решения и отображает их в виде информационных моделей возможных будущих ситуаций. Оценивая альтернативные варианты и приняв для их построения модель человек либо «утверждает» одно из альтернативных решений, как основу для выработки управляющих воздействий, либо продолжает поиск оптимального решения посредством перебора или изменения моделей. Роль человека в такой системе заключается не только в оперативном или тактическом управлении, но главным образом в выработке стратегии поведения системы управления в целом, так как изменяя модель поведения объекта,

он тем самым изменяет степень адекватности модели объекту управления. Примером таких систем управления являются системы организационно-административного управления, т. е. системы, автоматизирующие процесс управления, который осуществляют руководители высокого уровня управления.

Современное производство и определяющее его оборудование характеризуется:

1) *высокой степенью автоматизации*, включающей автоматизацию основного технологического процесса, вспомогательных операций, транспортных операций, складского хозяйства; автоматизировано управление всеми процессами и операциями, что в целом составляет автоматизированную систему управления технологическим процессом; автоматизированным является проектирование деталей, узлов, агрегатов, технологического процесса и т. д., что реализовано в системах автоматизированного проектирования;

2) *гибкостью производства*, заключающейся в возможности переналадки, в многих случаях автоматизированной, с одной детали (изделия) на другую без замены и даже длительной остановки оборудования; многие технологические системы являют собой гибкое автоматизированное производство;

3) *быстродействием машин*, механизмов и систем в целом; увеличение быстродействия в ходе совершенствования современных машин легко заметить на изменении характеристик ЭВМ;

4) принципиальным изменением таких комплексных показателей как *точность* изготовления продукции, *надежность* технической системы, *безопасность*;

5) принципиальным изменением труда оператора автоматизированной производственной системы и профессиональными требованиями к оператору:

рабочий-станочник неавтоматизированного производства сочетал физический труд, определяемый напряжением различных групп мышц и костного аппарата и выполнением работы в большинстве случаев стоя с повышенным вниманием к работе инструмента и оснастки, сам выполнял контрольные функции; в то же время условия труда на рабочем месте могли быть невысокого уровня; в профессиональном отношении станочник высокого уровня характеризовался большим опытом работы, но при этом уровень его общего образования мог быть невысоким;

оператор автоматизированной системы производства ничего не выполняет вручную, но уровень его общего и специального технического образования должен быть высоким.

Если станочник старого типа мог работать в неблагоприятных условиях, то оператор автоматизированного производства находится в достаточно комфортных условиях.

Проблемы безопасности в системе "человек—машина"

Поскольку каждая система проектируется для выполнения определенных задач, область значений параметров системы "человек—машина", при которых обеспечивается выполнение поставленной перед системой цели, считается запланированным (штатным) состоянием системы. Выход параметров за рамки штатного состояния, как правило, чреват различного рода происшествиями в СЧМ.

Типичная причинная цепь происшествий (аварий) в СЧМ — ошибка человека или/и неисправность техники; переход системы в неуправляемое или плохо управляемое состояние; накопление энергии (рост давления, повышение электрического напряжения, подъем массивных предметов на высоту и т. д.) или вещества (концентрация токсичных или радиоактивных веществ); появление опасного фактора (потока энергии или вещества) в неожиданном месте и/или не вовремя; распространение и воздействие опасных факторов на элементы техники, людей и/или окружающую среду.

Ошибки человека заключаются в ошибках в ориентации (неполучении нужной информации), ошибках в принятии решений (принятии неправильного решения), ошибках в выполнении действий (выполнении неправильных действий или бездействии).

Ошибки человека определяют: усталость, употребление алкоголя, наркотиков и некоторых лекарственных средств, болезни, метеоусловия, недостатки профессиональной подготовки, стресс, плохая организация труда и дискомфортность производственной среды, низкое качество конструкции рабочих мест, несоответствие психофизиологических характеристик требованиям операторской деятельности, плохие взаимоотношения в коллективе, материальные и личные заботы.

При определении опасности возникновения происшествий (аварий) необходимо учитывать факторы, влияющие на возможность этой нежелательной ситуации.

Рассмотрим порядок возникновения и развития аварийных ситуаций.

1. Собственно аварии предшествуют:
— износ, невыполнение необходимых ремонтов механизмов или систем;
— механическое повреждение какого-либо узла, механизма, устройства;
— выход из строя средств контроля за состоянием оборудования;
— отключение или поломка средств защиты оборудования.

2. Начало аварии сопровождается в большинстве случаев выходом параметров процесса за предельные уровни.

3. Авария, как правило, начинается на одном механизме (аппарате), участке коммуникации и т. д.

4. Уровень и масштаб аварии определяется значением энергетического потенциала аварийного механизма (системы).

5. Авария может сопровождаться последовательной цепью новых нежелательных событий в прогнозируемом масштабе.

6. Воздействие вторичных поражающих факторов на людей и окружающую среду в большинстве случаев превышает прямое воздействие собственного эпизода аварии.

На схеме (рис. 2) показано вероятное развитие аварии, которая может начинаться с одной из многих причин, а заканчиваться экологической чрезвычайной ситуацией (ЧС).

На рис. 3 показан комплекс причин аварий технической системы и прямая связь этих причин с ка-

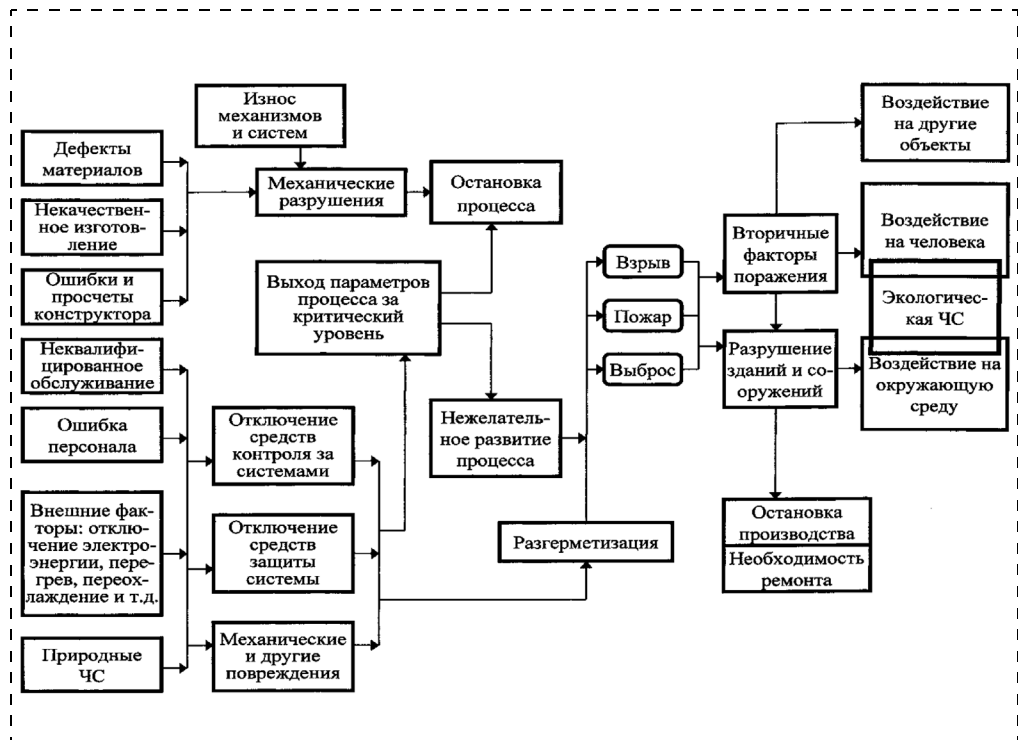


Рис. 2. Развитие аварии

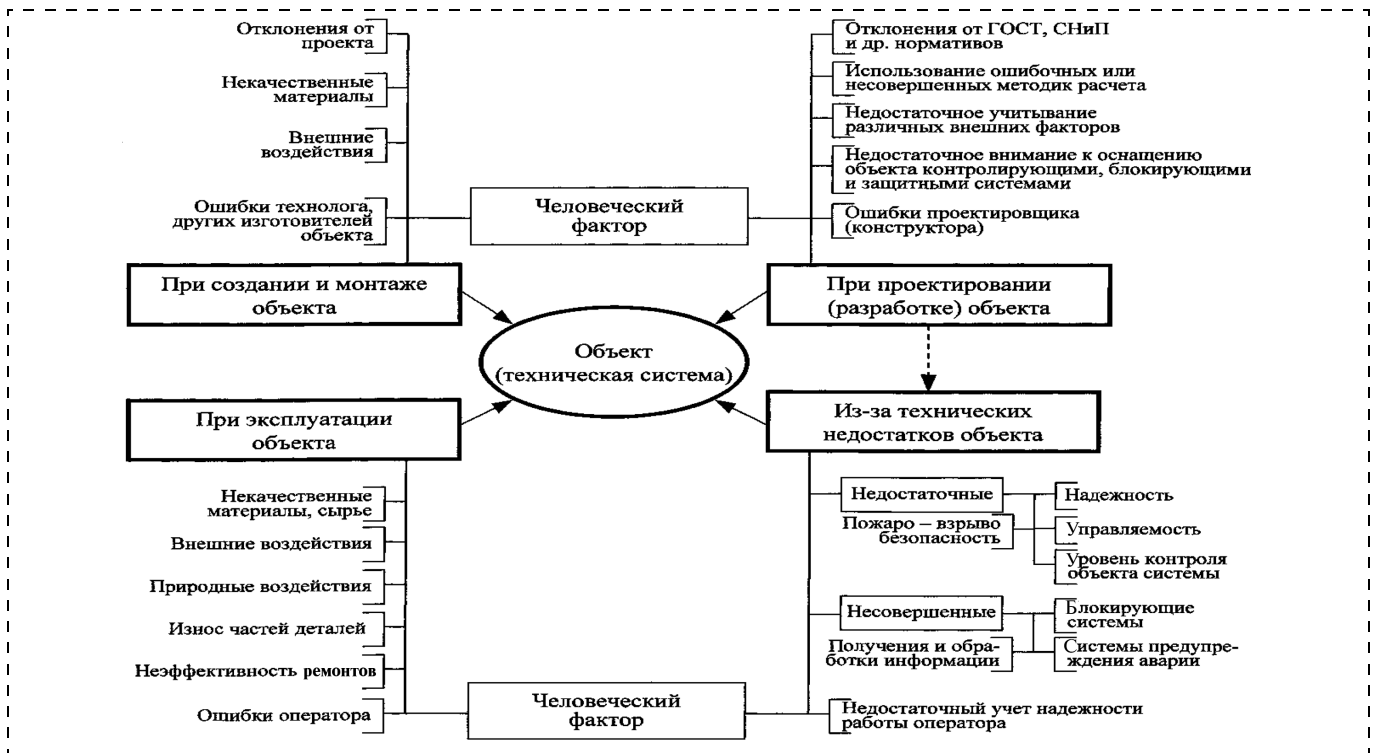


Рис. 3. Причины аварии и человеческий фактор

чеством действий человека на разных этапах жизненного цикла технической системы.

Концепция безопасности технической системы

Обеспечение безопасности при эксплуатации технической системы можно представить в виде модели концепции безопасности (рис. 4).

Концепцию безопасности при эксплуатации технической системы можно сформулировать как достижение приемлемого риска на стадии эксплуатации любой машины и техногенного комплекса.

Исходя из этой концепции, определяются принципы и критерии безопасности при эксплуатации на основе:

- опыта эксплуатации данной и аналогичных технических систем, включая особенности работы конкретной машины, выявленные в ходе использования;

- анализа инцидентов и аварий, включая определение всего комплекса причин: ошибка персонала, недостаточная подготовка персонала, ошибка при проектировании, неверное определение правил эксплуатации, нечеткость нормативных документов;

- вероятностного анализа безопасности, определяющего риск инцидента и аварии в различных сценариях возникновения и развития.

Критерии безопасности при эксплуатации ТС заключаются в установлении ограничений, в том

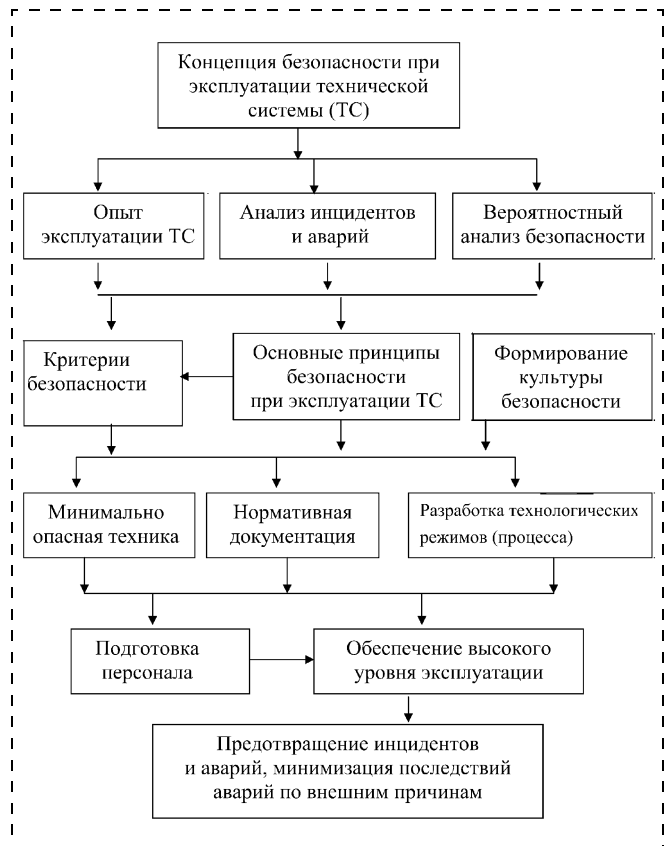


Рис. 4. Модель концепции безопасности при эксплуатации технической системы



числе на потоки энергии, концентрации веществ и т. д., проявляющиеся в ходе работы машины.

Среди принципов безопасности, обеспечивающих безаварийную эксплуатацию: принцип защиты в глубину, который предполагает ряд последовательных уровней обеспечения защиты и предотвращения аварии; принцип резервирования; принцип единичного отказа, при соблюдении которого единичный отказ или единичная ошибка оператора не приводят к развитию аварии; принцип обратной связи; принцип выполнения одновременно и постоянно всех функций безопасности; принцип применения проверенных и апробированных решений, консерватизм при их принятии; принцип контроля и управления опасными факторами и др.

Культура эксплуатации включает: общую культуру, техническую грамотность, трудовую дисциплину, четкое определение полномочий и ответственности осознания работниками поставленных задач, квалифицированное руководство, осмысленное и критическое отношение к своим действиям, повышение квалификации.

В конечном итоге реализация приведенных уравнений (этапов) должна привести к высокому уровню эксплуатации технической системы, что выражается в предотвращении инцидентов и аварий и минимизации последствий аварии по внешним причинам.

Необходимо отметить, что надежность простой машины (технической системы) всегда достигается меньшими средствами, а значит и затратами, и с большей эффективностью, чем надежность более сложной машины. Поэтому, рассматривая причины аварии, необходимо иметь в виду, что ошибки разработчика системы и ее технические недостатки заключаются в отсутствии достаточной надежности системы как таковой, а не в наличии или отсутствии каких-либо дополнительных устройств, которые гипотетически могли бы увеличить надежность.

В конечном итоге так или иначе основной причиной аварии является человеческий фактор, который оказывает влияние на другие причины, включая использование некачественных материалов; отклонения от проекта технических регламентов, ГОСТ, СНИП, нормативов; неэффективность ремонтов; технические недостатки системы и т. д.

В то же время авария как конечная реализация опасности может происходить и вне зависимости от оператора. В этом случае человеческий фактор проявляется не непосредственно в работе оператора, а связан с деятельностью человека на предыдущих этапах как конструктора, проектировщика, технолога, изготовителя, строителя, монтажника и т. д.

Законы Природы имеют всеобщий характер и распространяются и на СЧМ, но Природа сама по себе, без участия человека не создает машины и система

СЧМ стала частью действительности только благодаря человеку (который в свою очередь является частью Природы), поэтому каждый элемент системы "человек—машина" испытывает воздействие человеческого фактора.

Эффективность системы "человек—машина"

Для понимания всей сложности взаимоотношений человека и машины, а значит и его безопасности на производстве, а также в транспорте и в быту необходимо рассмотреть взаимосвязи составляющих человеческого фактора и машины как объекта техники (рис. 5).

Под человеческим фактором следует понимать всю совокупность свойств человека, влияющую на ту или иную ситуацию. Человек, с одной стороны, является системообразующим фактором труда, без которого просто бездействуют и даже бессмысленны любые другие компоненты СЧМ, а с другой стороны, человек не может существовать без труда — это главная сфера его деятельности.

Чтобы понять взаимодействия в системе "человек—машина" необходимо рассмотреть распределение и взаимодействие функций между оператором и машиной. На рис. 6 представлен алгоритм взаимосвязей факторов СЧМ и их влияние на эффективность функционирования СЧМ.

Анализ структуры факторов показывает, что эффективность функционирования СЧМ зависит не только от характеристик технической системы (машины), таких, как технические, эксплуатационные, безопасность, экологичность и экономичность, но и в значительной степени от человеческого фактора, который имеет самые разнообразные проявления: нравственность и мораль, социально-психологическое, психологическое, физическое, психофизическое и профессиональное состояние человека.

Выявление влияния какого-либо из факторов или группы факторов на эффективность функционирования СЧМ будет заключаться в решении многокритериальной задачи с привлечением как математического, так и логического аппарата для описания физической сущности и решения эффективности функционирования СЧМ.

Причины аварии и ее развитие рассматривают в большинстве случаев как результат возникновения и формирования причинной цепи предпосылок, а аварийность — как потоки случайных событий. Конкретные причины, в том числе ошибки оператора, неисправность технической системы, внешние воздействия, выступают в данном случае как инициаторы или звенья причинной цепи происшествий. Однако всегда есть начало этой цепи и наиболее весомое звено в ее составе.



Рис. 5. Схема взаимосвязей системы "человек—машина"

Закономерности развития аварии характеризуются тем, что опасность, т. е. вероятность возникновения нежелательного события, существует постоянно, она неизбежна и проявляется в результате неконтролируемого выхода энергии, накопленного в материалах, агрегатах, устройствах, машинах, технических системах в целом, а также непосредственно в самом человеке (операторе).

Целесообразно рассматривать происходящие процессы в СЧМ, в том числе и аварии, с точки зрения законов термодинамики (необходимо обязательно учитывать особенности открытых и закрытых систем). Исходя из того, что энтропия любой системы обратно пропорциональна энергии, направленной к дальнейшим превращениям, любое воздействие на систему, а значит и различные аспекты, возникающие при производственной деятельности, приводят ее в неустойчивое, опасное состояние.

Человек в СЧМ может выступать не только как активный участник, обеспечивающий эффективное

функционирование системы, но и как причина аварии, а также наоборот — получать от взаимодействия с машиной в качестве оператора отрицательные последствия.

Любая технологическая система, технологический комплекс, любое изделие, включая машину (станок), агрегат, деталь имеют собственный жизненный цикл, который включает следующие основные этапы: проектирование, изготовление, монтаж, ввод в эксплуатацию (наладка), собственно эксплуатацию, вывод из эксплуатации — утилизацию.

На каждом этапе решаются свои задачи обеспечения безопасности:

— при проектировании — наиболее полный и обоснованный учет принципов и требований безопасности при принятии проектных решений, исходя из концепции приоритета безопасности жизни и сохранения здоровья человека и охраны окружающей среды перед всеми другими показателями, включая экономические, на основе действующих

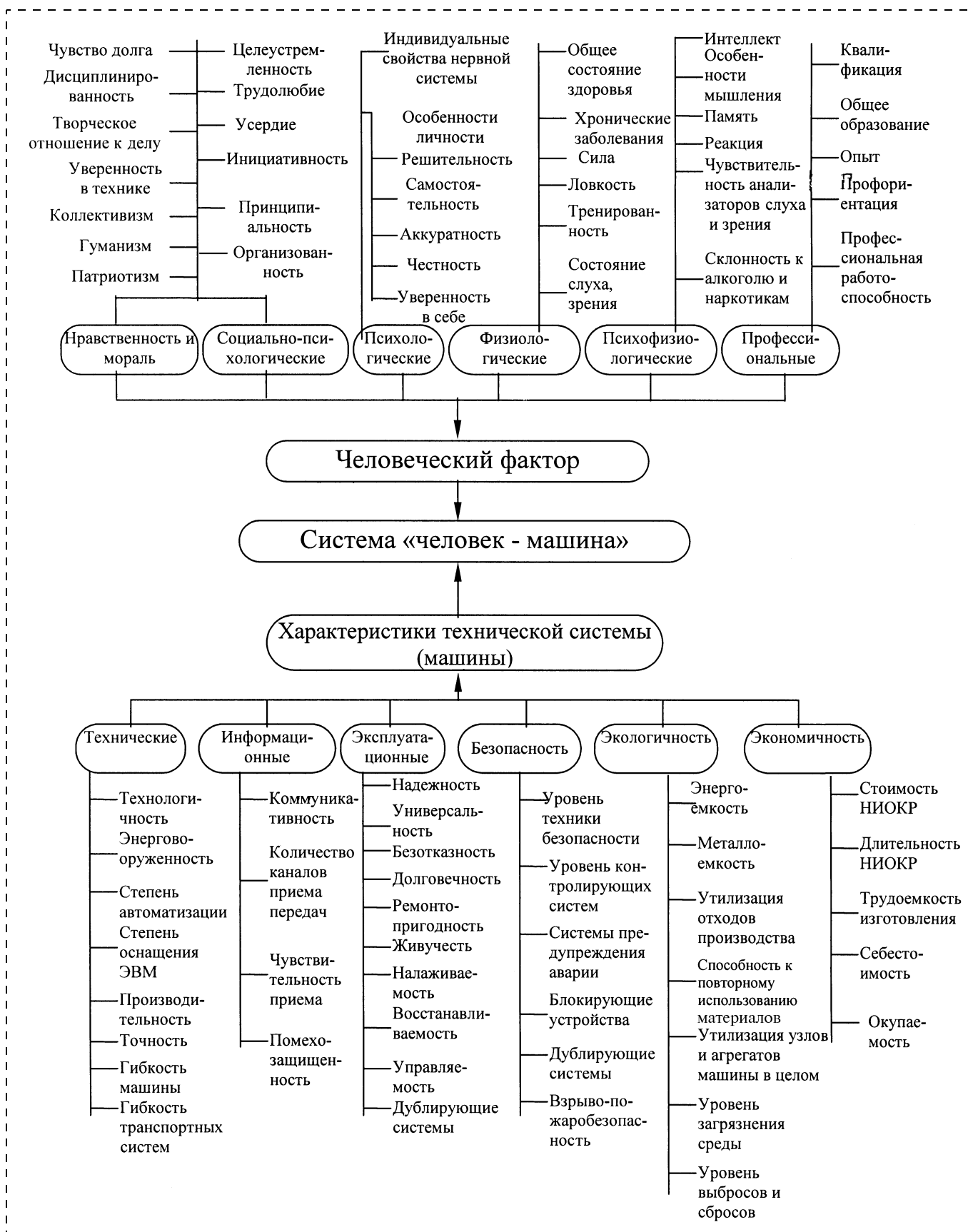


Рис. 6. Факторы, определяющие эффективность системы "человек—машина"



нормативов, стандартов, регламентов и других документов, анализа альтернативных решений и выбора оптимальных; разработки правил эксплуатации и требований безопасности;

— *при изготовлении* — неуклонное соблюдение проекта, обеспечение выполнения высокого качества работ при полном соблюдении установленных требований нормативно-технической документации; осуществления авторского надзора проектировщика и конструктора;

— *при монтаже* — полное выполнение требований соответствующих норм проектирования, обеспечение условий безопасности и последующей эксплуатации;

— *при вводе в эксплуатацию* (наладке) — всеобъемлющая и качественная наладка, последующие функциональные испытания смонтированного оборудования и всего технологического комплекса и систем обеспечения с целью подтверждения полного соответствия требованиям проекта, охраны труда и охраны окружающей среды; отработка отдельных разделов документов по эксплуатации, обучение и аттестация персонала;

— *при эксплуатации* — полное соблюдение установленного технологического режима и требований изготовителя; должностной контроль и организация ремонта; соответствующая подготовка персонала; при возникновении проектных аварий — предотвращение их перерастания в за-

проектные;

— *при выводе из эксплуатации* — выполнение требований по демонтажу и вывозу за пределы производственной зоны;

— *при утилизации* — максимальное обеспечение использования в качестве вторичного сырья, использование экономически целесообразных требований утилизации.

Требования к элементам, рассмотренные выше, объединенные взаимосвязями, обеспечивающими эффективность функционирования системы "человек—машина", представлены на рис. 7. Анализ этих взаимосвязей показывает, что характеристики оператора — элемента "человек" системы значительно более многообразны, чем характеристики элемента "машина", но в меньшей степени поддаются управлению, т. е. внешнему регулированию. При этом не следует забывать, что все характеристики "машины", ее достоинства и недостатки также определены особенностями "человека" (см. рис. 3).

На качество деятельности оператора влияют не только личные качества, но и так называемые внешние факторы:

- руководство деятельностью оператора со стороны непосредственных руководителей;
- организация производства;
- внешние условия выполнения обязанностей, которые определяются вне данной системы (цеха, заводы);

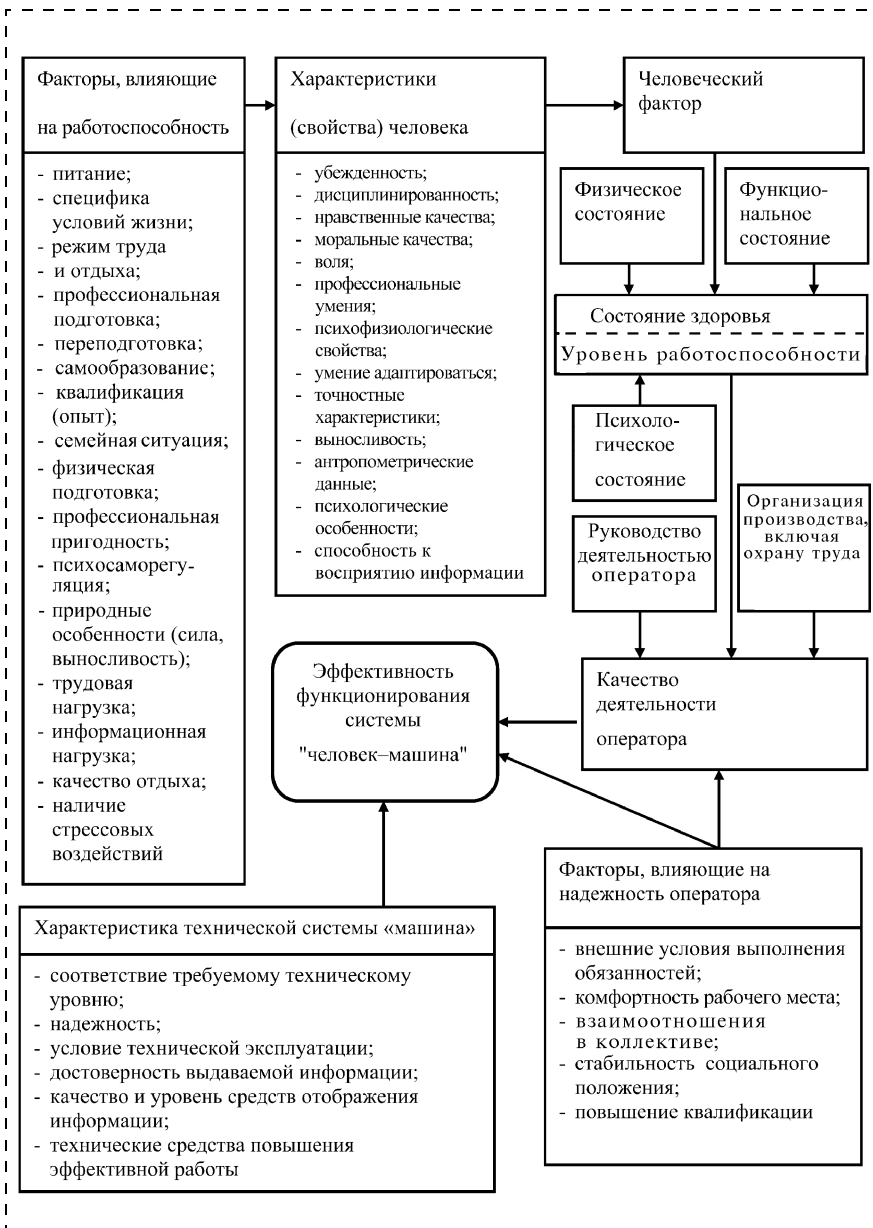


Рис. 7. Взаимосвязи, обеспечивающие эффективность функционирования системы "человек—машина"

- комфортность рабочего места, заключающаяся в обеспечении микроклимата, эргономических требований, защите от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- взаимоотношения в коллективе;
- стабильность социального положения.

Наконец, отметим, что надежность человека — это способность выполнять работу в соответствии с поставленной целью в течение заданного интервала времени. Под ошибкой человека при этом понимается невыполнение поставленной задачи или выполнение запрещенного действия. Ошибки разделяются на две большие группы:

- неправильные действия, направленные на правильную цель;
- правильные действия, направленные на неверную цель.

Под верной целью в СЧМ понимается обеспечение функционирования системы, сохранение жизни и здоровья людей, предотвращение ущерба имуществу и окружающей среде. Таким образом, при анализе правильных действий человека необходимо учитывать и внутренний мир, сознание человека-оператора, чтобы выявить цели, которых он пытался достичь в той или иной ситуации.

Обеспечение безопасности и предупреждение аварии в технической системе

Для повышения безопасности СЧМ необходимо устранять причины нежелательных событий. Достичь состояния полной безопасности, т. е. отсутствия возможности опасных состояний СЧМ, невозможно. Если ввести критерий, до которого следует реально снизить уровень опасности, то создать безопасную систему поможет комплекс мероприятий:

- повышение надежности технической системы (машины);
- повышение качества подготовки оператора;
- уменьшение влияния окружающей среды на человека и машину;
- согласование характеристик человека и техники;
- проектирование оптимальных рабочих мест;
- создание комфортной производственной среды;



Рис. 8. Предупреждение аварии в системе "человек—машина—среда"

- использование безопасных источников энергии, веществ и технологий;
- разработка средств защиты человека и окружающей среды.

Предупреждение аварии как показатель надежности системы "человек—машина—среда" определяется каждым элементом системы (рис. 8):

- *оператором* как профессионалом, работающим в оптимальных условиях производственной и бытовой сред;
- *машиной*, сконструированной, созданной и эксплуатируемой на необходимом уровне;
- *средой*, обеспечивающей отсутствие или минимизацию внешних отрицательных воздействий на человека и машину.

Риск, как вероятность нежелательного события, не может равняться нулю, авария может произойти с совершенно исправной и надежной технической системой, в том числе из-за неверных действий оператора и непредсказуемых проявлений внешней среды.

В целом обеспечение безопасности производственной деятельности оператора и других работников в автоматизированном производстве может быть достигнуто только суммой правовых, технических, организационных, экономических и иных мероприятий, объединенных единым информационным полем, обеспечивающим прямую и обратную связи проводимых мероприятий с объектом и целью проводимой работы. Из схемы, приведенной на рис. 9,

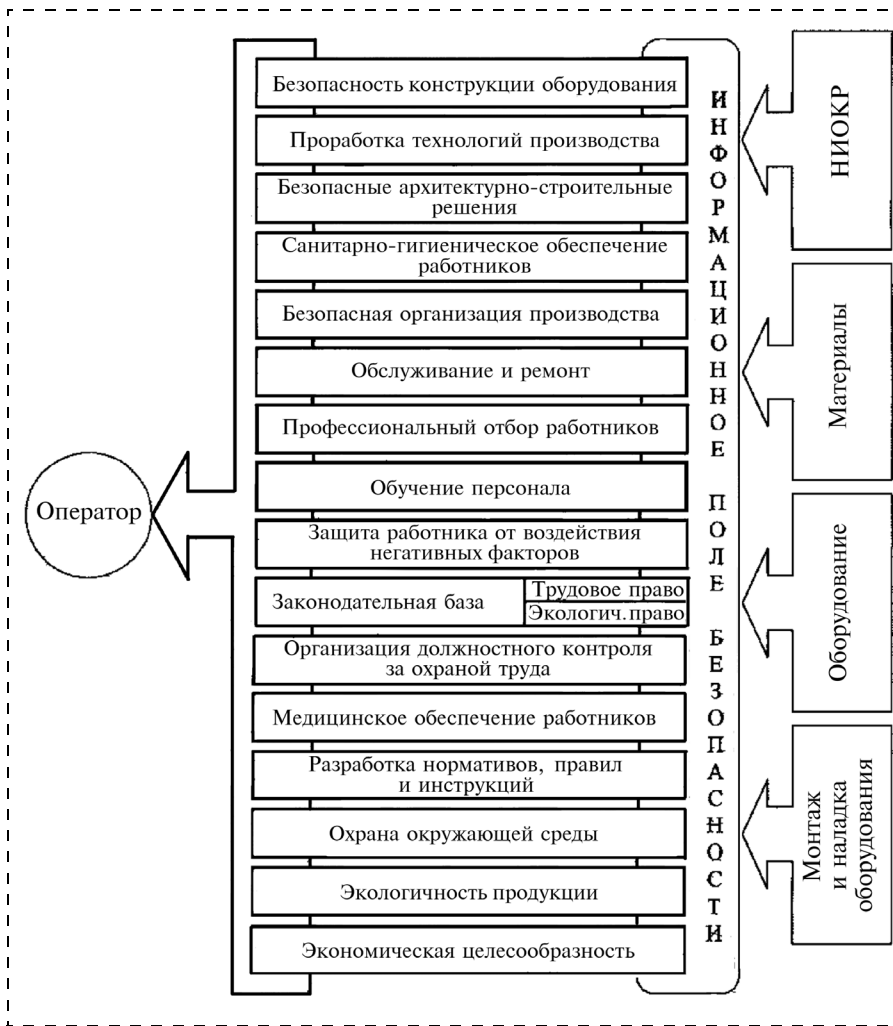


Рис. 9. Обеспечение безопасности оператора

видно, что безопасная деятельность обеспечивается задолго до того, как работник "встретится" с оборудованием, и включает в себя высокий уровень НИОКР при создании оборудования и его монтаже и запуске, наличие необходимых законов, подзаконных актов и нормативов, на основе которых обеспечивается охрана и гигиена труда и охрана окружающей среды. Важнейшее значение имеет всесторонний профессиональный отбор и обучение персонала. Организация труда включает в себя, с одной стороны, правильное размещение всех видов оборудования: технологического, вспомогательного, транспортного и другого, а с другой — соответствующий уровень обеспечения производственной деятельности, включая управление, должностной надзор и организацию ремонта. Проводимые мероприятия должны иметь четкое экономическое обоснование.

Важную роль в СЧМ играют потоки информации. Человек при этом может выступать в роли

простого приемника информации, ретранслятора информации от одной подсистемы к другой, может осуществлять анализ и переработку информации. Важнейшим моментом деятельности человека является принятие решения о необходимых управляющих воздействиях. Человек может оказывать следующие управляющие воздействия: выполнение команды (переданной, например, голосом с помощью средств связи, с помощью индикаторов); перепрограммирование работы всей системы или ее частей; остановка работы системы или ее частей. Управляющее воздействие человека-оператора приводит машину в новое состояние. Человек воспринимает это состояние по параметрам средств отображения информации, анализирует данные и принимает решение, или выполняет команду по новому управляющему воздействию и т. д.

Таким образом, информационное поле безопасности включает в себя текущие информационные потоки и весь объем информации, накопленный в каждом элементе системы, включая материал деталей, конструкторскую проработку узлов и агрегатов, условия и характер эксплуатации и т. д.

Обеспечение безопасности в современном металлообрабатывающем

производстве возможно только при комплексном подходе, а при реализации его достигает очень высокого уровня.

Достижению безопасности в автоматизированном производстве должно предшествовать исследование конструкторских, механических и иных особенностей технологического, транспортного, управляющего и другого оборудования, комплексов и системы в целом с целью выявления возможных опасностей, фактических значений опасных и вредных производственных факторов, травмоопасных рабочих мест или рабочих зон.

Основные мероприятия, обеспечивающие безопасность и комфортность труда, могут быть достигнуты, как правило, только на стадии создания систем. При пусконаладочных работах, особенно при эксплуатации, возможно только ухудшение условий работающих за счет несоблюдения установленных правил или недостаточной квалификации работников.

Я. Ф. Магарил¹, А. А. Назаров¹, В. И. Панченко², канд. техн. наук. доц.,
Я. С. Шпанер¹, Е. А. Зинкичев¹, С. И. Поникаров²

¹ЗАО "Магси", г. Казань

²Казанский государственный технологический университет им. С. М. Кирова

Факельные установки. Ветрозащитные устройства

Оголовок факельной установки является основным элементом, определяющим ее технический уровень. Поэтому совершенствование факельных установок идет по пути совершенствования оголовков, повышения их надежности, долговечности и упрощения конструкции. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований ветрозащитных устройств на моделях различных типов ветрозащитных экранов.

Факельные установки предназначены для сжигания аварийных, постоянных и периодических выбросов горючих газов и применяются в нефтегазодобывающей, химической и других областях промышленности [1].

Сжигание сбросных газов на факельных установках позволяет предотвратить поражение населения и персонала опасных объектов, а также загрязнение окружающей среды токсичными горючими веществами, которые при этом преобразуются в относительно экологически безопасные продукты.

Одной из главных проблем эксплуатации систем является нарушение стабильности условий горения в результате срыва пламени ветром. Как следствие, несгоревшие взрывопожароопасные и токсичные газы могут скапливаться в приземной области, что представляет серьезную опасность для населения и персонала опасных объектов.

Оголовок факельной установки является основным элементом, определяющим технический уровень факельной системы. Поэтому дальнейшее совершенствование факельных установок идет по пути совершенствования оголовков, повышения их надежности, долговечности и упрощения конструкции не в ущерб качеству. Оголовки простейших факельных установок пред-

ставляют собой отрезок цилиндрической трубы с запальными горелками. При обтекании цилиндрической трубы ветром на трубе образуется зона повышенного давления с наветренной стороны и зона пониженного давления с подветренной и боковой сторон. В результате происходит засасывание струи сбросного газа в зону пониженного давления за трубой и его сгорание на поверхности трубы снаружи. Таким образом, около верхнего среза трубы стенки снаружи подвергаются воздействию пламени. В результате происходит постепенное выгорание и разрушение факельного оголовка.

На основании изложенного выше можно сделать вывод о важности защиты оголовка от воздействия пламени при боковом ветре, необходимости исследования ветрозащитных экранов и их разработки.

Для решения поставленной задачи по разработке рекомендаций для выбора оптимальных ветрозащитных экранов из условия эффективности защиты оголовка от воздействия пламени при минимальных габаритах и массе изготовлена экспериментальная установка (рис. 1) для исследования различных типов ветрозащитных экранов.

Она состоит из исследуемого объекта — оголовка 6, без ветрозащитного экрана, но со стабилизато-

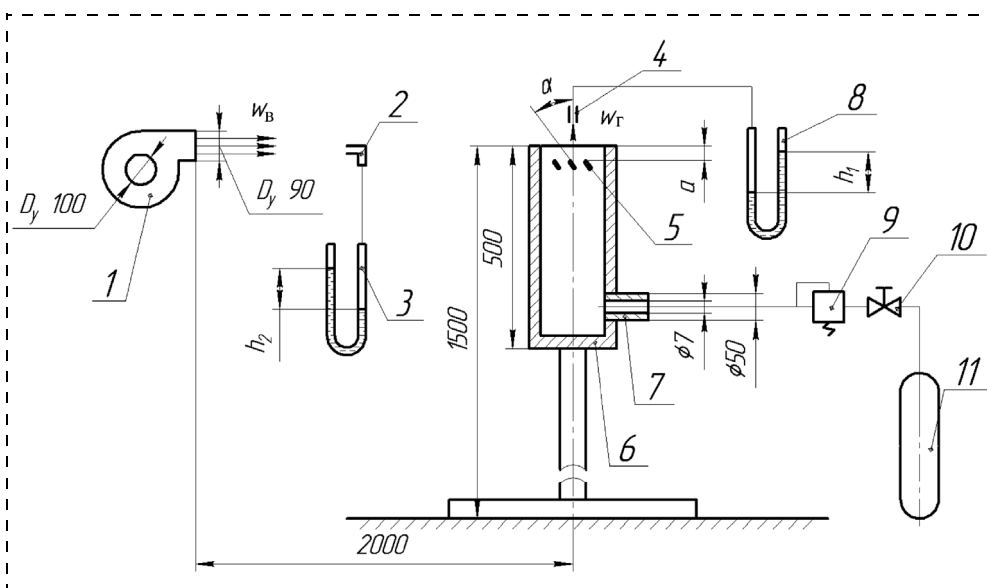


Рис. 1

ставляют собой отрезок цилиндрической трубы с запальными горелками. При обтекании цилиндрической трубы ветром на трубе образуется зона повышенного давления с наветренной стороны и зона пониженного давления с подветренной и боковой сторон. В результате происходит засасывание струи сбросного газа в зону пониженного давления за трубой и его сгорание на поверхности трубы снаружи. Таким образом, около верхнего среза трубы стенки снаружи подвергаются воздействию пламени. В результате происходит постепенное выгорание и разрушение факельного оголовка.



ром пламени, образованным лопатками — завихрителями 5, системы подвода газа к оголовку, системы для создания бокового ветра и системы измерений. Газ (пропан-бутан) подается из баллона 11 через отсечной клапан 10 и редуктор 9 на штуцер 7. Боковой ветер создается вентилятором 1.

Система измерений состоит из трубок Пито 2 и 4 и U-образных водяных манометров 3 и 8 и служит для измерения скорости газа W_G на выходе из трубы оголовка и скорости ветра W_B . Пламя факела фотографировалось цифровым фотоаппаратом.

Скорости газа и ветра рассчитываются по формуле

$$W_B = \sqrt{2\Delta P/\rho}, \quad (1)$$

где ρ — плотность газа или воздуха, кг/м^3 ; ΔP — избыточное давление, Па, определяемое по измеренным разностям уровней h_1 и h_2 с помощью манометров 3 и 8 (см. рис. 1).

Для водяных манометров

$$\Delta P = 9,81h, \quad (2)$$

где h — разность уровней воды в водяных манометрах, мм.

Погрешность измерения ± 5 Па.

Модели ветрозащитных устройств (ВЗУ)

Схемы моделей ветрозащитных устройств даны на рис. 2—10 и обозначены как ВЗУ-N, где N — номер модели: 0, 1, 2, 3, ..., 10.

Модель ВЗУ-0 — без ветрозащитных устройств, на которой проверялась стабильность пламени от расположения лопаток стабилизаторов пламени относительно среза трубы (см. рис. 2).

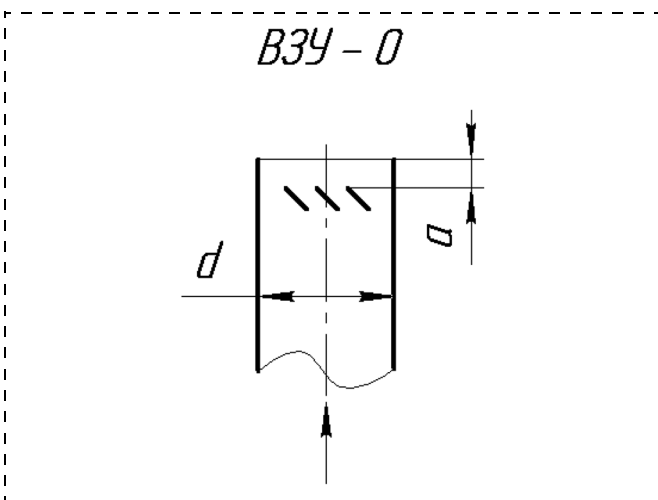


Рис. 2

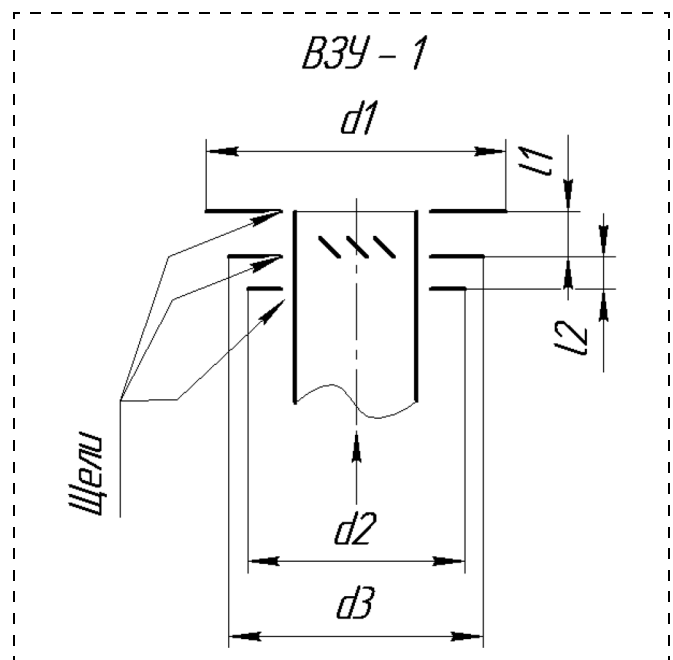


Рис. 3

Модели на рис. 3—6 содержат ветрозащитное устройство в виде экрана в форме диска или конуса, который отделяет область пламени над трубой от трубы и устраняет воздействие пламени на нее. На рис. 3—6 d — внутренний диаметр трубы; d_1, d_2, d_3 — наружные диаметры дисков; d_4 — больший диаметр усеченного конуса; α — угол усеченного конуса; l_1, l_2 — расстояние между дисками; a — глубина установки стабилизирующих пластин; h — расстояние между диском и верхним срезом трубы.

В ходе эксперимента параметры a, l_1, l_2, h, d_4 изменялись.

Модель на рис. 3 предназначена для исследования влияния зазоров между дисковыми экранами и трубой на эффективность защиты трубы от пламени.

На рис. 7—10 представлены схемы диодных ветрозащитных устройств. Они состоят из трубы 1 (см. рис. 7), днища 2, лопаток 4, уголков 5 и обечайки 3. Гидравлическое сопротивление этого устройства для бокового потока воздуха (бокового ветра), входящего между уголками внутрь него, меньше чем для воздуха, выходящего из него наружу. Поэтому над днищем образуется зона повышенного давления, под действием которого поступающий поток воздуха направляется вверх. На рис. 7—10 d — внутренний диаметр трубы; d_1 — наружный диаметр днища; h — высота диодного устройства; h_1 — высота обечайки; h_3 — расстояние между верхним срезом факельной трубы и верхней плоскостью диодного устройства; h_2, h_4 — конструктивные па-

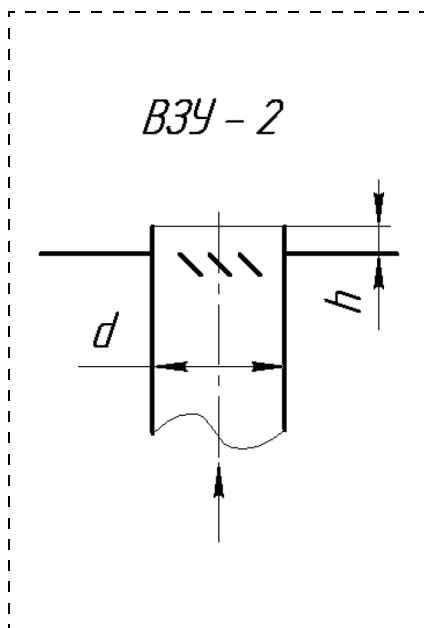


Рис. 4

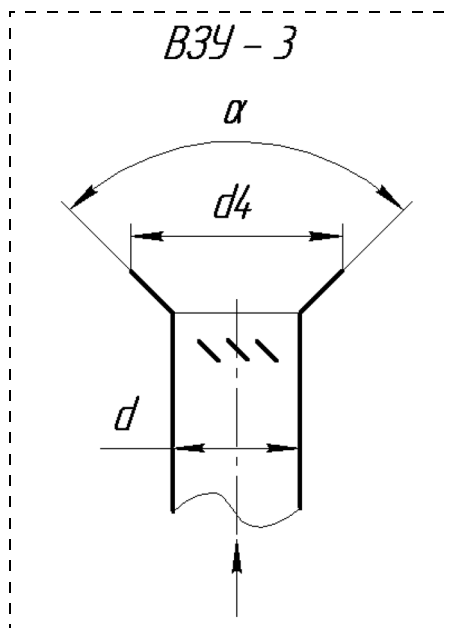


Рис. 5

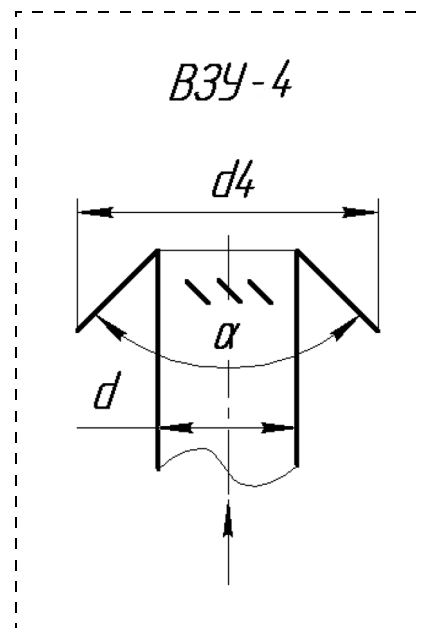


Рис. 6

раметры установки обечайки; α — угол уголка; b_1 — размер катета уголка; b_2 — расстояние между уголками.

В ходе эксперимента параметры h_1 , h_2 , h_4 изменялись.

Результаты эксперимента

Результаты эксперимента представлены в виде фотографий пламени, полученных при различных скоростях бокового ветра и скоростях истечения газа из оголовка для моделей факельных оголовков с различными ветрозащитными устройствами.

Скорости, рассчитанные по формулам (1) и (2) по измеренным перепадам давления h_1 и h_2 (см. рис. 1), менялись в пределах:

для газа, истекающего из оголовка на его срезе

$$W_T = 0 \dots 5,4 \text{ м/с};$$

для воздуха, обдувающего оголовок в боковом направлении

$$W_B = 0 \dots 10,6 \text{ м/с}.$$

При отсутствии бокового обдува пламя поднимается вверх над оголовком (рис. 11 — см. 3-ю стр. обложки).

Боковой обдув оголовка без ветрозащитного устройства (рис. 12 — см. 3-ю стр. обложки) приводит к опусканию пламени за трубой на расстоянии до $5D$ (D — диаметр трубы).

При боковом обдуве модели ВЗУ-0 (см. рис. 2) происходит срыв пламени при расположении стабилизатора пламени на срезе трубы. В то же время при заглублении стабилизаторов срыва пламени не наблюдалось, из чего следует:

1) широко распространенный стабилизатор пламени в виде наклонных пластин, установленных около среза трубы, является не эффективным при скорости ветра, превышающей скорость истечения газа;

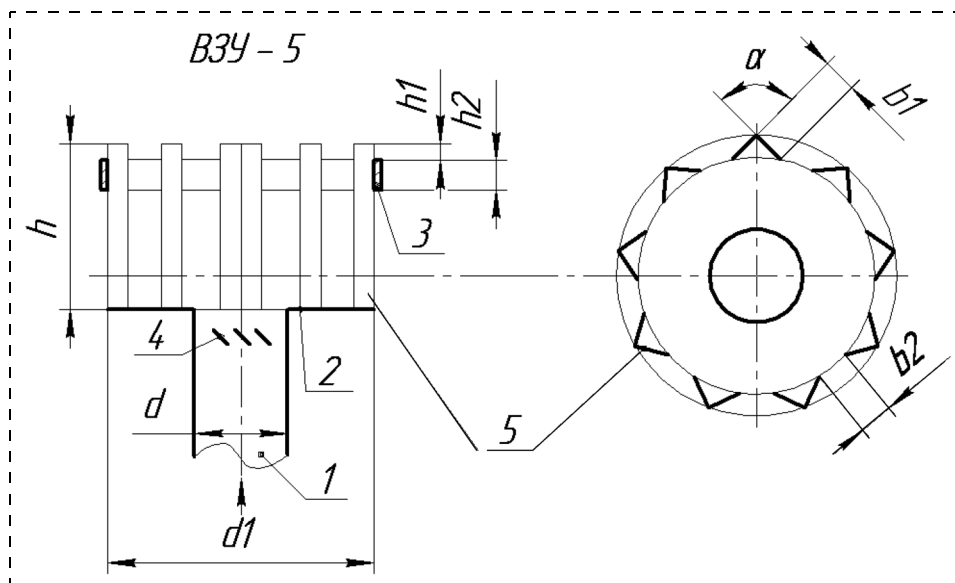


Рис. 7

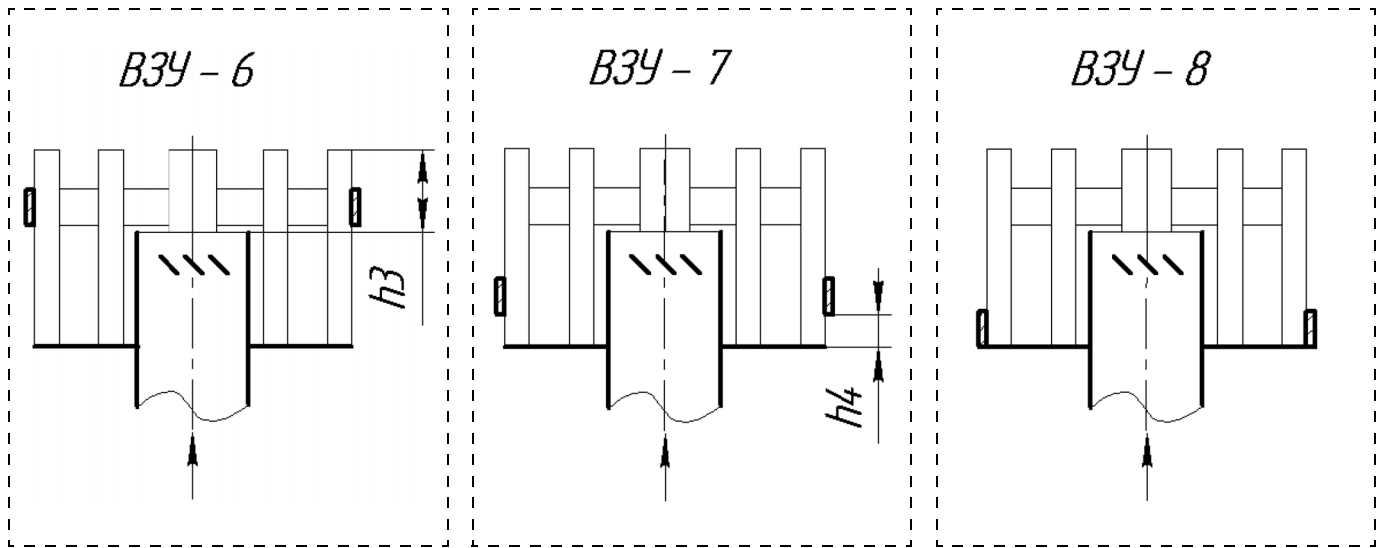


Рис. 8

Рис. 9

Рис. 10

2) заглупление стабилизатора пламени внутрь трубы приводит к устойчивой стабилизации пламени.

Наличие даже небольших зазоров между дисковыми экранами и трубой в модели ВЗУ-1 (см. рис. 3) приводило к опусканию пламени под экран (рис. 13 — см. 3-ю стр. обложки). Причиной этого является засасывание несгоревшего газа через щели в зону разрежения под экранами и его догорание в этой зоне. При увеличении расхода газа размеры зоны горения на поверхности трубы под экранами увеличивались.

Таким образом, наличие щелей между ветрозащитными экранами и поверхностью трубы являются недопустимыми с точки зрения обгорания трубы.

Установка плоского экрана на срезе трубы (модель ВЗУ-2 — см. рис. 4) приводит к расплыванию пламени по большей части экрана (рис. 14 — см. 3-ю стр. обложки) при отсутствии бокового ветра и к срыву пламени при боковом ветре.

Установка экрана ниже среза трубы приводит к устойчивой стабилизации пламени (рис. 15 — см. 3-ю стр. обложки).

При установке ветрозащитного устройства с коническим экраном, расширяющимся вверх, происходило опускание пламени при его диаметре $d_4/d = 1,5$ (ВЗУ-3) (см. рис. 5) и практически отсутствовало при $d_4/d = 2,4$ (рис. 16 — см. 4-ю стр. обложки).

Аналогичные результаты были получены для моделей ВЗУ-4 (см. рис. 6) с коническими экранами, расширяющимися вниз (рис. 17 — см. 4-ю стр. обложки). Срывов пламени не наблюдалось.

Ниже представлены результаты исследований диодных ветрозащитных устройств.

На рис. 18 (см. 4-ю стр. обложки) дана фотография пламени для ВЗУ-5 (см. рис. 7), у которого днище расположено на срезе трубы. Возрастание скорости обдува ведет ко все большему отклонению пламени, но ниже днища пламя опускается незначительно и только при самой большой скорости обдува $W_B = 10,6$ м/с.

При всех скоростях обдува у ВЗУ-5 пламя занимает все поперечное сечение оголовка. Этому способствует закрутка потока газа лопаточным стабилизатором пламени, который одновременно является завихрителем потока газа, разбрасывающим газ в стороны.

У ветрозащитного устройства ВЗУ-6 (см. рис. 8) днище опущено относительно среза трубы. Это привело к заметно уменьшенному опусканию пламени, чем у ВЗУ-5. Даже при самом сильном боковом обдуве ($W_B/W_T = 2,2$) пламя не опускалось ниже днища (рис. 19 — см. 4-ю стр. обложки).

У ветрозащитного устройства ВЗУ-7 (см. рис. 9) обечайка приближена к днищу. Зазор между обечайкой и днищем составляет 0,1 диаметра днища. У устройства ВЗУ-7 наблюдалось наименьшее опускание пламени (рис. 20 — см. 4-ю стр. обложки) по сравнению с другими диодными ветрозащитными устройствами.

Если зазор между обечайкой и днищем отсутствует (ВЗУ-8, см. рис. 10), то опускание пламени возрастает (рис. 21 — см. 4-ю стр. обложки).

Из рассмотренных диодных ветрозащитных устройств наилучшими являются ВЗУ-6 и ВЗУ-7 (см. рис. 19 и 20). Все они отличаются очень большой стабилизацией пламени. Не было ни одного случая срыва пламени. Пламя располагается, в основном, за пределами устройства.



Для эффективного функционирования этих устройств должен быть правильно выбран зазор между уголками и удачно расположена обечайка.

По материалам исследований предложен ряд оголовков, на которые получены патенты на полезные модели [2...4]. Эти решения использованы в конструкции оголовков, изготавливаемых ЗАО "Магси".

Заключение

Выполненное экспериментальное исследование на моделях факельных оголовков со стабилизаторами пламени в виде закручивающих пластин и с различными типами ветрозащитных устройств (ВЗУ) позволяет сделать следующие выводы.

1. При отсутствии ВЗУ пламя опускается по трубе факельного оголовка вниз с подветренной стороны до $5D$ (D — диаметр трубы), что приводит к выгоранию оголовка.

2. У оголовка без ВЗУ стабилизатор пламени в виде наклонных закручивающих пластин становится неэффективным при обдуве боковым ветром, если W_B/W_T больше 1.

3. Эффективность закручивающего стабилизатора пламени восстанавливается, если его заглубить относительно верхнего среза трубы.

4. Щели между плоскими и коническими экранами ВЗУ и внешней поверхностью трубы факельного оголовка недопустимы, так как они приводят к перетеканию газа с подветренной стороны под экраны и к сгоранию его под экраном.

5. ВЗУ оказывает влияние на стабилизацию пламени в факельном оголовке и может как усиливать, так и ослаблять стабилизацию вплоть до срыва пламени при боковом ветре.

6. ВЗУ в виде плоского или конического экрана, расширяющегося вверх, ослабляет стабилиза-

цию пламени при боковом обдуве и увеличивает диаметр пламени до диаметра экрана при стабилизаторе пламени в виде закручивающих пластин.

7. Смещение ВЗУ в виде экрана вниз от среза трубы приводит к устойчивой стабилизации пламени.

8. ВЗУ в виде конического экрана, расширяющегося вниз под углом 90° , усиливает стабилизацию пламени.

9. ВЗУ в виде плоских или конических экранов с углом 90° обеспечивают надежную защиту оголовка от пламени при боковом ветре. Из диодных ВЗУ лучшими являются ВЗУ-6, ВЗУ-7 (см. рис. 8, 9). У них пламя располагается, в основном, за пределами устройства. Для увеличения их эффективности необходим правильный выбор зазоров между уголками и размещение обечайки.

10. Диаметр диодного ВЗУ должен быть больше или равен $2D$ (D — диаметр трубы).

11. Диодные ВЗУ создают наиболее надежную стабилизацию пламени.

12. Наиболее простыми и достаточно надежными являются ВЗУ в виде конического экрана, расширяющегося вниз с углом раствора 90° . Они обеспечивают также надежную стабилизацию пламени.

Список литературы

1. Стрижевский И. И., Эльнатанов А.И. Факельные установки. — М.: Химия, 1999. — 184 с.
2. Магарил Я. Ф., Назаров А. А., Панченко В. И., Шпанер Я. С. Оголовок факельный. Патент на полезную модель RU № 49184 U1 МПК F23Д 14/38.
3. Магарил Я. Ф., Назаров А. А., Панченко В. И., Шпанер Я. С. Оголовок факельный. Патент на полезную модель RU № 49185 U1 МПК F23Д 14/38.
4. Магарил Я. Ф., Назаров А. А., Панченко В. И., Шпанер Я. С. Оголовок факельной установки. Патент на полезную модель RU № 54655 U1 МПК F23Д 14/38, опубл. 10.07.2006 // Бюл. № 19.

ИНФОРМАЦИЯ

3—5 июня 2008 года

Пермь, Выставочный центр "Пермская ярмарка"

9-я Межрегиональная специализированная выставка оборудования и технологий для обеспечения промышленной, пожарной, информационной и экологической безопасности в топливно-энергетическом комплексе

"БЕЗОПАСНОСТЬ. ТЭК — 2008"

Информация о выставке размещена на сайте "Пермской ярмарки": www.exporperm.ru



УДК 621.6

Р. С. Зайнуллин, д-р техн. наук, А. М. Галлямов, канд. техн. наук,
Р. Р. Мухаметшин, канд. техн. наук,
ГУП "ИПТЭР", г. Уфа

Определение характеристик безопасности труб с царапинами

Приведены данные исследований по влиянию царапин на характеристики безопасности эксплуатации труб в каменистых регионах. Описан метод определения напряженного и предельного состояний труб с дефектами, возникающими при строительстве и эксплуатации трубопроводов в сложных геологических условиях.

Одним из распространенных дефектов, обнаруживаемых при диагностике трубопроводов, являются царапины. Чаще всего они могут появляться на поверхности труб при прокладке трубопроводов в горных (каменистых) регионах.

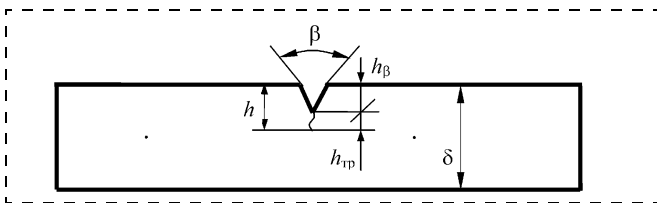


Рис. 1. Схема модели (образцов) труб с царапиной и трещиной: δ — толщина модели (трубы); h_{β} — глубина царапины; $h_{тр}$ — глубина трещины

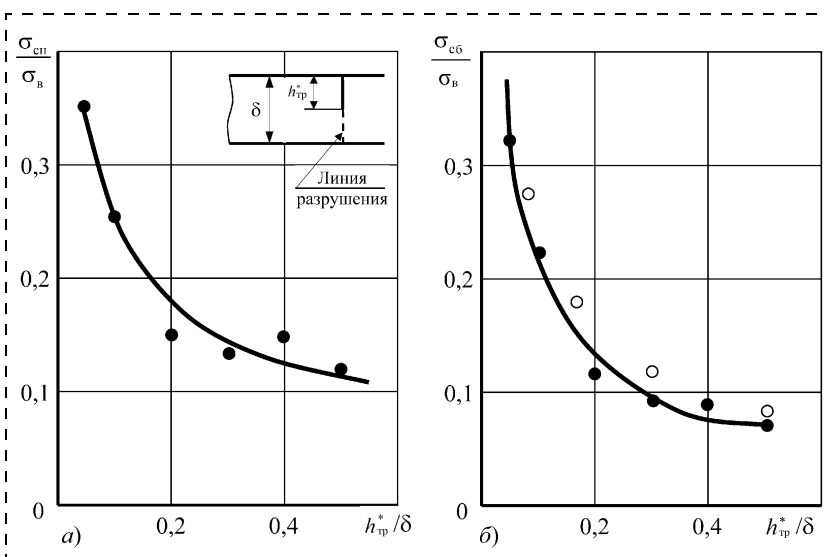


Рис. 2. Зависимости относительных предельных напряжений в нетто (а) и брутто-сечениях (б) от относительной глубины трещины: затумбованные кружки соответствуют образцам с трещиной, а светлые — образцам с царапиной и трещиной при $h_{тр} > 0,1\delta$

Указанный дефект нередко является очагом инициации и развития трещин, приводящих к разрушению трубопровода. Это объясняется тем, что в окрестности вершины царапины реализуется высокая степень концентрации напряжений. Кроме того, в металле в подповерхностных зонах царапины могут возникать пластические деформации. При этом в непосредственной близости к поверхности царапины пластические деформации могут достигать предельных величин, в результате чего металл в этих зонах охрупчивается. Кроме того, при образовании царапины в ее вершине возникает высокая концентрация напряжений. Это может явиться дополнительной причиной (наряду с охрупчиванием металла) образования в окрестности вершины царапин и микротрещин [1].

Поэтому в качестве одной из моделей для исследования несущей способности труб с царапинами можно принять схему, приведенную на рис. 1. Исследования проводили на образцах трех типов моделей. В первой модели величина $h_{тр}$ была равной нулю. При этом в образцах варьировали угол раскрытия царапины β . В образцах, соответствующих рис. 1, изменяли величины $h_{тр}$ (при $\beta = \text{const}$) и h (при $\beta = \text{const}$). Для сравнительной оценки изготавливали образцы с трещинами различной глубины. Все образцы изготавливались из хрупкого материала (органического стекла).

На рис. 2 приведены зависимости относительных предельных напряжений $\sigma_{сн}/\sigma_{в}$ и $\sigma_{сб}/\sigma_{в}$ от параметра $h_{тр}^*/\delta$. Здесь $\sigma_{сн}$ и $\sigma_{сб}$ — предельные напряжения в ослабленном (нетто) и неослабленном (брутто) сечениях; $\sigma_{в}$ — временное сопротивление материала из образцов ($\sigma_{в} \approx 83,5$ МПа); $h_{тр}^*$ — глубина трещины. Между $\sigma_{сб}$ и $\sigma_{сн}$ существует очевидная следующая зависимость: $\sigma_{сб} = \sigma_{сн}(1 - h_{тр}^*/\delta)$. Необходимо отметить, что все образцы разрушались вдоль направления трещины (см. рис. 2).

Установлено, что с увеличением угла раскрытия царапины $\bar{\beta} = \frac{\beta}{\pi}$ прочность возрастает, в особенности при $\beta > 90^\circ$ (рис. 3, а).

Установлено, что образец с царапиной может иметь такую же прочность, как образец с трещиной при следующих условиях: $h_{\text{этр}} = K_3 h_\beta$ и $\delta_H^\beta = \delta_H^{\text{этр}}$, где $h_{\text{этр}}$ — эквивалентная глубина образца с трещиной; h_β — глубина царапины; K_3 — коэффициент эквивалентности; δ_H^β и $\delta_H^{\text{этр}}$ — остаточная толщина стенки элемента под царапиной и эквивалентной трещиной (рис. 3, б). При этом зависимость $K_3(\bar{\beta})$ описывается достаточно простой формулой: $K_3 = 1 - \bar{\beta}^2$.

В условиях проведенных испытаний на прочность образцов с трещиной и образцов с царапиной и трещиной (в ее вершине) практически одинаковы (см. рис. 2, б — светлые кружочки). Указанный факт соблюдался при условии, если $h = h_{\text{тр}}^*$ ($h = h_\beta + h_{\text{тр}}$) и $h_{\text{тр}} > 0,1\delta$. Прочность образцов с трещиной определяется известными методами, например регламентированными в ГОСТ 25.506—85, с использованием критериев механики разрушения. Однако в этом нормативном документе нет рекомендаций по влиянию на прочность элементов длины трещин l .

В коротких трещинах, царапинах и др. проявляется так называемый поддерживающий эффект [2, 3], способствующий повышению несущей способности элемента. "Поддерживающий" эффект оценивается символом Π_l , который определяется по формуле:

$$\Pi_l = (1 - m_h m_l) / (1 - m_h), \quad (1)$$

где $m_h = h/\delta$; $m_l = l/D$; D — диаметр цилиндрического элемента.

Эта формула справедлива при $m_l \leq 1$. Для длинных трещин ($m_l \geq 1,0$) предельное окружное напряжение определяется по формуле

$$\sigma_{\text{опр}} = \sigma_B \alpha_{\text{тр}} (1 - m_h), \quad (2)$$

где $\alpha_{\text{тр}}$ — параметр трещиностойкости, определяемый отношением разрушающих напряжений в нетто-сечении к временному сопротивлению σ_B ; $m_h = (h_\beta + h_{\text{тр}})/\delta$.

Для определения $\alpha_{\text{тр}}$ может быть использована следующая формула [4]:

$$\alpha_{\text{тр}} = 1 - 4m_h(1 - m_h)(1 - \alpha_{\text{тр}}^{(0,5)}), \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{тр}}^{(0,5)} = \alpha_{\text{тр}}$ при $m_h = 0,5$.

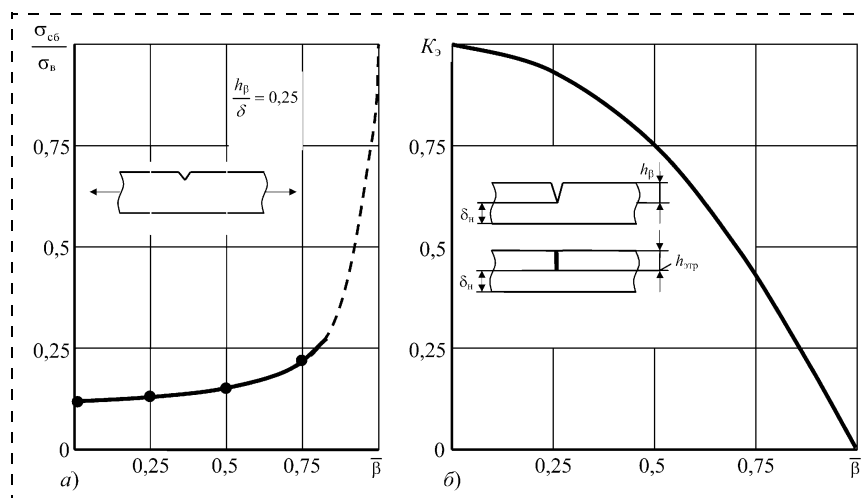


Рис. 3. Зависимости σ_c/σ_B и K_3 от $\bar{\beta}$

На основании выражений (1) и (2) получаем следующую функцию для определения прочности труб с короткими трещинами ($l < D$):

$$\sigma_{\text{опр}} = \sigma_B \alpha_{\text{тр}} (1 - m_h) \Pi_l. \quad (4)$$

При наличии в элементе вмятины и царапины в формулу (4) вводят поправочный коэффициент ($K_{\text{изг}}$) на возникающие дополнительные напряжения от изгибающего момента $M_{\text{изг}}$. Тогда формула (4) принимает следующий вид:

$$\sigma_{\text{опр}} = \sigma_B \alpha_{\text{тр}} (1 - m_h) \Pi_l K_{\text{изг}}. \quad (5)$$

Необходимо отметить, что для оценки напряженного и предельного состояний элемента с вмятиной и царапиной неправомерно простое суммирование напряжений от действия растягивающих напряжений, действия приложенного усилия Q и изгибающего момента $M_{\text{изг}}$, возникающего из-за вмятины. Кроме того, для оценки $M_{\text{изг}}$ необходимо знать геометрические параметры вмятины.

Таким образом, произведена оценка прочности труб с учетом характеристик металла и геометрических параметров царапин.

Список литературы

1. РД 39-0147103-387—87. Методика определения трещиностойкости материала нефтепроводов. — Уфа: ВНИИС-ПТнефть, 1987. — 59 с.
2. Зайнуллин Р. С., Морозов Е. М., Александров А. А. Критерии безопасного разрушения элементов трубопроводных систем. — М.: Наука, 2005. — 316 с.
3. Зайнуллин Р. С. Механика катастроф. Обеспечение работоспособности оборудования в условиях механохимической повреждаемости. — Уфа: МНТЦ "БЭСТС", 1997. — 426 с.

УДК 662.221

В. П. Самарина, канд. геол. наук, доц.,
Ставропольский технологический институт (филиал)
МИСиС (технологический университет)

Роль экологических проблем в обеспечении безопасности жизнедеятельности

В статье указываются причины возрастания роли экологических проблем при обеспечении безопасности жизнедеятельности. Обосновывается необходимость комплексного изучения состояния природной среды в районе действия крупнейших промышленных комплексов с целью дальнейшей разработки планов устойчивого развития регионов. Изучено экологическое состояние одного из регионов Курской магнитной аномалии, находящегося под воздействием разноплановой антропогенной нагрузки.

Развитие техногенного типа экономики привело к возникновению глобальных экологических проблем, которые в XXI веке могут привести к необратимым изменениям в среде обитания человека и угрожать самому существованию человечества. Таким образом, быстрые однонаправленные антропогенные изменения в природной среде, которые являются следствием хозяйственной деятельности человека, могут ухудшить обеспечение его жизнедеятельности, несмотря на общественные и технические усовершенствования.

Остановимся более подробно на причинах возрастания роли экологических проблем при обеспечении безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества в России. Прежде всего отметим рост внимания населения, некоторых общественных организаций, ученых к экологическим проблемам в последние десятилетия. В то же время в экономическом развитии России фактически игнорируются экологические проблемы. В структурах власти различных уровней, в основных документах, правительственных программах, национальных проектах, планах дальнейших реформ в экономике ему уделяется незначительное внимание.

Однако еще в утвержденной более десяти лет назад (в апреле 1996 г.) Концепции перехода РФ к устойчивому развитию отмечалась "необходимость и возможность осуществить в Российской Федерации последовательный переход к устойчивому развитию, обеспечивающему сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений людей" [3]. Затронутые в Концепции вопросы не потеряли актуальность. Анализируя совре-

менное состояние вопроса экологизации экономики — неотъемлемого фактора устойчивого развития, приходится согласиться с выводом С. Бобылева, что "современные тенденции экономического развития России являются скорее антиустойчивыми, их сохранение формирует сейчас и закрепляет на будущее неустойчивый тип развития экономики страны" [2].

По мнению автора, экология в свете решения экономических проблем призвана решать три основные задачи.

Первая — определение целесообразности и последовательности вовлечения тех или иных природных ресурсов в региональное производство, т. е. оценка природной среды в данном регионе как ресурса производства. Отметим, что ориентация экономики страны на добычу природных ресурсов актуализирует важность рассмотрения окружающей природной среды какого-либо региона именно как ресурса производства.

Вторая — определение влияния результатов вовлечения антропогенно преобразованной окружающей природной среды на затраты и экономический эффект производства. В этом случае окружающая природная среда выступает как фактор производства. С этих позиций антропогенно преобразованная окружающая природная среда определяет уровень воздействия на социально-экономическое развитие региона, влияние на здоровье и условия жизни населения, развитие производства. Можно выделить факторы прямого и косвенного влияния антропогенно преобразованной окружающей природной среды на развитие экономики. К факторам прямого влияния отнесем ускорение износа и разрушение основных фондов предприятий под воздействием агрессивных сред. Повышение агрессивности сред (кислые дожди, закисленные воды и т. д.) как раз и является следствием хозяйственной деятельности в регионе. Косвенное влияние проявляется в том, что преобразование окружающей природной среды приводит к ухудшению условий жизни и деятельности человека. Это в конечном итоге сказывается на экономическом развитии региона и страны в целом, поскольку крупные промышленные комплексы, являющиеся основными поставщиками загрязняющих веществ в окружающую среду, безусловно, являются "точками роста" всей экономики России.

Третья — оценка состояния окружающей природной среды в результате экономико-хозяйственной деятельности. В этой связи понятие окружающей природной среды качественно преобразуется. Полагаем, состояние природных сред может являться индикатором воздействия хозяйственной деятельности на определенную территорию.

Поясним, что в рассмотренном аспекте неразрывное единство экономики и социальной сферы предполагает определение степени безопасности жизнедеятельности населения.

Возрастание влияния экологических проблем на обеспечение безопасности жизнедеятельности, может носить объективный и субъективный характер.

Субъективные причины, на взгляд автора, вызваны в первую очередь ослаблением системы государственного регулирования качества природной среды, а также значительным снижением объемов финансирования программ, направленных на стабилизацию экологической ситуации в регионах и снижение вероятности экологических катастроф (внешние причины, независимые от управления и функционирования отдельных регионов России).

Внутренние причины порождены прежде всего неспособностью хозяйствующих субъектов реагировать на изменения условий функционирования и несовершенством системы управления природопользованием в целом. В результате накопилось множество взаимосвязанных проблем, затрудняющих рациональное использование природных ресурсов и отрицательно влияющих на повышение качества среды жизнедеятельности человека:

— недостаточная стабильность бюджетов региональных и федерального уровня, практическое отсутствие инвестиций со стороны крупного бизнеса в природоохранную сферу, и, как следствие, продолжающийся довольно длительный период спада производства в отраслях, обеспечивающих выпуск оборудования природно-хозяйственного назначения, привели к снижению стоимости основных производственных фондов большинства сооружений защиты окружающей среды. Очистные сооружения работают с недостаточной эффективностью, конструкция многих из них морально и физически устарела. В результате в природную среду попадает значительное количество загрязняющих веществ (ЗВ), происходят существенные изменения состояния атмосферы, поверхностных и подземных вод, деградация почв;

— недостаточная разработанность законодательной базы в области рационального природопользования, отсутствие единой государственной системы мониторинга природной среды, действующей на территории всей страны, несовершенство существующей системы оценок и нормирования качества природных объектов, недостаточный учет геоэкологических и социально-экономических факторов

при разработке месторождений полезных ископаемых приводят к отсутствию экологически обоснованного управления регионами;

— отсутствие государственной программы по повышению экологической культуры населения и подготовке специалистов в сфере рационального природопользования препятствуют развитию природоохранных мероприятий на местах, сказываются на государственном управлении и руководстве бизнесом всех уровней власти.

Среди объективных причин возрастания влияния экологических проблем на обеспечение безопасности жизнедеятельности Э. А. Арустамов выделяет следующие [1]:

— предельную способность земной природы к самоочищению и регуляции;

— физическую ограниченность земельной территории рамками одной планеты;

— отходность человеческого производства;

— необходимость познания и использование человеком законов развития природы.

Соглашаясь с мнением Э. А. Арустамова, подчеркнем следующее. В рамках обеспечения безопасности жизнедеятельности особенно значимым является "обратный эффект" экономического развития: влияние антропогенно преобразованной окружающей природной среды на здоровье и качество жизни населения определенной территории.

В этой связи остановимся более подробно на анализе состояния природной среды Старооскольского района Белгородской области, на территории которого находится один из крупнейших в России горнометаллургических комплексов (ГМК). Негативное воздействие на объекты природной среды заложено уже в самой сущности металлургического производства, к которому относится горнодобывающее, сталелитейное, электроплавильное, прокатное производство и др. Воздействие техногенных составляющих ГИК и сопутствующего производства характеризуется комплексностью и сильным воздействием на все компоненты природной среды: атмосферу, почвы и растительность, земную поверхность, подземные и поверхностные воды:

— аэродинамическое воздействие на природную среду оказывают организованные и неорганизованные выбросы в атмосферу газов и пыли, образовавшиеся в результате горного производства, обогащения и металлургических процессов;

— гидрогеологическое воздействие вызвано дренажем выработок; сбросом дренажных и сточных вод; водозабором для нужд обогатительных фабрик, металлургических заводов и др.; влиянием хвостохранилищ, водоотстойников и т. д.;

— геомеханическое воздействие связано с проведением горных выработок и извлечением полезных ископаемых, вмещающих и вскрышных пород, воз-



ведением отвалов; строительством промышленных и гражданских сооружений, дорог и коммуникаций;

— экологическое воздействие проявляется в том, что изменение природной среды приводит к ухудшению условий обитания растительного и животного мира; миграции и сокращению численности диких животных; вырубке лесов; снижению продуктивности сельского хозяйства.

Географически изучаемая территория (общей площадью около 1700 км²) расположена в южной части Среднерусской возвышенности. Оскольский регион является крупнейшим центром железорудного бассейна Курской магнитной аномалии. По физико-географическим характеристикам территория относится к типичным регионам Центрального Черноземья с континентальным климатом и недостаточной водностью территории.

Изучение физико-географической характеристики региона позволило выявить следующие особенности природной среды, определяющие ее реакцию на техногенное воздействие и влияющие на формирование ее качества:

— равнинный рельеф, благоприятный для аэротехногенного переноса ЗВ;

— особенности розы ветров, способствующих равномерному распространению ЗВ с воздушными потоками от основных источников загрязнений;

— атмосферные осадки, вымывающие из воздуха загрязняющие вещества антропогенного происхождения, в том числе, образовавшиеся при пылении отвалов мелко-мергельных вскрышных пород горно-обогатительных комбинатов, буровзрывных работах на карьерах, пылении дорог, в результате промышленных и коммунальных выбросов в атмосферу;

— наличие мощных черноземных почв — важнейшего геохимического барьера на путях миграции загрязнителей;

— высокие водопроницаемость и аэрация почв при недостаточной влагообеспеченности;

— обнажения меловых пород с высокими фильтрационными свойствами.

Антропогенная нагрузка на природные компоненты Оскольского региона, представляющая практически все виды воздействия (черная металлургия, горнодобывающая промышленность, транспорт, муниципальное и сельское хозяйство), осуществляется уже около 80 лет.

Особенностью промышленного освоения региона является его нацеленность на добычу и переработку железосодержащих руд. Ведущее место в инфраструктуре региона занимают горнометаллургические предприятия: Лебединский и Стойленский горно-обогатительные комбинаты (ГОКи) — крупнейшие горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия центра России, Оскольский электрометаллургический комбинат (ОЭМК). Применение на ОЭМК электроэнергетики в металлургических

процессах позволяет сократить объемы токсичных отходов, включая выбросы в атмосферу, по сравнению с другими предприятиями черной металлургии. Тем не менее деятельность даже такого совершенного комбината может вызвать стабильные по времени и обширные в пространстве изменения в природных средах.

Развитие производства неизбежно сопровождается ростом населенных пунктов, что обуславливает формирование загрязнителей коммунального происхождения. Благоприятные условия (мягкий континентальный климат, черноземные почвы, исторически сложившаяся сельскохозяйственная инфраструктура) способствуют развитию сельского хозяйства и предприятий по переработке сельхозпродукции.

Комплексная оценка экологического состояния Старооскольского района, проведенная автором [6], показала, что наличие селитебных и промышленных хозяйственных массивов, расположенных в западной части Оскольского региона, привело к наибольшим изменениям природных компонентов. Комплексное воздействие максимально выраженных негативных факторов отмечается в зонах влияния ГОКов, ОЭМК, промзоны, предприятий г. Старый Оскол. Здесь фиксируется наибольший выброс загрязняющих веществ в атмосферу и, как следствие, обширное загрязнение земной поверхности. Проведенные исследования выявили загрязненность почв токсичными солями, нефтепродуктами (особенно в местах скопления автотранспорта), тяжелыми металлами I и II классов опасности. Геохимическая аномалия в радиусе от 300 до 1500 м обрамляет хвостохранилище ГОКов, непосредственно карьеры и прилегающие отвалы.

В зоне хвостохранилищ за счет процессов инфильтрации произошел подъем подземных вод более чем на 50 % от природного уровня. В то же время сформировавшаяся в результате глубинного дренажа подземных вод депрессионная воронка изменила глубину залегания сеноман-альбского и маастрихт-туронского водных горизонтов так же более чем на 50 %. Здесь же фиксируется наибольшая степень антропогенного морфогенеза территории, проявляющегося как в виде понижения рельефа (карьеры глубиной до 300 м), так и в виде его повышения (отвалы высотой до 60 м). При отработке карьеров формируются дренажные и рудничные воды, минерализация которых на 0,2—0,3 г/л выше минерализации естественных подземных вод.

Качественные и количественные изменения природной среды становятся важными факторами изменения гидрохимических характеристик рек, являющихся, по сути, коллекторами загрязнения всего региона. Поверхностные водотоки, особенно реки Осколец и Чувичка, значительно загрязненные взвешенными веществами, нефтепродуктами, органи-

ческими соединениями, тяжелыми металлами, отнесены к разряду техногенных водотоков.

За счет воздушных переносов и распространения загрязняющих веществ в поверхностных водотоках вблизи источников загрязнения сформировались зоны с проявлением максимального числа факторов антропогенной нагрузки высокого уровня интенсивности, на расстоянии 3—5 км от источников загрязнений — с проявлением антропогенной нагрузки среднего уровня по загрязнению воздуха, поверхностных вод, почв. Наименьшему техногенному влиянию подвержены лесные и луговые природно-территориальные комплексы, расположенные на юге и востоке Оскольского региона. Здесь экологические показатели состояния природных сред наиболее близки естественным [5].

Изменения природных сред, выявленные при комплексном экологическом исследовании Старооскольского района, могут вызывать так называемые средовые болезни. Эти болезни являются результатом конфликтных ситуаций между компонентами геологической среды, элементами биосферы и человеком. Исследования, фиксирующие реакцию человеческого организма на внешние воздействия, выявили значительное количество случаев рака легких, кожи и нижней губы. По оценкам специалистов [4, с. 154], такие заболевания являются следствием комбинированного воздействия малых доз канцерогенов. На территории Старооскольского района, помимо профессиональной вредности, значимыми признаны следующие факторы, определяющие онкопатию: загрязнение атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод.

В зоне действия промышленных предприятий Старооскольского района наиболее изучен так называемый профессиональный рак [4, с. 154—160], что объясняется благоприятными условиями для сбора информации: наличие подробных данных о мощном канцерогенном воздействии, ограниченный контингент контактеров с этим воздействием, регулярные наблюдения, позволяющие изучить течение болезни ретроспективно и перспективно.

"Коммунальные" канцерогенные воздействия, с которыми человек сталкивается в повседневной жизни, в настоящее время изучены недостаточно. Комплексное загрязнение окружающей среды дает мультипликативный эффект, усиливающий способность канцерогенов проникать в организм человека. По нашему мнению, происходит недооценка этого фактора, связанная, прежде всего, со значительными методологическими трудностями изучения данного вопроса.

* * *

Проведенные на территории Старооскольского района исследования показали, что крупномасштабное антропогенное преобразование природно-тер-

риториального комплекса способно существенно трансформировать естественные процессы формирования природной среды, становясь одним из ведущих средообразующих факторов. Ведущая роль решения экологических проблем в обеспечении безопасности жизнедеятельности людей на территории, испытывающей влияние крупного промышленного комплекса, очевидна.

Как было указано, все виды хозяйственной деятельности, осуществляемой на территории Оскольского региона, так или иначе, приводят к качественному и количественному истощению природных ресурсов; способность к самоочищению природных сред снижена, происходит аккумуляция ЗВ в почвах, поверхностных и подземных водах. Отходы производства не только складываются на территории района, но и переносятся с водными и воздушными потоками на значительные расстояния. Так, при отработке карьеров буровзрывным способом перемещенные из недр в атмосферу элементы мигрируют в виде пылевых частиц различного диаметра и водных коллоидов и переносятся на расстояние более 75 км.

Следует особо подчеркнуть, что в Старооскольском районе не осталось естественных, не подверженных антропогенному преобразованию природных объектов — хозяйственно-экономическая деятельность привела к значительным, иногда необратимым изменениям в природной среде; количественные оценки фиксируют здесь устойчивую тенденцию к ухудшению состояния среды жизнедеятельности людей. Аналогичная ситуация нередко наблюдается на территориях промышленных комплексов различной функциональной ориентации, где на относительно небольшой территории сконцентрированы предприятия по добыче и переработке природных ресурсов.

Отметим тесную взаимосвязь состояния окружающей среды Старооскольского района, являющегося старопромышленным районом, и степени проявления онкопатии. Несмотря на то, что основным фактором, вызывающим средовые болезни, является профессиональная вредность, экологические проблемы создают дополнительную канцерогенную нагрузку на организм человека, снижая уровень безопасности жизнедеятельности.

В то же время, экономическое развитие региона предопределяет дальнейшее развитие горно-металлургического комплекса, расширение горных разработок, интенсификацию деятельности промышленных предприятий, что в свою очередь неизбежно приведет к возрастанию антропогенной нагрузки на его территорию. В регионе возникла насущная необходимость решения проблем стабилизации социально-экономического развития, осуществляемого без разрушения его природной основы — суть концепции устойчивого развития [3].



В целом следует отметить, что ориентированность экономической политики России на развитие отраслей, связанных с добычей и первичной переработкой полезных ископаемых, наращивание экспорта природных ресурсов, вовлечение в хозяйственный оборот все новых территорий, и, как следствие, разрушение природных биоценозов, изменение структуры народного хозяйства, вызванное возрастанием роли добывающего производства, неизбежно вызовет ухудшение качества среды обитания человека. В перспективе вызывает опасение возможное закрепление сырьевого характера экономики страны при вступлении в ВТО. Сложившаяся негативная экологическая ситуация требует глубоких структурно-экономических изменений, инновационных трансформаций в политике рационального природопользования. Только в этом случае возможно обеспечение оптимальных условий жизнедеятельности человека.

Список литературы

1. **Безопасность** жизнедеятельности / Под ред. проф. Э. А. Арустамова. — 11-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2006. — 476 с.
2. **Бобылев С.** Россия на пути антиустойчивого развития? // Вопросы экономики. — 2004. — № 2. — С. 43.
3. **Концепция** перехода к устойчивому развитию. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 г. № 440 // Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Экологический вызов и устойчивое развитие. — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — С. 389—396.
4. **Косинова И. И.** Теоретические основы крупномасштабных экологических исследований. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1998. — 225 с.
5. **Самарина В. П.** Влияние горно-металлургического комплекса на состояние окружающей природной среды региона // Экология и промышленность в России. — 2007. Сентябрь. — С. 40—43.
6. **Самарина В. П.** Оценка качества природно-хозяйственной системы (на примере Оскольского региона).— Старый Оскол: ООО "ТНТ", 2006. — 148 с.

УДК 620.179.15

В. И. Боченин, д-р техн. наук, проф.,
Курганский государственный университет

Радиоизотопный экспресс-анализатор оценки допустимого содержания серы в дизельном топливе, обеспечивающего минимальную загрязненность окружающей среды

Описан портативный радиоизотопный экспресс-анализатор серы в дизельном топливе с системой просвечивания. Физическая сущность его основана на просвечивании жидкости контролируемой среды тормозным гамма-излучением циркониево-тритиевой мишени ($^{88}\text{Zr}/^{90}\text{Zr}$) с энергией фотонов 10 кэВ. Разработан радиоизотопный датчик с геометрией узкого пучка, позволяющий снизить фон рассеянного излучения и повысить чувствительность анализа. Высокая экспрессность анализа дает возможность контролировать процесс очистки топлива от серы на нефтеперерабатывающих предприятиях.

При производстве дизельного топлива из нефтепродуктов содержание серы в нем должно быть ниже допустимого уровня. Очистку топлива от серы на нефтеперерабатывающем предприятии ведут в основном на основе данных химического анализа. Такой контроль требует наличия специальной химической лаборатории с дорогостоящим оборудовани-

ем. Кроме того, низкая экспрессность химического анализа не может быть эффективно использована для управления производственным процессом очистки. Учитывая изложенное, разработан портативный радиоизотопный экспресс-анализатор серы, не требующий наличия специальной лаборатории и дорогостоящего оборудования. Физическая сущность контроля с помощью анализатора основана на просвечивании дизельного топлива гамма-квантами радионуклида. Так как поглощение гамма-квантов в контролируемой среде атомами серы намного больше, чем углеводородов, то содержание ее определяется по определению массового коэффициента ослабления. Реализация способа основана на сравнительном приеме измерений с использованием эталонной пробы с известным содержанием серы (C_s), массовым коэффициентом ослабления (μ_s) и плотностью (ρ_s).

Установлено [1], что при выполнении измерений способом просвечивания наиболее эффективной считается геометрия узкого пучка, обеспечивающая минимальную погрешность контроля. При таких

условиях поток гамма-квантов, прошедший через кювету с жидкой контролируемой средой

$$N_k = N_0^k e^{-\mu_k \rho_k d_k}, \quad (1)$$

где N_0^k — начальный поток гамма-квантов, прошедший через густую кювету; μ_k — массовый коэффициент ослабления гамма-лучей в контролируемой среде; ρ_k — плотность дизельного топлива в анализируемой пробе; d_k — уровень жидкого топлива в кювете.

Аналогичное равенство получим при просвечивании эталонного топлива потоком гамма-квантов:

$$N_э = N_0^э e^{-\mu_э \rho_э d_э}, \quad (2)$$

где $N_0^э$ — начальный поток гамма-квантов, прошедших через эталонное топливо; $\mu_э$, $\rho_э$, $d_э$ — массовый коэффициент ослабления, плотность, толщина эталонной пробы, соответственно.

Логарифмируя равенства (1, 2), будем иметь

$$\ln \frac{N_0^k}{N_k} = -\mu_k \rho_k d_k, \quad (3)$$

$$\ln \frac{N_0^э}{N_э} = -\mu_э \rho_э d_э. \quad (4)$$

Из выражений (3, 4) получим

$$\mu_k = \frac{\ln \frac{N_0^k}{N_k} - \ln \frac{N_0^э}{N_э}}{\rho_k d_k} + \mu_э \frac{\rho_э d_э}{\rho_k d_k}. \quad (5)$$

При $d_k = d_э$ формула (5) примет вид

$$\mu_k = \frac{\ln \frac{N_0^k}{N_k} - \ln \frac{N_0^э}{N_э}}{\rho_k d_k} + \mu_э \frac{\rho_э}{\rho_k}, \quad (6)$$

а при $N_0^k = N_0^э$, из равенства (6) получим

$$\mu_k = \frac{2,3 \cdot \ln \frac{N_k}{N_э}}{\rho_k d_k} + \mu_э \frac{\rho_э}{\rho_k}. \quad (7)$$

Так как в качестве эталона используется топливо с $\rho_э$, равной плотности контролируемых проб ρ_k , то формула (7) в окончательном варианте примет вид

$$\mu_k = \frac{2,3 \cdot \ln \frac{N_k}{N_э}}{\rho_k d_k} + \mu_э. \quad (8)$$

Структурная схема радиоизотопного анализатора с геометрией узкого пучка приведена на рис.1. В дат-

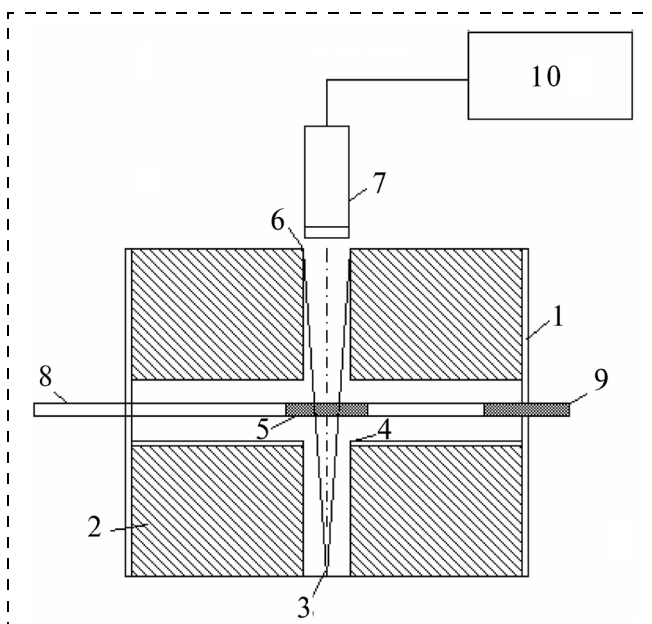


Рис. 1. Структурная схема датчика системы просвечивания узким пучком гамма-лучей

чике 1, смонтированном в выносном варианте, установлен контейнер из свинца 2, обеспечивающий биологическую защиту от радиоактивного излучения радионуклида 3. Для создания узкого пучка гамма-кванты пропускаются через два коллиматора, изготовленных из свинца. Первый (4) направляет γ -излучение от радионуклида 3 к контролируемой среде 5, а второй (6) — от пробы к пропорциональному детектору 7 типа СИ-6Р [2]. На перемещающемся прободержателе 8 смонтированы два идентичных гнезда, в которые устанавливаются кюветы с контролируемой 5 и эталонной 9 пробами. Сигнал с детектора 7 подается в портативный гамма-спектрометр 10, собранный на транзисторах. По индикаторному прибору, а также по скорости счета на выходе гамма-спектрометра измеряется поток проникающего излучения (N_k , $N_э$).

Настройку регистрирующей установки выполняли по образцам дизельного топлива с известным содержанием серы и плотностью. Сущность ее сводилась к получению экспериментальной зависимости между μ_k и коэффициентами $k_i = C_i^k / C_э$. Для этой цели использовалось 12 образцов дизельного топлива марки "А" [3] с известным содержанием серы в каждом (C_i^k) и плотностью 0,835 г/см³. В качестве эталона применили один образец с максимальным содержанием серы ($C_э = 0,48\%$) и массовым коэффициентом ослабления, равным $\mu_э = 29$ см²/г. Затем были рассчитаны коэффициенты k_i путем деления содержания серы в каждом образце на концентрацию ее в эталоне.



Для системы просвечивания подбирали гамма-излучающий радионуклид, обеспечивающий линейность аналитической зависимости между μ_k^k и k_i . Предварительно опробовали применимость радионуклида ^{55}Fe (активность $3 \cdot 10^{10}$ Бк) с энергией фотонов 5,9 кэВ. В прободержатель 8 (см. рис. 1) устанавливали две идентичных кюветы 5 и 9, наполненные до уровня d_k дизельным топливом. При просвечивании гамма-квантами контролируемой пробы 5 в канале гамма-спектрометра 10 регистрировали скорость счета (имп/сек) на максимуме энергетического спектра радионуклида ^{55}Fe (N_k). Смещая прободержатель 8 влево, просвечивали эталонный образец 9, регистрируя N_3 . Определив отношение N_k/N_3 , по формуле (7) рассчитывали массовый коэффициент ослабления μ_k . По результатам измерений строили аналитический график (рис. 2), связывающий массовый коэффициент ослабления μ_k с коэффициентами k_i . Из рассмотрения полученных результатов (кривая 1) следует, что применимость радионуклида ^{55}Fe не обеспечивает получения линейного аналитического графика. Дальнейшие измерения при просвечивании топлива гамма-квантами тормозного излучения циркониево-титановой мишени ($^3\text{H}/\text{Zr}$) позволили получить линейный аналитический график (кривая 2). Однако при просвечивании гамма-квантами этого радионуклида ($E = 10$ кэВ) существенное влияние на результаты измерения оказывал фон рассеянных фотонов. Для его снижения подбирали коллиматоры различных диаметров. В таблице отражены результаты определения серы, содержащейся в эталонных образцах, радиоизотопным способом. Как видно, применимость коллиматоров диаметром 6 мм обеспечивает минимальные отклонения данных радиоизотопного способа от содержания ее в эталонных образцах.

Изложенные результаты исследования позволили создать методику промышленного экспресс-анализа серы. Суть ее сводилась к установке малогабаритной регистрирующей аппаратуры (масса 4 кг) с автономным питанием 12 В в различных участках нефтехимического производства. В зависимости

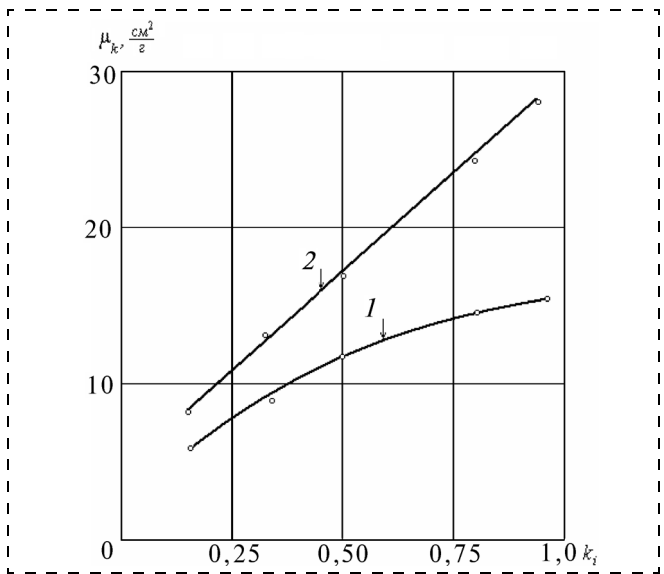


Рис. 2. Зависимость массового коэффициента ослабления μ_k от коэффициента k_i

от марки топлива (Л, З, А) предварительно осуществлялась настройка аппаратуры по эталонным образцам. В результате строился аналитический график (см. рис. 2). В кювету 9 датчика 1 (см. рис. 1) наливали до фиксированного уровня топливо с максимальным содержанием серы и известным значением μ_3 и на протяжении всего времени измерений этот образец не снимали. Контролируемые пробы топлива отбирали с помощью специального прободержателя, наливая каждую в кювету 5. Просвечивая ее гамма-квантами радионуклида $^3\text{H}/\text{Zr}$, с помощью индикаторного прибора гамма-спектрометра 10 измеряли поток проникающего излучения N_k . Далее смещали прободержатель 8 влево, просвечивали эталонную пробу 9, регистрируя N_3 . По формуле (7) рассчитывали μ_k , а по графику (см. рис. 2) определяли коэффициент $k_i = C_i^k/C$. Содержание серы находили по равенству

$$C_i^k = C_3 k_i \quad (9)$$

Отклонение результатов радиоизотопного анализа серы от ее содержания в эталонных образцах с использованием коллиматоров различного диаметра

Номер	Содержание серы в каждом образце, %	Содержание серы по данным радиоизотопного анализа, %			Отклонение от содержания в эталонных образцах, %		
		Диаметр 10 мм	Диаметр 8 мм	Диаметр 6 мм	Диаметр 10 мм	Диаметр 8 мм	Диаметр 6 мм
1	0,29	0,36	0,34	0,3	+0,07	+0,05	+0,01
2	0,31	0,41	0,28	0,32	+0,1	-0,03	+0,01
3	0,35	0,4	0,43	0,33	+0,05	+0,08	-0,02
4	0,37	0,23	0,26	0,34	-0,14	-0,11	-0,03
5	0,39	0,28	0,23	0,41	-0,11	-0,16	+0,02
6	0,41	0,44	0,45	0,4	+0,03	+0,04	-0,01
7	0,45	0,5	0,47	0,43	+0,05	+0,02	-0,02
8	0,48	0,43	0,52	0,5	-0,05	+0,04	+0,02
9	0,5	0,45	0,46	0,51	-0,05	-0,04	+0,01
10	0,53	0,58	0,48	0,52	+0,03	-0,05	-0,01
11	0,56	0,5	0,51	0,54	-0,04	-0,05	-0,02
12	0,57	0,62	0,65	0,55	+0,05	+0,11	-0,02



Экспрессность составила 2,5...3 мин на одно определение серы с учетом пробы.

В заключение следует отметить, что предлагаемый способ позволяет контролировать процесс очистки дизельного топлива от серы. Высокая экспрессность его дает возможность оперативно вмешиваться в процесс производства дизельного топлива. Регистрирующая аппаратура является малогабаритной (масса ее 4 кг), что позволяет быстро перемещать ее в различные участки промышленного производства. К достоинствам ее следует отнести также возможность автономного питания электронных узлов, что

существенно снижает аппаратную погрешность. Биологическая защита датчика обеспечивает допустимый уровень радиации от радиоизотопного источника.

Список литературы

1. Боченин В. И. Радиоизотопный контроль качества в металлургии. — М.: Металлургия, 1988. — 214 с.
2. Леман Е. П. Рентгено-радиометрический метод опробования месторождений цветных и редких металлов. — Л.: Недра, 1978. — 224 с.
3. Топливо, смазочные материалы, технические жидкости: Справочник / Под ред. В. М. Школьникова. — М.: Центр "Техинформ" Международной Академии Информатизации, 1999. — 599 с.

УДК 614.824

Т. Р. Тюменев, С. И. Поникаров, д-р техн. наук, проф., В. С. Гасилов
Казанский государственный технологический университет

Поведение облаков нагретых тяжелых газов

Исследуется поведение и характер распространения облаков нагретых тяжелых газов путем численного моделирования. На основе полученных результатов делается вывод о том, что данные газы могут быть причислены к категории "легких газов".

Поведение нагретых тяжелых газов представляет интерес, так как их плотность в нагретом состоянии меньше плотности окружающего воздуха и их поведение будет отличаться от поведения тяжелых газов при температуре окружающей среды.

В настоящее время существуют и применяются инженерные методики для расчета распространения выбросов в атмосфере, например, методика ОНД-86 [1], согласно которой есть возможность задать начальную температуру выброса. Но как считают авторы, эта методика мало пригодна для расчета аварийных выбросов опасных химических веществ (ОХВ), так как и не создавалась для этого. В основу другой методики Токси-2 [2] также, как и в разрабатываемой в настоящее время методике Токси-3, положена "модель рассеяния тяжелого газа" (см. например методика [3]), которая в принципе не рассматривает случаи с легкими и нагретыми тяжелыми газами.

Постановка задачи. Требовалось установить общие закономерности распространения облаков нагретых тяжелых газов. Исследовались тяжелые газы, которые широко используются в промышленности и зачастую находятся при повышенных температурах. Сероводород H_2S (при температуре $105^\circ C$ в процессе очистки нефтяного газа от кислых газов), диоксид серы SO_2 и триоксид серы SO_3 (при тем-

пературах 440 и $606^\circ C$ соответственно в процессе окисления диоксида серы до триоксида в производстве серной кислоты). Относительная плотность γ газов H_2S , SO_2 и SO_3 составляет $1,19$; $2,26$ и $2,76^*$ при температуре окружающей среды, а в нагретом состоянии — $0,92$; $0,87$ и $1,00$ соответственно. В рамках общего исследования поведения легких и нейтральных газов и для сравнения с нагретыми тяжелыми газами было рассчитано распространение облаков легкого фторводорода HF ($\gamma = 0,69$) и нейтрального монооксида углерода CO ($\gamma = 0,97$) при температуре окружающей среды. И фторводород, и монооксид углерода используются в промышленности. Первый — в производстве суперфосфатов алюминия, урана, бериллия и марганца, второй — в производстве метанола и других спиртов. Монооксид углерода вместе с хлором служит сырьем для получения фосгена [4]. И первый, и второй могут представлять опасность при авариях на этих производствах.

Рассматривался мгновенный выброс газа и последующее распространение первичного облака. Масса выброса принималась во всех численных опытах одинаковой и равной 9500 кг. Данное значение было принято для удобства сравнения полученных облаков с первичными облаками аммиака из предыдущих статей [5, 6].

Численное моделирование выброса производилось в пакете FLUENT с использованием стандартной $k-\epsilon$ модели турбулентности [7]. Задавались материал подстилающей поверхности — земля и шероховатость этой поверхности — $0,01$ м. Состояние атмосферы — изотермическое. Для установле-

*В статье плотности газов приведены в г/дм³.



ния влияния состояния атмосферы на поведение облаков нагретых тяжелых газов, был произведен расчет распространения облаков сероводорода при инверсии. При инверсии разница между температурой атмосферы и земли составляла 3 °С. Также был произведен сравнительный расчет распространения ненагретого сероводорода. Использовалась структурированная сетка со сгущением ячеек вблизи земли и источника. Для экономии времени и вычислительных ресурсов рассчитывалась симметричная задача с осью симметрии по оси выброса, т. е. фактически производился расчет половины рабочей области. Тем не менее, количество ячеек сетки составило 97,5 тыс. шт.

Так как рассматриваются нагретые газы при нормальном атмосферном давлении, то "модель идеального газа", на наш взгляд, вполне корректно описывает поведение газа в атмосфере. Температура атмосферы в опытах равнялась 20 °С, в опыте с распространением триоксида серы — 45 °С. Последнее значение принято для исключения конденсации паров SO₃, так как его температура кипения равна 44,75 °С. Однако такая температура воздуха имеет место в летние дни в Средней Азии. Возможное образование капель кислоты при взаимодействии HF и SO₃ с парами воды в атмосфере не учитывалось.

Были произведены расчеты при скоростях ветра на высоте 10 м со значениями 1, 2, 3, 4, 5 и 10 м/с. Время экспозиции принималось равным 10 мин.

В качестве внешней границы облаков задавались линии изоконцентрации, соответствующие пороговой токсодозе газов H₂S, SO₂, SO₃, HF и CO (соответственно 16,1; 1,8; 1,8; 4,0 и 15 г·мин/м³ [8]) при времени экспозиции 10 мин (PCt10).

Результаты и анализ. Результаты численного моделирования превзошли ожидания. Облака нагретых тяжелых газов вели себя как легкие, т. е. были плавучими, причем эта плавучесть была выше, чем у облаков легкого фторводорода. Последний факт не очевиден, если сравнивать только относительные плотности газов H₂S, SO₂, SO₃ и HF (соответственно, 0,92; 0,87; 1,00 и 0,69), но он отчетливо виден, если сравнивать рис. 1—3, 5—7 и рис. 4, 8 (см. 2-ю стр. обложки). На всех приведенных рисунках расстояние между нижней и верхней границами области равно 1000 м.

Облако сероводорода очень быстро "растаяло" (см. рис. 1, 5), что, скорее всего, объясняется не большей склонностью к рассеянию, а на порядок большим по сравнению с другими исследованными газами значением пороговой токсодозы, которая и определяет внешнюю границу облаков на рисунках. Сравнительный расчет сероводорода при инверсии показал очень малое влияние состояния атмосферы на поведение нагретого тяжелого газа. Сравнительный расчет исследуемых тяжелых газов в ненагретом состоянии, показал, что они ведут себя как обыч-

ные тяжелые газы, т. е. у них наблюдается отрицательная плавучесть, и они растекаются по земле.

Несмотря на то, что в начальный момент плотность триоксида серы была равна плотности окружающего воздуха, а с течением времени, вследствие остывания облака, она росла, облако SO₃ обладало наибольшей плавучестью по сравнению с другими газами (см. рис. 3, 7), что можно объяснить высокой начальной температурой (606 °С). В опыте при скорости $v = 5$ м/с спустя 3 мин после выброса (см. рис. 7) разница между температурой окружающей среды и облака составляла менее 2 °С, однако при этом доля воздуха в облаке составляла 99 %. Очевидно, что при таком соотношении облако газовой смеси будет легче окружающего воздуха и иметь неплохую плавучесть.

Влияние температуры очень хорошо было заметно из сравнения облаков нагретых газов с облаками монооксида углерода. Последние, имея температуру равную температуре окружающей среды, не обладают столь значительной плавучестью.

Выводы. Из проведенных численных опытов можно заключить, что плавучесть облака нагретого тяжелого газа в большей степени определяется его начальной температурой, чем плотностью газа при нормальных условиях. Необходимо учитывать плавучесть нагретых тяжелых газов, так как она позволяет облакам распространяться на значительные расстояния от места выброса.

Поведение и характер распространения облаков нагретых тяжелых газов позволяет причислить эти газы к категории "легких газов". Эту их особенность следует учитывать при оценке безопасности технологических процессов.

Список литературы

1. **ОНД-86.** Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.
2. **Методика** оценки последствий химических аварий (методика Токси-2). — М.: НТЦ "Промышленная безопасность", 1999.
3. **Шаталов А. А., Лисанов М. В., Печеркин А. С.** и др. Методика распространения аварийных выбросов, основанная на модели рассеяния тяжелого газа // Безопасность труда в промышленности. — 2004. — № 9.
4. **Маршалл В.** Основные опасности химических производств: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989.
5. **Тюменев Т. Р., Поникаров С. И., Гасилов В. С.** Исследование влияния скорости ветра и застройки на распространение облаков легких газов численным моделированием // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 11.
6. **Тюменев Т. Р., Поникаров С. И., Гасилов В. С.** Исследование влияния скорости ветра на распространение облаков легких газов при помощи численного моделирования // Материалы межвуз. научно-практ. конференции студентов и аспирантов. — Нижнекамск. хим.-технол. ин-т, 2006.
7. **Тюменев Т. Р., Поникаров С. И., Гасилов В. С.** Прогнозирование распространения облаков легких и нейтральных ОХВ в условиях устойчивой атмосферы при помощи численного моделирования // Вестник КГТУ. — 2006.
8. **РД 52.04.253—90.** Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте.

УДК 662.997

Т. В. Щукина, канд. техн. наук, доц.,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Аккумуляция энергии в экологически безопасных системах солнечного теплоснабжения сооружений

Предложено в конструкции пластинчатого теплообменника для двухконтурной гелиосистемы применить аккумулярующий материал. Представлено аналитическое решение режима теплопроводности при выделении теплоты в процессе кристаллизации вещества для компенсации пиковых потреблений горячей воды. Полученное изменение температуры в пластине солевого раствора при его фазовом переходе подтверждает целесообразность совмещения функций хранения и передачи теплоты в одном устройстве.

Нетрадиционное теплоснабжение объектов предполагает применение аккумуляторов теплоты, в которых уловленная солнечная энергия при нестабильных климатических условиях могла бы храниться длительный срок. Этого можно достичь при подборе химически активных компонентов, общий состав которых способен выделять теплоту фазового перехода при соответствующем воздействии катализатора в необходимый момент времени. Структурное восстановление применяемых для хранения тепловой энергии веществ предполагает температурную обработку теплоносителем, поступающим из коллектора при интенсивной солнечной радиации.

Для двухконтурных гелиосистем целесообразно аккумулятор теплоты совмещать с конструкцией теплообменника, в котором происходит передача теплоты от теплоносителя, циркулирующего через коллектор, к воде, направляемой к потребителю. Пластинчатые теплообменники, получившие широкое распространение по своим высоким теплотехническим показателям и компактности, могут быть использованы и в данном случае. Для этого необходимо заполнить полости нескольких пластин химическим составом, который может менять агрегатное состояние при невысоких температурах.

Аккумуляционную способность вещества, претерпевающего фазовые превращения в процессе теплообмена с первичным и вторичным теплоносителями системы солнечного теплоснабжения, можно оценить, если воспользоваться уравнением теплопро-

водности при процессе кристаллизации [1, 2], записав его как для твердого, так и для жидкого состояния

$$\frac{\partial T_1}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где T_1, T_2 — температура, соответственно твердого и жидкого состояния аккумулярующего вещества, °С; τ — время, с; a_1, a_2 — температуропроводность соответственно твердого и жидкого состояния аккумулярующего вещества, м²/с.

Так как предлагается использовать вертикальные пластины, заполненные теплоаккумулирующим веществом, то условия фазового перехода последнего будут соответствовать схеме кристаллизации, изображенной на рис. 1.

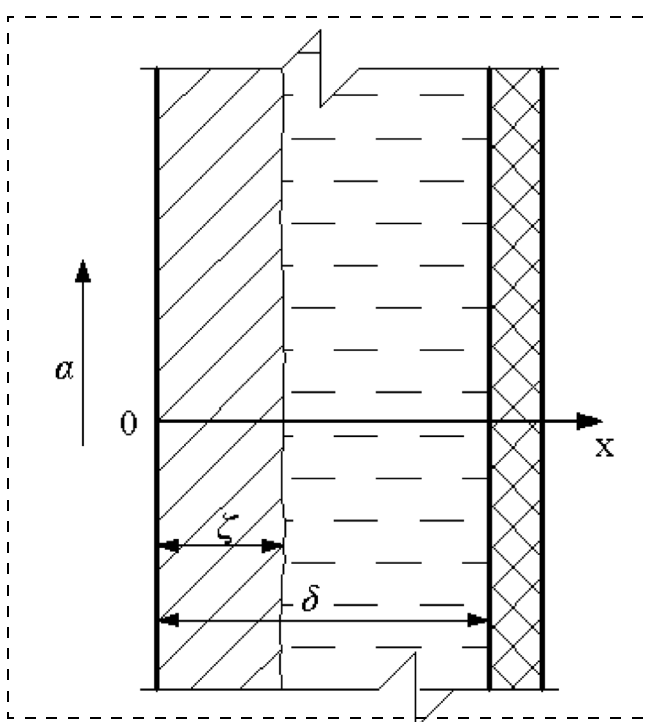


Рис. 1. Схема кристаллизации аккумулярующего вещества



Предположим, что между теплоаккумулирующим веществом и средой, его омывающей, размещена тонкая разделяющая оболочка с высоким коэффициентом теплопроводности, теплотехнические характеристики которой позволяют пренебречь ее термическим сопротивлением в процессе теплообмена. Поверхность фазового перехода между твердым и еще находящимся в жидком состоянии теплоаккумулирующего вещества, обозначенная на рис. 1 через ξ , при кристаллизации перемещается от 0 до толщины пластины δ , которая с внешней стороны, т. е. при $x \geq \delta$ имеет высокоэффективную изоляцию. Следовательно, уравнения (1) и (2) записаны, соответственно, для $0 \leq x \leq \xi(\tau)$ и $\xi(\tau) \leq x \leq \delta$. В этом случае граничные условия для твердой фазы будут иметь вид:

$$\text{при } x = \xi, T_1 = T_\Phi; \quad (3)$$

$$\text{при } x = 0, \left. \frac{\partial T_1}{\partial x} \right|_{x=0} = -\frac{\alpha}{\lambda_1} (T_\Pi - T_\text{ж}); \quad (4)$$

$$\text{при } x = \delta, \left. \frac{\partial T_1}{\partial x} \right|_{x=\delta} = 0, \quad (5)$$

где λ_1 — теплопроводность твердого материала, Вт/(м·К); α — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); T_Φ , T_Π — температуры, соответственно фазового перехода и поверхности аккумулирующей пластины при $x = 0$, К; $T_\text{ж}$ — температура нагреваемой жидкости, К.

Если воспользоваться интегральным методом теплового баланса [1] для кристаллизованной части аккумулирующего вещества, когда $0 \leq x \leq \xi(\tau)$, то искомое решение должно удовлетворять осредненному уравнению, т. е. выражению (1), умноженному на dx и проинтегрированному по x от $x = 0$ до $x = \xi(\tau)$ [1].

$$\int_0^{\xi(\tau)} \frac{\partial T_1}{\partial \tau} dx = a_1 \int_0^{\xi(\tau)} \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} dx. \quad (6)$$

Проинтегрировав уравнение (6), имеем

$$\begin{aligned} & \frac{d}{d\tau} [\theta_1 - T_{1,0}\xi(\tau)] = \\ & = a_1 \left[\frac{\partial T_1}{\partial x}(\xi, \tau) - \frac{\partial T_1}{\partial x}(0, \tau) \right], \end{aligned} \quad (7)$$

где $\theta_1 = \int_0^{\xi(\tau)} T_1(x, \tau) dx$; $T_{1,0}$ — начальная температура, $T_1(x, 0) = T_{1,0}$.

Примем, что при $\tau = 0$ начнется процесс кристаллизации аккумулирующего вещества, тогда $T_0 = T_\Phi$.

Решение дифференциального уравнения (7) с граничными условиями (3—5) ищем в виде многочлена второй степени

$$T_1 = h_0 + h_1x + h_2x^2, \quad (8)$$

где h_i ($i = 0, 1, 2$) — коэффициенты, в общем случае зависящие от времени.

Подставляя в условия (3—5) получим систему трех линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов h_i , решив которую имеем

$$\begin{aligned} T_1(x, \tau) = & T_\Phi + \frac{\alpha}{\lambda_1} (T_\Pi - T_\text{ж})(\xi - x) - \\ & - \frac{\alpha}{2\lambda_1\delta} (T_\Pi - T_\text{ж})(\xi^2 - x^2). \end{aligned} \quad (9)$$

Интеграл теплового баланса (6, 7) [1] с учетом граничных условий (3—5) и уравнения

$$\begin{aligned} \theta_1 = \int_0^{\xi} T_1(x, \tau) dx = & T_\Phi \xi + \frac{\alpha}{2\lambda_1} (T_\Pi - T_\text{ж}) \xi^2 - \\ & - \frac{\alpha}{3\lambda_1\delta} (T_\Pi - T_\text{ж}) \xi^3, \end{aligned} \quad (10)$$

преобразуется в следующее обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка относительно $\xi(\tau)$

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} \left(\frac{\alpha}{2\lambda_1} (T_\Pi - T_\text{ж}) \xi^2 - \frac{\alpha}{3\lambda_1\delta} (T_\Pi - T_\text{ж}) \xi^3 \right) = \\ = a_1 \frac{\alpha}{\lambda_1} (T_\Pi - T_\text{ж}). \end{aligned} \quad (11)$$

В уравнении (11) переменные легко разделяются, и решение имеет вид

$$-\frac{\xi^3}{3\delta} + \frac{\xi}{2} = a_1\tau. \quad (12)$$

Из выражения (12) можно определить положение фронта превращения в процессе кристаллизации, если воспользоваться формулой Кардано [2]

$$\begin{aligned} \xi = & \sqrt[3]{-\frac{1}{8} + \frac{3}{2}a_1\tau + \sqrt{-\frac{3}{8}a_1\tau + \frac{9}{4}(a_1\tau)^2}} + \\ & + \sqrt[3]{-\frac{1}{8} + \frac{3}{2}a_1\tau - \sqrt{-\frac{3}{8}a_1\tau + \frac{9}{4}(a_1\tau)^2}}. \end{aligned} \quad (13)$$



Для оставшейся жидкой части аккумулирующего вещества, пока еще не претерпевшей фазовое изменение, запишем решение уравнения (2) для $\xi(\tau) \leq x \leq \delta$ в виде

$$T_2 = b_0 + b_1x + b_2x^2, \quad (14)$$

где b_i ($i = 0, 1, 2$) — коэффициенты, в общем случае зависящие от времени.

Граничные условия (3) и (5) сохраняются и для жидкой фазы аккумулирующего вещества

$$\text{при } x = \xi, T_2 = T_\Phi, \quad (15)$$

$$\text{при } x = \delta, \left. \frac{\partial T_2}{\partial x} \right|_{x=\delta} = 0 \quad (16)$$

и соответственно позволяют определить два неизвестных коэффициента зависимости (14), которая примет вид

$$T_2(x, \tau) = T_\Phi - 2b_2\delta(x - \xi) + b_2(x^2 - \xi^2). \quad (17)$$

Если поверхность раздела перемещается на расстояние $d\xi$, то в элементе вещества выделяется и должно быть отведено в результате теплопроводности количество теплоты, выраженное уравнением [2]

$$\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial x} \right|_{\xi+dx} - \lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial x} \right|_{\xi-dx} = r\rho_1 \frac{d\xi}{d\tau}, \quad (18)$$

где r — теплота фазового перехода, Дж/кг; ρ_1 — плотность аккумулирующего вещества, кг/м³.

Дифференцируя зависимости (9) и (17) и подставляя в уравнение (18) получим

$$-\alpha(T_\Pi - T_\text{ж}) + 2b_2\lambda_2\delta + \left(\frac{\alpha}{\delta}(T_\Pi - T_\text{ж}) - 2b_2\lambda_2 \right) \xi = r\rho_1 \frac{d\xi}{d\tau}. \quad (19)$$

В уравнении (19) переменные разделяются, и решение имеет вид

$$\frac{\ln \left[-\alpha(T_\Pi - T_\text{ж}) + 2b_2\lambda_2\delta + \left(\frac{\alpha}{\delta}(T_\Pi - T_\text{ж}) - 2b_2\lambda_2 \right) \xi \right]}{\frac{\alpha}{\delta}(T_\Pi - T_\text{ж}) - 2b_2\lambda_2} = \frac{\tau}{r\rho_1} + C. \quad (20)$$

Постоянную интегрирования определяем из условия, что при $\tau = 0$ $\xi = 0$. Тогда уравнение (20) перепишем в следующей форме

$$\frac{\ln \left[-\alpha(T_\Pi - T_\text{ж}) + 2b_2\lambda_2\delta + \left(\frac{\alpha}{\delta}(T_\Pi - T_\text{ж}) - 2b_2\lambda_2 \right) \xi \right]}{\frac{\alpha}{\delta}T_\text{ж} - 2b_2\lambda_2} - \frac{\ln \left[-\alpha(T_\Pi - T_\text{ж})T_\text{ж} + 2b_2\lambda_2\delta \right]}{\frac{\alpha}{\delta}T_\Pi - 2b_2\lambda_2} = \frac{\tau}{r\rho_1}. \quad (21)$$

После незначительных преобразований выражение (21) позволяет определить неизвестный коэффициент зависимости (17)

$$b_2 = \frac{\alpha}{2\lambda_2\delta} (T_\Pi - T_\text{ж}) - \frac{r\rho}{2\lambda_2\tau} \ln \left[1 - \frac{\xi}{\delta} \right]. \quad (22)$$

С учетом (22) распределение температуры в жидкой фазе аккумулирующего вещества имеет вид

$$T_2(x, \tau) = T_\Phi - \frac{\alpha}{\lambda_2} (T_\Pi - T_\Phi)(x - \xi) + \frac{r\rho\delta}{\lambda_2\tau} (x - \xi) + b_2(x^2 - \xi^2) + \frac{\alpha}{2\lambda_2\delta} (T_\Pi - T_\text{ж})(x^2 - \xi^2) - \frac{r\rho}{2\lambda_2\tau} \ln \left[1 - \frac{\xi}{\delta} \right] (x^2 - \xi^2). \quad (23)$$

Рассмотрим, используя полученные зависимости (9, 12, 23), изменение температуры в пластине теплоаккумулирующего материала толщиной 0,02 м и длиной 1 м при переходе его в твердое состояние с отводом теплоты в нагреваемую жидкость. Для этого воспользуемся теплотехническими характеристиками натриевой соли $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ [3], обладающей низкой температурой кристаллизации 32,4 °С, которая способствует ее применению для аккумуляции теплоты в системах солнечного теплоснабжения зданий.

Предлагаемый для данной цели раствор соли $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ имеет следующие параметры: для жидкой фазы — плотность 1410 кг/м³, теплопроводность 0,3 Вт/(м·К), удельная теплоемкость 3,31 кДж/(кг·К); для твердой фазы — плотность 1460 кг/м³, теплопроводность 0,5 Вт/(м·К), удельная теплоемкость 1,76 кДж/(кг·К); теплота фазового перехода 251 кДж/кг.

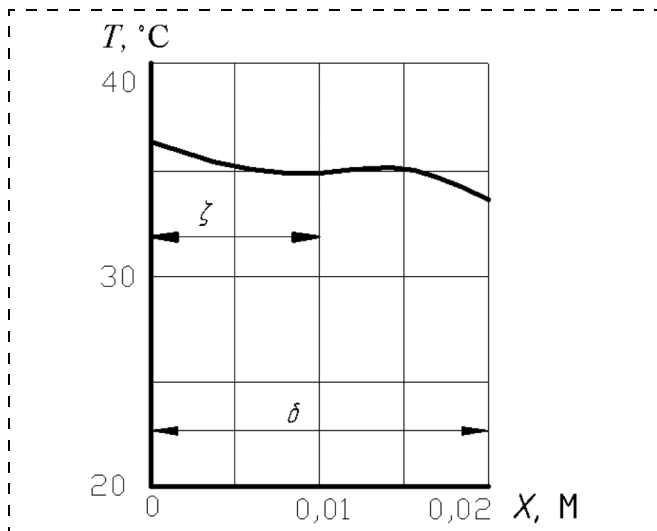


Рис. 2. Изменение температуры в процессе кристаллизации аккумулирующего вещества

Так как в гелиосистемах небольшая скорость движения жидкости, то обтекание пластины водой будет происходить в ламинарном режиме. В этом случае теплоотдача в соответствии с проведенными расчетами по критериальным зависимостям [4] при незначительных температурных перепадах составляет $224 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

С учетом перечисленных факторов, а также полагая, что граница фазового перехода достигла середины

пластины через 180 с после начала кристаллизации, на рис. 2 построено по зависимостям (9, 23) изменение температуры вещества как в твердой, так и в жидкой фазах.

Полученный тепловой режим солевого раствора (см. рис. 2) показывает целесообразность использования для гелиосистем в качестве аккумуляторов тепловой энергии пластинчатых теплообменников с заполнением полостей части пластин веществом, претерпевающим фазовые изменения. Переход аккумулирующего материала из жидкого в твердое состояние, сопровождающийся выделением теплоты, обеспечит подогрев теплоносителя, направляемого потребителю при снижении потока солнечной радиации на улавливающие устройства. Восстановление функционального назначения пластин будет происходить при повышении температуры воды, т. е. соответственно при интенсивной облученности плоских солнечных коллекторов.

Список литературы

1. **Беляев Н. М., Рядно А. А.** Методы теории теплопроводности. Ч. 1. — М.: Высш. школа, 1982. — 327 с.
2. **Карслоу Г., Егер Д.** Теплопроводность твердых тел. — М.: Наука, 1964. — 488 с.
3. **Внутренние санитарно-технические устройства.** Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканиви и др.; Под ред. И. Г. Старовойтова, Ю. И. Шиллера. — М.: Стройиздат, 1990. — 344 с.
4. **Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.** Теплопередача. — М.: Энергия, 1969. — 440 с.

ИНФОРМАЦИЯ

28—30 мая 2008 года

Санкт-Петербург, отель Санкт-Петербург
Международный Форум

"БЕЗОПАСНОСТЬ ПОРТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ"

Основные мероприятия Форума:

Международная специализированная научно-практическая конференция

"Безопасность портов и мультимодальных транспортных комплексов"

Международная специализированная выставка технических средств, специального оборудования и систем безопасности портов и транспортных комплексов

"Порттранбезопасность-2008"

Круглый стол

"Реальное состояние и необходимый уровень безопасности на транспорте"

Контакты:

телефакс +7(812) 324 64 16; 596 38 14;

295 77 04; 295 90 27

e-mail: sivel@sivel.spb.ru

http://www.portforum.ru

УДК 614.876:616-073.75

С. А. Кальницкий¹, канд. биол. наук,

Ю. О. Якубовский-Липский¹, канд. техн. наук, М. Н. Тихонов²

¹ФГУН НИИ радиационной гигиены им. проф. П. В. Рамзаева Роспотребнадзора

²ФГУП НИИ промышленной и морской медицины ФМБА России

Риск медицинского облучения населения

Рассмотрены понятия, критерии и уровень риска при использовании источников ионизирующего излучения (ИИИ), в том числе для медицинских целей. Приведены величины доз медицинского облучения персонала, пациентов и населения. Прослежена их динамика. Дана сравнительная характеристика риска воздействия различных факторов среды на человека. Показан в целом низкий риск воздействия медицинского облучения на организм человека в настоящее время, хотя приведены аргументы для пересмотра устоявшихся позиций.

Медицинское облучение занимает важное место в иерархии всех ИИИ, воздействующих на человека [1]. По величине дозы облучения населения РФ оно уступает лишь природной компоненте (табл. 1). При этом следует иметь в виду, что среди всех ИИИ, созданных человеком, медицинское облучение является доминирующим.

Помимо величины дозы важной характеристикой того или иного вида облучения является мощность дозы [2]. По этому критерию медицинское облучение намного превосходит природную компоненту (табл. 2). Оно выходит за рамки малых доз и характеризуется как однократное острое облучение и подобно аварийному облучению скорее относится к большим дозам. Вследствие этого риск заболевания вследствие медицинского облучения населения может удвоиться [3].

Анализируя деятельность различных организаций, использующих ИИИ, следует отметить большие масштабы применения медицинского облучения (табл. 3). Количество организаций в России, использующих в практических целях медицинский фактор, превышает 10 тыс. (66 %), а численность персонала — 60 тыс. (30 %) [1]. Таким образом, медицинское облучение является всеобъемлющим фактором дополнительного радиоэкологического воздействия на человека.

Исследования показывают (рис. 1), что в современных условиях в странах с высоким уровнем экономического развития, включая здравоохранение, сосредоточена большая часть резервов лучевой диагностики, соответственно, здесь формируется высокая коллективная доза медицинского облучения

Таблица 1
Доза облучения населения от источников ионизирующего излучения

Компоненты дозы	Средняя индивидуальная доза, мЗв/чел. в год			Коллективная доза, чел.-Зв	Ущерб**
	Россия	%	в мире		
Природная	3,40	80,75	2,40	490 000	36 000
Медицинская	0,80	19,00	0,40	115 000	8400
Техногенная*	0,008	0,20	0,007	1200	90
Промышленная	0,002	0,05	0,0005	300	20
ВСЕГО	4,21	100	2,8075	606 500	44 510

*Последствия испытаний ядерного оружия, аварийная.
** Ущерб исчисляется в количестве индуцируемых смертельных раковых заболеваний.

Таблица 2
Характеристика основных источников облучения населения

Показатель	Вид облучения человека		Уровень малых доз
	Природное	Медицинское	
Величина дозы облучения, мГр	50	1...400	<200
Величина мощности дозы, мГр/мин	0,003	100...200	<0,1

Таблица 3
Численность организаций и персонала, работающих с ИИИ

Направление деятельности организации	Организации		Персонал, тыс. чел. (%)		
	тыс.	%	Группа А	Группа Б	Всего
Медицинские	10,0*	66	56 (37)	8,0 (13)	64 (30)
Промышленные	3,0	20	67 (45)	45 (74)	112 (54)
Научные	0,6	4	10 (7)	3,0 (5)	13 (6)
Геологоразведочные	0,1	1	—	—	—
АЭС	0,01	0,07	—	—	—
Росатом	0,008	0,05	—	—	—
Прочие	1,3	9	17 (11)	5,0 (8)	22 (10)
ВСЕГО	15,0	100	150 (100)	61 (100)	211 (100)

* 35 тыс. рентгеновских аппаратов.

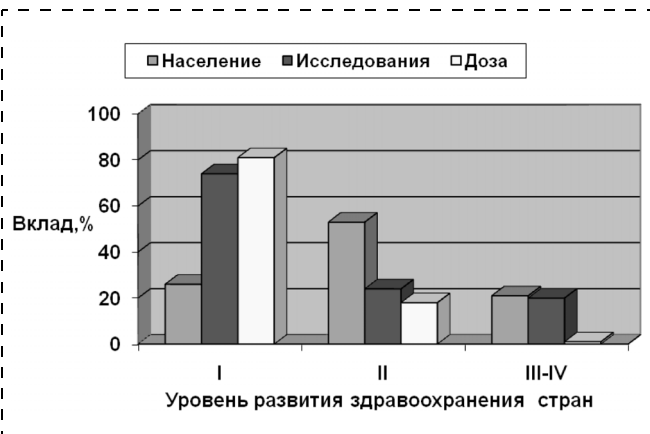


Рис. 1. Соотношение между численностью населения, объемом рентгеновских исследований и коллективной дозой в мире:

I группа по уровню развития здравоохранения — один врач на 1000 человек; II группа — один врач на 1000...3000 человек; III группа — один врач на 3000...10 000 человек; IV группа — один врач на более, чем 10 000 человек

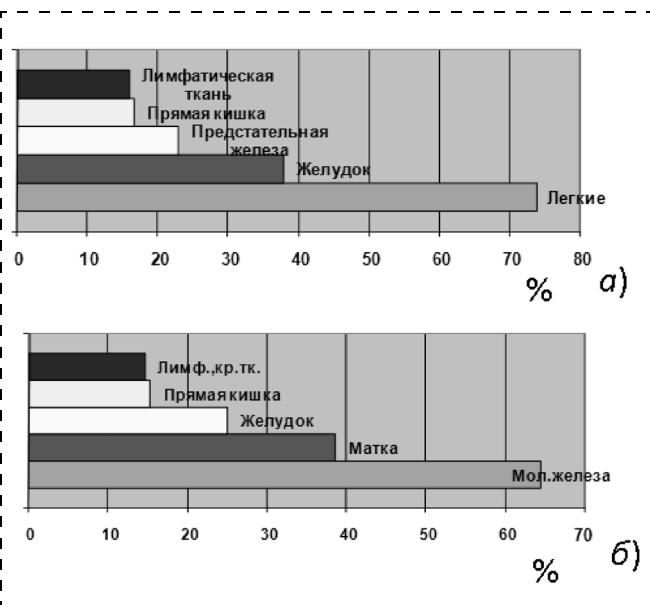


Рис. 2. Структура современной онкологической заболеваемости мужчин (а) и женщин (б) в России

Таблица 4
Динамика рентгенодиагностического облучения населения России

Показатель		Исследования по годам				
		1960	1970	1980	1990	2000
Частота ЛИ, ‰		960	1050	1310*	1260	1180
Структура ЛИ, %	Просвечивания	53,6	44,7	13,3	5,1	3,2
	Снимки	22,4	23,8	40,1	49,7	54,1
	Флюорограммы	24,0	32,5	45,4	38,7	42,8
* 1985 г. — 1600 ‰.						

населения [4]. Часть населения земного шара (25 %) имеет более высокий риск облучения от медицинских процедур.

Все сказанное выше относится к современному состоянию медицинского облучения и в России. Анализируя его динамику, необходимо иметь в виду, что в предыдущие годы медицинское облучение было значительно выше благодаря крайне неоптимальной структуре и высокой частоте лучевых исследований (ЛИ) (табл. 4). Приходится с сожалением констатировать, что человечество (в условиях отсутствия научных сведений о величинах и механизмах воздействия и формирования различных доз облучения, включая медицинские) накопило негативную медицинскую радиационную нагрузку, которая реализуется в настоящее время в виде ухудшающейся онкологической ситуации, коррелирующей с ранее проведенными рентгенорадиологическими исследованиями (рис. 2).

Реконструкция доз медицинского облучения населения показывает, что ранее оно было в десятки раз выше современного уровня (рис. 3).

Факт существования ранее высоких уровней облучения подтверждают и сведения об облучении персонала. В частности, за пятьдесят лет пределы доз облучения персонала уменьшились в сотни раз (рис. 4).

Рассматривая медицинское облучение, необходимо иметь в виду его как положительные (польза в виде информативности диагностических исследований), так и отрицательные (вред в виде дозы облучения) стороны. В этом плане доза облучения может вызывать негативные биологические последствия для организма человека [5, 6]. Малые дозы облучения могут инициировать цепь событий, приводящую к раковым заболеваниям и генетическим повреждениям [7]. При больших дозах облучение может непосредственно разрушать клетки организма, повреждать ткани и приводить его к гибели. Граница между большими и малыми дозами находится по современным представлениям на уровне 200 мЗв [4, 6]. Для нормальных условий жизни и работы это весьма значительная величина. Достаточно сказать, что врач-рентгенолог за период профессиональной деятельности обычно не получает и десятой доли этой дозы.

В современных условиях дозы в сотни (а тем более в тысячи) мЗв возникают только при серьезных радиационных авариях. Правда, при лучевой терапии могут намеренно создаваться большие дозы, однако они затрагивают не все тело пациента, а подводятся к локальному очагу и, как правило, фракционируются. Прямые сопутствующие поражения, если и возникают, то обычно ограничиваются ожогами

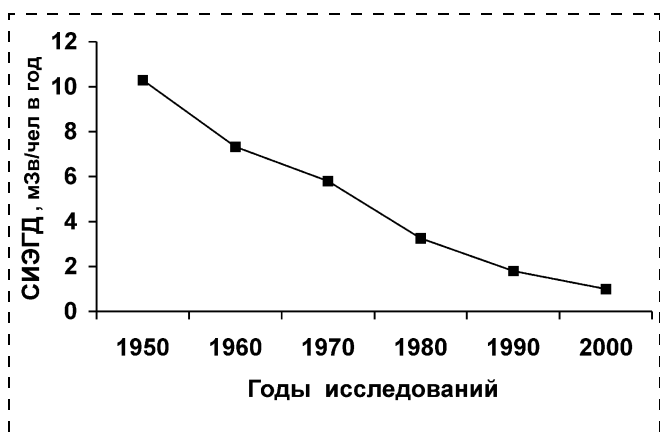


Рис. 3. Реконструкция средней индивидуальной эффективной годовой дозы (СИЭГД) рентгенодиагностического облучения населения с учетом всех сопутствующих факторов

кожи, не угрожающими жизни пациента. С увеличением дозы возрастает число погибших клеток и соответственно повреждение организма. При малых дозах радиационные повреждения не обладают определенной спецификой.

В зависимости от уровня воздействия ионизирующего излучения различают два вида биологических эффектов: стохастические (вероятностные, беспороговые) и детерминированные (пороговые).

Стохастические эффекты проявляются при малых и средних дозах в виде соматических заболеваний: злокачественных опухолей, лейкозов и наследственных болезней. Вероятность (но не тяжесть!) этих эффектов зависит от дозы и возрастает прямо пропорционально с увеличением дозы облучения, начиная с нуля. Поэтому считается, что любое (даже незначительное) радиационное воздействие является нежелательным.

Следует иметь в виду, что для целей радиационной безопасности используется понятие риска возникновения стохастических эффектов. Соответствующая закономерность для индивидуального и коллективного рисков выражается соотношением [4]:

$$r_i = \int_0^{\infty} p_i(E) r_E E dE, \quad (1)$$

$$R = \sum_{i=0}^N r_i, \quad (2)$$

где r , R — индивидуальный и коллективный риски; E — индивидуальная эффективная доза; $p(E)$ — вероятность событий, создающих дозу E ; r_E — коэффициент пожизненного риска сокращения длительности периода полноценной жизни (в среднем на 15 лет на один стохастический эффект), равный

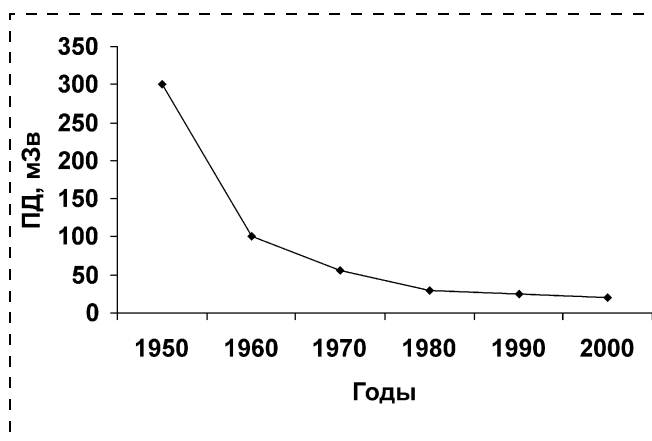


Рис. 4. Изменение предела дозы (ПД) для профессионалов

для малых доз: $r = 5,6 \cdot 10^{-2}$ 1/чел. · Зв для профессионального облучения и $r = 7,3 \cdot 10^{-2}$ 1/чел. · Зв для населения.

Для событий с тяжелыми последствиями от детерминированных эффектов принимается:

$$r = p(E), \quad (3)$$

$$R = p(E)N, \quad (4)$$

где N — численность популяции, подвергшейся радиационному воздействию в дозе $E > 0,5$ Зв.

Предел индивидуального риска для промышленного облучения лиц из персонала принимается равным $1,0 \cdot 10^{-3}$ за год, а для населения $5,0 \cdot 10^{-5}$ за год [8, 9]. Уровень пренебрежимого риска разделяет область оптимизации риска и область безусловно приемлемого риска и составляет $1,0 \cdot 10^{-4}$ за год [10, 11] (табл. 5).

Детерминированные эффекты возникают при превышении определенной дозы в виде специфических заболеваний: лучевая болезнь, лучевое поражение кожи, лучевая катаракта. Тяжесть развития этих эффектов зависит от степени превышения пороговой дозы облучения.

Таблица 5

Ориентировочная шкала уровней приемлемого риска смерти

Значения риска смерти на человека в год	Оценка приемлемости риска смерти
$\geq 10^{-2}$	Исключительно высокий риск смерти. Необходимо применение мер защиты
$10^{-3} \dots 10^{-2}$	Высокий риск смерти. Необходимо принятие мер безопасности
$10^{-4} \dots 10^{-3}$	Относительно невысокий риск смерти
$\leq 10^{-4}$	Пренебрежимо малый риск смерти



Считается, что медицинские диагностические и профилактические исследования сопровождаются стохастическими эффектами, а терапевтические — детерминированными. Тяжесть поражения при облучении большими дозами зависит от различных факторов: величины дозы или мощности дозы; вида излучения; типа облучения — однократного, длительного (хронического) или фракционного (прерывистого), направленности — локального или тотального облучения, что особенно важно для медицинского облучения.

Организм (как и отдельные его органы) со временем адаптируется к облучению и легче переносит длительное, в том числе хроническое облучение, нежели однократное. В этом смысле медицинское облучение является наиболее опасным вслед за аварийным облучением.

Органы и ткани человеческого организма обладают разной радиочувствительностью и способностью переносить большие дозы облучения. Наиболее чувствительны к облучению органы пищеварения, легкие и красный костный мозг (табл. 6).

Для расчета вероятностного ущерба при использовании ИИИ и обоснования расходов на радиационную защиту при реализации принципа оптимизации принимается допущение, что облучение

в коллективной дозе 1 чел. · Зв приводит к потере 1 чел. · года жизни населения. Если рассматривать онкологические заболевания, то установлено, что при облучении 1 млн человек дозой 1 рентген (при этом формируется коллективная доза, равная около 10^4 чел. · Зв), данная популяция получит дополнительно за жизнь 730 онкологических заболеваний, что равносильно сокращению жизни людей в данной популяции на 2740 чел. · лет.

Если говорят о медицинском облучении, то, как правило, имеют ввиду рентгеновское излучение. Последнее отличается от других электромагнитных излучений способностью проникать через вещество и тем самым дает возможность получать информацию о внутренних органах и тканях человека, необходимую для диагностики, и поэтому очень широко используется в медицинской диагностической и терапевтической практике.

В диагностике действуют уровни малых доз, сопровождающиеся вероятностными процессами воздействия на организм. Во-первых, они не имеют так называемого порога и, во-вторых, при их использовании нельзя с определенной уверенностью сказать, окажет или не окажет данное облучение влияние на организм. Это влияние начинается практически с нулевой отметки, и чем оно больше, тем выше воздействие.

В лучевой терапии, где используются большие значения доз облучения, действуют другие принципы. Воздействие имеет здесь пороговый эффект. Оно начинает проявляться с определенного значения (например, лучевая болезнь появляется при облучении в дозе 1 Зв). Кроме того, воздействие имеет не вероятностный, а вполне конкретный (детерминистский) характер, т. е. можно вполне определенно сказать, что при облучении пациента в данной дозе у него будут определенные биологические эффекты. В частности, это катаракта и лучевые поражения кожи.

До настоящего времени в распоряжении науки имелись лишь единичные исследования воздействия ионизирующего излучения на людей, в частности, касающиеся облучения японцев, переживших атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки [12]. Полученные здесь данные однозначно показывают, что пока только рак является единственной причиной повышенной смертности в этой группе населения. Это подтверждают другие материалы по более узким критичным группам населения (работники урановых рудников, жители Тихоокеанских островов, попавшие под радиоактивные осадки). В последние годы к ним прибавились данные наблюдения над последствиями Чернобыльской аварии [13].

Таблица 6

Коэффициенты риска для отдельных органов и тканей [8]

Ткань или орган	Риск смертельных случаев рака		Риск смертельных и несмертельных случаев рака	
	10^{-2} Зв	10^{-1} Зв	10^{-2} Зв	10^{-1} Зв
	Население	Персонал	Население	Персонал
Желудок	1,10	0,88	1,00	0,80
Кожа	0,02	0,02	0,04	0,03
Красный костный мозг	0,50	0,40	1,04	0,83
Легкие	0,85	0,68	0,80	0,64
Молочные железы	0,20	0,16	0,36	0,29
Мочевой пузырь	0,30	0,24	0,24	0,19
Печень	0,15	0,12	0,16	0,13
Пищевод	0,30	0,24	0,24	0,19
Поверхность костей	0,05	0,04	0,07	0,06
Толстый кишечник	0,85	0,68	1,03	0,82
Щитовидная железа	0,08	0,06	0,15	0,12
Яичники	0,10	0,08	0,15	0,12
Остальные органы	0,50	0,40	0,59	0,47
ВСЕГО	5,00	4,00	5,92	4,74



Таблица 7
Радиочувствительность органов и тканей организма человека

Орган	Взвешивающий коэффициент w_r	
	НРБ-99	МКРЗ-2007
Гонады	0,20	0,05
Красный костный мозг	0,12	0,12
Легкие	«	«
Толстый кишечник	«	«
Желудок	«	«
Молочная железа	0,05	«
Мочевой пузырь	«	0,05
Печень	«	«
Пищевод	«	«
Щитовидная железа	«	«
Поверхность кожи	0,01	0,01
Кожа	«	«
Остальные органы*	0,05	0,10

* Остальные органы включают: надпочечники, мозг, мышцы, поджелудочную железу, тонкий кишечник, селезенку, тимус, верхнюю часть толстого кишечника, матку.

Следует отметить, что японские данные пока не дали никаких убедительных доказательств в отношении генетических эффектов облучения. Эти результаты были подтверждены другими объективными данными, в том числе экспериментального плана, и послужили причиной корректировки взвешивающего коэффициента радиочувствительности различных органов и тканей человеческого организма (w_r), предпринятой Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) (табл. 7) [8].

Канцерогенное действие ионизирующего излучения сомнений не вызывает, однако здесь необходимо отметить следующее: почти все данные о нем получены при обследовании людей, получавших относительно большие дозы (1 Зв и выше). Прямых данных об учащении онкологической заболеваемости в результате действия именно малых доз в единицы или десятые доли сЗв, наблюдаемых в повседневной реальности, насчитывается единицы [3, 7, 8]. Пока не выявлено ни одного случая рака, возникновение которого можно было бы однозначно связать с действием малых доз облучения. Этот факт, однако, не свидетельствует о безвредности этих доз, а лишь указывает на то, что если такой риск и существует, то он весьма мал, и эффекты просто не удается обнаружить на фоне высокой спонтанной онкологической заболеваемости.

Подсчитано, что для достоверного выявления смертности от радиационного канцерогенеза, вызванного дозой 1 сЗв, необходимо провести сопоставимый анализ онкологической смертности 2,6 млрд облученных и необлученных индивидуумов при длительности наблюдения 30...40 лет. Нереальность такой задачи очевидна. В этой связи естественно предположить, что ни один рентгенолог, какой бы он стаж не имел, не в состоянии установить канцерогенный эффект диагностического облучения у пациентов, даже в том случае, если бы он намерился проследить судьбы всех обследованных им людей. Поэтому совершенно неубедительны доводы об отсутствии канцерогенных последствий облучения у пациентов, которые иногда приходится констатировать.

Сама по себе невозможность или трудность установления эффекта отнюдь не доказывает его отсутствия. Более того, по современным представлениям о механизме биологического действия радиации, начало цепочки событий, приводящих в конечном счете к онкологическому заболеванию, может быть положено одним единичным актом взаимодействия частицы или кванта излучения с веществом (атомом, молекулой, клеткой) живой ткани.

Из этого факта вытекает предположение об отсутствии какого-либо порога воздействия радиации, ниже которого это воздействие совершенно безвредно. Мировая наука и практика радиационной защиты сегодня исходит именно из этой концепции: считается, что любая сколь угодно малая доза увеличивает вероятность заболевания раком и всякое дополнительное воздействие еще более увеличивает вероятность негативного воздействия на организм.

При этом важно подчеркнуть, что речь идет о вероятностном процессе, в результате которого данное событие, т. е. онкологическое заболевание, может произойти, но может и не произойти. Никакая доза облучения не приводит к этим последствиям с неизбежностью и во всех случаях. Человек, подвергающийся облучению, совсем не обязательно должен заболеть раком (при дозах порядка 1 сЗв шансы возникновения рака не превышают 1...2 случая на 10 тысяч) или же стать носителем наследственных болезней. Однако вероятность или риск наступления таких последствий у него тем больше, чем больше доза облучения.

Приняв исходные положения о беспороговости действия радиации и увеличении риска с ростом дозы, требуется еще выяснить, в какой именно степени это возрастание риска происходит. Прямых данных на людях в области малых доз, позволяющих построить зависимость эффекта от величины

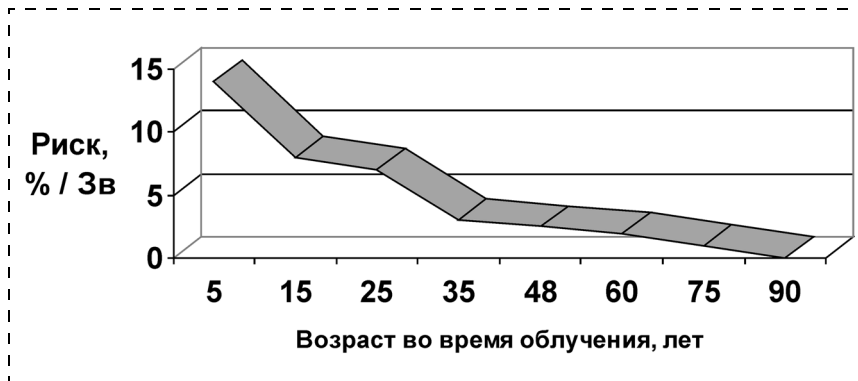


Рис. 5. Зависимость риска облучения в малых дозах от возраста (мультипликативная модель)

малой дозы, пока нет. При дозах более 1 Зв эта зависимость имеет линейный характер, т. е. риск канцерогенных эффектов возрастает прямо пропорционально дозе.

Очевидно, что в диапазоне (0...1) Зв зависимость эффекта облучения от дозы в принципе может быть различной. Назовем их вариантами А, Б. В. Вариант Б означает больший по сравнению с вариантом А эффект облучения при данной дозе, а вариант В — наоборот, более низкий. Мировой наукой в настоящее время принят вариант А, согласно которому эта зависимость является прямой экстраполяцией хода кривой "доза—эффект" из области более высоких доз в область малых доз [8]. Большинство ученых полагают, что при этом реальный риск облучения в малых дозах заметно переоценивается, особенно для редкоизионизирующих излучений, включающих гамма- и рентгеновское излучение. Однако при отсутствии абсолютно надежных доказательств в пользу варианта В, признано целесообразным "перестраховаться" и исходить из более осторожного допущения А.

Это отвечает гуманному подходу к обеспечению радиационной защиты ибо, создавая эту защиту (путем нормативов, правил, конструктивных средств и др.), лучше переоценить предполагаемую опасность, чем недооценить ее. Доводы же в пользу еще более жесткого подхода (Б) столь ничтожны, что строить защиту, требующую немалых средств, на этой базе было бы просто неразумно и расточительно.

Все перечисленное выше непосредственно относится к медицинскому облучению, поскольку оно попадает именно в исследуемый диапазон доз и от того, какие дозы и как они формируются в рентгенодиагностике, во многом зависит эффективность защитных мероприятий. Поэтому в настоящее время разработан современный методологический аппарат для оценки влияния медицинского облучения и создана система защиты для его ограничения и снижения [4, 6].

Следует отметить, что радиочувствительность человека меняется с возрастом: чем старше человек, тем он менее радиочувствителен (рис. 5). Наиболее радиочувствительным является плод, находящийся в утробе матери, особенно между восьмой и пятнадцатой неделями беременности. В этот период в нем формируется кора головного мозга и существует определенный риск, что в результате облучения беременной при некоторых видах рентгенологических исследований может родиться умственно отсталый ребенок.

Дети также более чувствительны к воздействию облучения, чем взрослые (табл. 8). Радиочувствительность их обратно пропорциональна возрасту. Это заставляет более тщательно подходить к защите пациентов-детей, особенно младшего возраста, при проведении рентгенодиагностических исследований.

При облучении в малых дозах возникающие эффекты (помимо того, что их появление носит вероятностный характер) обнаруживаются в отдаленные сроки после облучения спустя определенное время — латентный период (табл. 9). Эти свой-

Таблица 8
Риск смертности от рака детей в возрасте 0...9 лет

Авторы	Риск, 10^{-2} Зв ⁻¹	
	Мальчики	Девочки
Beninson [14]	9,87	12,52
Drexler [15]	11,15	13,27
Gilbert [16]	11,50	18,71
Johansson [17]	14,16	14,60
BEIR V [6]	12,76	15,32
В среднем:	по полу оба пола	11,9 14,9 13,4
Взрослые	7,3	

Таблица 9
Латентный период проявления канцерогенных раков после облучения

Орган	Латентный период, годы
Щитовидная железа	10,0
Красный костный мозг	12,5
Молочная железа	15,5
Печень	21,5
Легкие	24,0



ства стохастических эффектов являются причиной того, что в каждом конкретном случае лучевую природу эффекта установить чрезвычайно трудно.

На основании эпидемиологических исследований больших контингентов облученных лиц (профессионалов, пациентов, населения Японии, подвергшихся атомной бомбардировке) были получены коэффициенты риска отдаленных последствий возникновения рака в облученных контингентах в зависимости от дозы [8] (табл. 10).

Из данных табл. 10 следует, что в любом по численности контингенте, подвергшемся облучению коллективной дозой 10 тыс. чел. · Зв за все время жизни людей возникнет дополнительно к спонтанному уровню раковых заболеваний еще 500 случаев смертельных и 100 несмертельных раков и 130 тяжелых наследственных дефектов с общей потерей 10...15 тыс. чел. · лет жизни облученного населения (табл. 11).

Спонтанный уровень рака в настоящее время составляет 0,3 % в год, т. е. 3 тыс. случаев на 1 млн человек.

Естественная частота рождения детей с серьезными врожденными нарушениями или болезнями составляет 4 % от всех родившихся, т. е. у четырех детей из 100 родившихся могут быть такие эффекты. При среднем годовом показателе рождаемости 10 % за 70 лет в группе населения численностью 1 млн человек могут родиться 28 тыс. детей с врожденными дефектами.

Клинически выраженные нестохастические эффекты обнаруживаются лишь при сравнительно больших дозах облучения (более 0,5 Гр). Стохастические эффекты возникают крайне редко и по своему клиническому выражению не отличаются от обычных заболеваний.

Говоря о радиационном риске, полезно сопоставить его с аналогичным при других видах воздействия на человека. Соответствующие данные приведены в табл. 12.

Таким образом, риск, связанный с использованием ИИИ, в том числе медицинского облучения, чрезвычайно мал, значительно ниже негативного воздействия других естественных и техногенных факторов и находится в безопасной области, хотя общественное мнение ставит его на одно из первых мест.

Социологический опрос, проведенный в ряде стран, выявил, что из 30 повседневных факторов риска, угрожающих здоровью и жизни человека, большинство населения на первое место по степени опасности относит использование атомной энергетики, которая по реальному риску занимает лишь 20-ю позицию. В то же время риски медицинского

Таблица 10
Коэффициенты риска стохастических эффектов, 10^{-2} Зв^{-1}

Облученный контингент	Смертельные раки	Несмертельные раки	Наследственные эффекты	Всего
Персонал	4,0	0,8	0,8	5,6
Население	5,0	1,0	1,3	7,3

Таблица 11
Ущерб здоровью от стохастических эффектов при облучении популяции эффективной дозой 10^4 чел. · Зв

Вид ущерба	Число заболеваний	Потеря лет жизни на одно заболевание	Суммарная потеря лет жизни
1. Рак	600	15	9750
2. Наследственные эффекты	130	44	4400
3. Ущерб для беременных:			
3.1. Гибель плода до имплантации	2,4	70	170
3.2. Недоразвитие (слабоумие)	8,3	70	580
3.3. Детский рак:			
3.3.1. Смертельный	2,2	70	150
3.3.2. Несмертельный	1,0	10	10
3.3.3. Наследственные эффекты	1,5	44	70
ВСЕГО	—	—	15 130

Таблица 12
Риск смерти при различных воздействиях [10, 11]

Вид события	Риск смерти, на человека в год
Военная авиация	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Злокачественные новообразования	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Сердечно-сосудистые заболевания	$3,7 \cdot 10^{-3}$
Самоубийства	$2,2 \cdot 10^{-4}$
Автотранспорт, курение	$2,8 \cdot 10^{-4}$
Гражданская авиация	$4,5 \cdot 10^{-4}$
Автогонки	$7,5 \cdot 10^{-4}$
Выброс теплоэлектростанции	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Альпинизм	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Пожар	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Землетрясения, выхлопные газы	$3,0 \cdot 10^{-6}$
Наводнения, цунами	$4,0 \cdot 10^{-6}$
Катастрофы техногенные, медицинское облучение	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Выбросы и отходы АЭС	$1,8 \cdot 10^{-7}$
Глобальные выпадения радиоактивных веществ	$3,5 \cdot 10^{-7}$



рентгеновского облучения недооцениваются многими группами населения, хотя они ниже некоторых других, считаемых обыденными.

Психологическая подоплека такого восприятия понятна. Во-первых, человек совершенно по-разному относится к вынужденному риску, на который он не в состоянии лично повлиять, и к риску, принимаемому добровольно и допускающему (хотя бы в воображении) такое влияние, и, во-вторых, люди, которые рискуют, хотят иметь уверенность, что выгода лично для них перевешивает последствия риска. В эту простую схему полностью укладывается отношение пациента к рентгеновской процедуре, даже если она сопровождается неоправданно большой дозой, о чем пациент, как правило, не догадывается.

Совсем иное дело, например, реакция на облучение за счет радиоактивного загрязнения предприятием атомной энергетики, пусть даже самого минимального. Здесь выгода достается обществу в целом, получающему дополнительный источник энергии, а отдельным человеком она не воспринимается как личная. Кроме того, люди больше боятся катастроф, даже если они случаются очень редко, нежели частых, но мелких опасностей. И совершенно закономерно, что страх, связанный с атомной энергетикой, особенно после Чернобыльской аварии, многократно усилен.

Атомная энергетика парадоксальным образом представляет собой один из наименее знакомых населению и одновременно исключительно опасный источник риска. Чернобыльская авария окончательно укрепила в этом общественное мнение. Излишняя засекреченность, непродуманность многих заявлений и действий привели в конечном итоге к глубокому кризису доверия к атомной энергетике в обществе. Его преодоление немыслимо без полной достоверной и объективной информации, доступной большинству населения [18, 19].

В заключение следует сказать, что в настоящее время медицинское облучение населения официально является незначительным и относится к категории "пренебрежимо малый риск смерти". Тем не менее, наука о радиационной безопасности развивается и необходимо относиться к медицинскому облучению весьма внимательно и всячески заботиться о защите персонала и особенно пациентов.

Список литературы

1. Барковский А. Н., Барышков Н. К., Кормановская Т. А. и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2005 году: Справочник. — СПб., 2006. — 60 с.
2. Радиация: дозы, эффекты, риск. — М.: Мир, 1988. — 79 с.
3. Количественное обоснование единого индекса вреда: Публикация 45 МКРЗ. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 88 с.
4. Нормы радиационной безопасности НРБ-99. СП 2.6.1.758—99. — М.: Минздрав России, 1999. — 116 с.
5. Иванов С. И., Якубовский-Липский Ю. О., Базюкин А. Б. и др. Медицинское облучение населения России (1980—1997): Справочник. — М., 1999. — 533 с.
6. Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation (BEIR V). Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. National Academy Press. — Washington, D. C. — 1990.
7. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. v. I, II. UN. — New York, 2000.
8. Радиационная безопасность. Рекомендации МКРЗ 1990 г. ч. 1: Публикация МКРЗ 60, ч. 1. — М.: Энергоатомиздат, 1994. — 192 с.
9. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда / Под ред. А. П. Александрова. 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 312 с.
10. Ковалев Е. Е. Радиационный риск на земле и в космосе. — М., Атомиздат. 1976. — 256 с.
11. Москалев Ю. И., Журавлев В. Ф. Уровни риска при различных условиях лучевого воздействия. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 112 с.
12. RER 88. Radiation Effects Research Foundation. US-Japan Joint Rassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki — Final Report, v. 2. — Hiroshima, Japan. — 1988.
13. Алексахин Р. М., Санжарова Н. И., Фесенко С. В. Радиоэкология и авария на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. — 2006. — Т. 100. — Вып. 4. — С. 267—276.
14. Beninson D., Sowby D. Age- and sex-dependent weighting factors for medical irradiation // Rad. Prot. Dos. — 1985. — V. 11. — P. 57—60.
15. Drexler G., Williams G., Zankl M. The meaning and the principle of determination of the effective dose equivalent in radiation protection // Rad. Prot. Dos. — 1985. — V. 12. — P. 95—100.
16. Gilbert E. Late Somatic Effects. In: Health Effects Model for Nuclear Power Plant Accident Consequence Analysis. NUREG/GR-4212. — 1985.
17. Johansson L., Mattsson S. Effective Dose Equivalent from Internally Deposited Radionuclides. The Influence of age and sex distribution on the irradiated population. International Symposium of the Assessment of Radioactive Contamination in Man. Paris. — 1984.
18. Тихонов М. Н., Муратов О. Э., Петров Э. Л. Системный взгляд на атомную энергетику и радиацию сквозь призму общественного сознания // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 2. — С. 2—9.
19. Тихонов М. Н., Рылов М. И., Муратов О. Э. Системный взгляд на ядерно-радиационное наследие "холодной войны" сквозь призму общественного сознания // Экология пром. производства. — 2005. — Вып. 1. — С. 2—10.

УДК 574:622.276+622.279

Т. А. Андреева, канд. биол. наук,
ОГУ "Областной комитет охраны окружающей среды и природопользования",
Т. А. Чурилова,
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области

Экологические проблемы нефтегазодобывающих районов Томской области и основные пути их решения

Основными экологическими проблемами районов Томской области, подверженных влиянию нефтегазового комплекса, являются аварийность трубопроводных систем транспорта скважинной продукции и увеличение площади загрязненных земель. В статье рассмотрены последствия этих проблем, приведена текущая информация по загрязненным землям, определены основные пути снижения негативного воздействия объектов нефтедобычи на окружающую среду.

Нефтегазодобывающая отрасль промышленности, являющаяся основой топливно-энергетического комплекса Томской области, способствует развитию экономики и социальной сферы, но наряду с этим создает одну из главных проблем данной территории — экологическую. Добыча и транспортировка углеводородного сырья, нефти, природного газа и продуктов их переработки относится к ряду потенциально опасных производств, а соответствующие объекты являются объектами повышенного риска. В Томской области открыто 107 месторождений углеводородного сырья, в том числе 88 — нефтяных, 13 — нефтегазоконденсатных и 6 — газоконденсатных [1].

Объекты нефтегазодобывающего комплекса сосредоточены, главным образом, в Александровском, Каргасокском и Парабельском районах. Территория интенсивной нефтегазодобычи относится к бассейну рек Оби и Васюгана. Основными недропользователями, имеющими право на добычу нефти и газа на территории Томской области, являются ОАО "Томскнефть" ВНК, ОАО "Востокгазпром", ОАО "Восточная транснациональная компания", ОАО "Томскгазпром", ОАО РуссНефть" и др. Инфраструктура ОАО "Томскнефть" ВНК включает тысячи эксплуатационных скважин, значительное количество нефтепроводов, газопроводов и ряд других крупных объектов. Наиболее крупными компаниями по

транспортировке нефти и газа являются ООО "Томсктрансгаз", ОАО "Центрсибнефтепровод".

Объем добычи нефти ОАО "Томскнефть" ВНК за 2006 г. согласно данным компании [2] составил 11,6 млн т, газа — 1599,3 млн м³. Основная часть инвестиций в 2006 г. была направлена на бурение эксплуатационных скважин и капитальное строительство. Всего за 2006 г. ОАО "Томскнефть" ВНК введено в эксплуатацию более ста новых скважин (в 2005 г. — 23 скважины).

Увеличение темпов строительства объектов нефтедобычи предполагает воздействие на природную среду как минимум в трех направлениях:

- изъятие территории и трансформация ландшафтов;
- изъятие природных ресурсов (леса, нефти, газа, поверхностных и подземных вод);
- загрязнение природной среды выбросами, сбросами, отходами производства и потребления, нефтью, нефтепродуктами, высокоминерализованными водами.

Непосредственное влияние на природную среду оказывают следующие технологические объекты действующих месторождений: кустовые площадки, эксплуатационные и нагнетательные скважины; трубопроводы для транспортировки скважинной продукции; водоводы; газопроводы попутного газа; установки подготовки нефти; дожимные насосные станции; центральные пункты сбора и подготовки нефти; шламонакопители; полигоны твердых бытовых отходов (ТБО); линии электропередач и связи; подъездные дороги; базы производственного обслуживания и другие сооружения.

Объекты нефтегазового комплекса воздействуют на все компоненты природной среды: атмосферу, подземные и поверхностные воды, рельеф, почву, растительность и животный мир.

Опасность загрязнения атмосферного воздуха наиболее высока при сжигании попутного газа на факельных установках. В процессе функционирования нефтепромысла в атмосферный воздух мо-



гут поступать загрязняющие вещества, относящиеся к 1–4 классам опасности:

- при сжигании попутного нефтяного газа на факелах — сероводород, оксид азота, толуол, бензол, ксилол, акролеин, углеводороды предельные C_1-C_{19} , метан, бенз(а)пирен, диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы, сажа;
- при работе, ремонте и обслуживании технологического оборудования — углеводороды (по метану).

Основными загрязнителями почв и поверхностных вод на нефтяных месторождениях являются нефть и нефтепродукты, высокоминерализованные пластовые воды, синтетические поверхностно-активные вещества, химические реагенты, применяемые в процессе ремонта скважин, повышения нефтеотдачи, подготовки нефти, буровые и тампонажные растворы, буровые сточные воды и шлам, продукты сгорания топлива, горюче-смазочные материалы, хозяйственно-бытовые сточные воды, загрязненные ливневые сточные воды и ТБО.

Негативное влияние на экосистемы возможно на всех этапах производства: при бурении и ремонте скважин, строительстве и эксплуатации технологических объектов и линейных сооружений. Однако наиболее значительный вред природным ресурсам наносят аварийные ситуации, возникающие на различных участках нефтепромыслов, сопровождающиеся сильным загрязнением окружающей среды нефтью, нефтепродуктами и высокоминерализованными водами.

При несвоевременном принятии мер по рекультивации происходит существенное увеличение площади загрязненных земель вследствие миграции поллютантов с поверхностным стоком на сопредельные территории и в водные объекты. Например, в результате 21 аварии на водоводе низкого давления в 2005–2006 гг. на Игольско-Таловом месторождении Каргасокского района Томской области

площадь деградированных (засоленных) земель в результате поверхностного стока достигла 108 га.

Проблема обеспечения экологической безопасности наиболее актуальна для объектов нефтегазового комплекса, построенных в 80–90-х гг. прошлого столетия, когда экологические требования к строительству и эксплуатации таких объектов были минимальными.

На объектах нефтегазового комплекса Томской области по текущей информации ОАО "Томскнефть" ВНК в 2006 г. зарегистрировано 1463 аварии (в 2005 г. — 1965 аварий), в том числе 919 — на нефтепроводах, 534 — на водоводах, 7 — на газопроводах. Аварийность на внутри- и межпромысловых нефте- и газопроводах выше, чем на магистральных трубопроводах.

По информации ОАО "Томскнефть" ВНК за 2006 г. в Томской области наибольшее число аварий произошло в Каргасокском районе (рис. 1). Одним из самых аварийных является нефтепровод на Первомайском месторождении. Высокая аварийность также отмечена на нефтепроводах Оленьего и Западно-Катыльгинского месторождений, функционирующих с 1984 и 1988 года, соответственно, т. е. на участках нефтепромысловых сетей, где срок эксплуатации составляет около 20 лет и более.

Основной причиной аварий в системе трубопроводного транспорта нефти является физический износ и коррозия металла. Агрессивные свойства добываемой продукции, а также высокая скорость перекачки значительно сокращают срок эксплуатации трубопроводов, а их большая протяженность обуславливает медленные темпы реконструкции и капитального ремонта.

В связи с широким распространением речной сети на территории нефтегазодобычи особую опасность для окружающей среды представляют подводные переходы нефтепроводов. Их протяженность невелика относительно общей длины

магистральных нефтепроводов, однако абсолютное число значительно. Основные негативные проблемы эксплуатации трубопроводов на переходах через водные преграды связаны с воздействием на них гидрологических процессов изменения уровня и ледового режима рек и, в первую очередь, русловых деформаций, что приводит к быстрому износу труб на этих участках и подвергает водные объекты опасности загрязнения нефтью, нефтепродуктами.

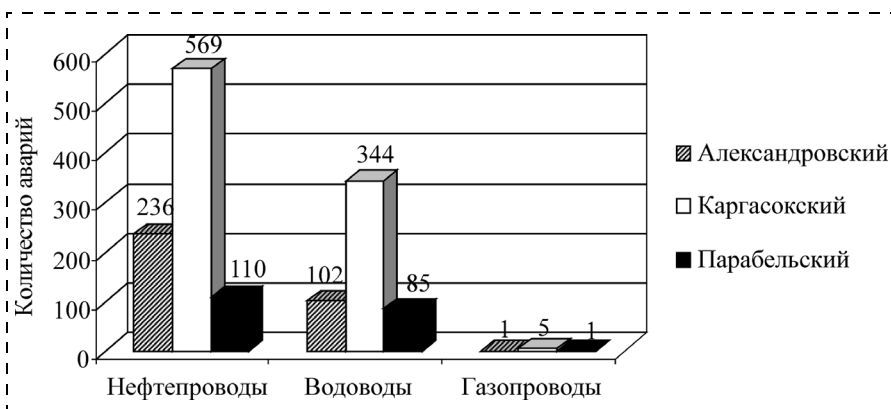


Рис. 1. Аварийность на объектах трубопроводного транспорта скважинной продукции в районах Томской области (за 2006 г.)

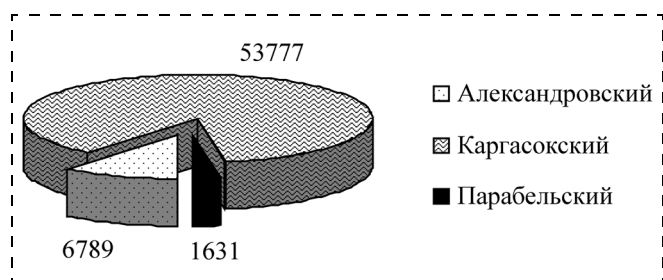


Рис. 2. Площади загрязненных в результате аварий на нефтепромыслах земель (м²) (за 2006 г.)

Общая площадь земель, загрязненных в результате аварий на объектах трубопроводного транспорта (нефтепроводы, водоводы, газопроводы), в 2006 г. в Каргасокском, Александровском и Парабельском районах Томской области составила 62 197 м² (2005 г. — 438154,213 м²). Наибольшая площадь загрязненных земель отмечена в Каргасокском районе (рис. 2).

Сотни некультивируемых шламовых амбаров являются источниками загрязнения поверхностных, грунтовых вод и земель на нефтепромыслах. Их количество ежегодно растет, поскольку рекультивация идет крайне медленными темпами. Например, в 2005 г. ОАО "Томскнефть" ВНК проведена рекультивация лишь одного шламового амбара [1].

При строительстве и эксплуатации объектов нефтяного месторождения возможно проявление или усиление деградации почв, под которой понимается совокупность процессов, приводящих к изменению функций почвы как элемента природной среды, количественному и качественному ухудшению ее свойств и режимов, снижению природно-хозяйственной значимости земель.

Для территорий, на которых осуществляется нефтедобыча, характерны следующие типы деградации почв и земель, с учетом их сущности, реальной встречаемости и значимости последствий:

- > технологическая деградация (нарушение земель);
- > эрозия (водная и ветровая);
- > засоление;
- > заболачивание.

Среди них наиболее значительное негативное воздействие на наземные экосистемы оказывает засоление. Минерализованные воды с содержанием солей свыше 20 г/л поднимаются на поверхность вместе с добываемой нефтью, а также из апт-сеноманских горизонтов меловой системы. Причинами разлива минерализованных вод и засоления земель чаще всего являются аварии водоводов. В ус-

ловиях лесоболотных ландшафтов тайги Западной Сибири сильное засоление почв приводит к гибели практически всех растений. В силу специфических условий формирования почвы Западной Сибири отличаются слабой эколого-геохимической устойчивостью к техногенным воздействиям, малым потенциалом для самоочищения, сложностью и длительностью процесса восстановления [3—6].

Обеспечение экологической безопасности производства на территории районов с интенсивной нефте- и газодобычей может быть достигнуто только при значительном уменьшении техногенной нагрузки на экосистемы и восстановлении ранее нарушенных и загрязненных земель.

Проблема некультивируемых земель может быть решена при согласованных действиях органов законодательной, исполнительной власти и субъектов хозяйственной деятельности в направлении:

- правового регулирования механизмов контроля состояния земель, подверженных влиянию нефтегазового комплекса;
- внедрения современной техники и наукоемких технологий производства;
- дифференцированного подхода к рекультивации земель.

Необходимо принятие нормативно-правовых документов, касающихся усовершенствования механизма осуществления экологического мониторинга и контроля наиболее опасных производств как на территориальном, так и на региональном и общегосударственном уровне.

Ежегодно инспекторами Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды выявляются и расследуются более сотни аварий (2005 год — 174; 2004 год — 242 аварии) [1], связанных с влиянием на окружающую природную среду: загрязнение земель и водных объектов нефтепродуктами, высокоминерализованными водами, выбросами в атмосферный воздух. По результатам расследования инспекторами выдаются предписания по устранению выявленных нарушений, выносятся штрафные санкции. Однако по существующему законодательству природопользователям экономически более выгодно выплачивать штрафы за выявляемые контролирующими органами экологические правонарушения, чем осуществлять планомерную работу по внедрению природоохранных мероприятий на объектах нефтегазового комплекса.

Снижение негативного воздействия на экосистемы возможно при применении современных технологий, которые позволяют уменьшить объем выбросов, сбросов загрязняющих веществ в процессе производства. На некоторых месторождениях Том-



ской области при строительстве отдельных участков нефтесборных сетей запланировано использование стеклопластиковых труб, обладающих более высокой коррозионной стойкостью. Строительство природоохранных объектов (полигонов ТБО), внедрение технологий безамбарного бурения позволяют ограничить негативное воздействие на природную среду. Использование системы оборотного водоснабжения промысла способствует снижению водопотребления и объемов образования загрязненных вод.

Уменьшение площади нарушенных и загрязненных земель может быть достигнуто посредством:

- повышения культуры производственного мониторинга, своевременного выявления потенциально опасных участков на объектах нефтепромысла и, главное, принятия незамедлительных мер по предотвращению негативного воздействия на природную среду;

- дифференцированного подхода к рекультивации каждого загрязненного участка, выбора адаптированных к условиям Томской области технологий рекультивации с учетом ландшафтов, свойств исходных почв (минеральных, торфяных) и степени загрязнения.

В настоящее время существует множество способов рекультивации нефтезагрязненных земель: физико-химические (электрокинетические, электрохимические, электромагнитные), термические, химические (осаждение, химическая иммобилизация) и биологические (биодegradация, фитодegradация).

Применение физико-химических методов экономически целесообразно при высоких концентрациях поллютантов на небольших площадях. При этом возникает проблема утилизации используемых реагентов и образующихся в процессе рекультивации побочных продуктов. Биологические методы восстановления в большинстве случаев более предпочтительны. В последнее время активно разрабатываются технологии применения минеральных и органических сорбентов — как природных, так и искусственных. Внесение сорбентов снижает миграционную активность углеводородов, препятствуя их проникновению в сопредельные среды [7]. В Томской области в этом направлении серьезные исследования проводятся в Сибирском НИИ сельского хозяйства и торфа, который в настоящее время имеет патенты на способы рекультивации загрязненных нефтью земель с помощью торфяных мелиорантов, и ряде других научных учреждений. Использование торфа в качестве сырья для получения мелиоранта нефтезагрязненных почв обусловлено его высокой сорбционной способностью

и повышенной численностью активной углеводородокисляющей микрофлоры.

Суть рекультивационных работ состоит в ускорении естественных процессов самоочищения почв, максимальной мобилизации внутренних ресурсов экосистем. Стратегия рекультивационных мероприятий предполагает следующую последовательность работ [8]:

- механический этап — сбор избытка загрязнителя и интенсификация процессов испарения летучих низкомолекулярных и наиболее токсичных фракций нефти, что обеспечивается рыхлением почвы;

- биологический этап — стимулирование деятельности нефтеокисляющих микроорганизмов путем внесения в почву удобрений, извести, торфа, а также активных штаммов микроорганизмов;

- заключительный этап предусматривает фитомелиорацию почв.

В настоящее время положительное заключение экологической экспертизы получил ряд технологий рекультивации нефтезагрязненных земель, буровых отходов и нефтяных шламов [9—12], которые нефтегазодобывающие компании применяют в разных регионах на своих лицензионных территориях.

В Томской области на месторождениях ОАО "Томскнефть" ВНК рекультивация нефтезагрязненных земель осуществляется согласно проекту рекультивации, получившему положительное заключение государственной экологической экспертизы [13]. Процесс рекультивации основывается на "Технологии рекультивации загрязненных нефтью и нефтепродуктами почвы и воды при помощи выделенной из аборигенной микрофлоры культуры микробов-деструкторов". Для рекультивации нарушенных и загрязненных земель на месторождениях ОАО "Томскнефть" ВНК используются также отходы бурения [14].

Предприятия, осуществляющие рекультивацию нефтезагрязненных земель, руководствуются единой технологией рекультивации как торфяных, так и минеральных почв, что недопустимо, поскольку может нанести еще больший вред окружающей среде.

Приемку рекультивированных участков осуществляет рабочая комиссия, в состав которой входят представители заинтересованных государственных и муниципальных органов и организаций, юридических лиц, сдающих и принимающих рекультивированные земли, а также при необходимости специалисты подрядных и проектных организаций, эксперты и другие заинтересованные лица.



Акт приемки рекультивированных участков является пока единственным документом, с помощью которого осуществляется контроль качества рекультивационных работ: их соответствия утвержденному проекту рекультивации; полноты соблюдения требований экологических, агротехнических, санитарно-гигиенических, строительных и других нормативов, стандартов и правил в зависимости от вида нарушения почвенного покрова и дальнейшего целевого использования рекультивированных земель.

Регулирование правовых отношений в области охраны окружающей среды, усиление внимания контролирующих органов различного уровня к экологическим проблемам территорий, обусловленных деятельностью нефтегазового комплекса, к проведению производственного мониторинга предприятиями и работам по рекультивации позволит снизить количество загрязненных земель и улучшить экологическую ситуацию в нефтедобывающих районах.

Список литературы

1. **Экологический мониторинг:** Состояние окружающей среды Томской области в 2005 году / Авторы: гл. ред. А. М. Адам, редкол.: О. Г. Нехорошев, Д. В. Волостнов; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГУ "Облкомприрода". — Томск: Графика, 2006. — 148 с.
2. **Томские недра,** 2007. № 7(1) январь.
3. **Хмелев А. Д.** Сельскохозяйственная освоенность, качественный состав и способы контроля за использованием земельных ресурсов / Основы использования и охраны почв Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1989. — С. 5—52.
4. **Глазовская М. А.** Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. — М., 1997. — 102 с.
5. **Гольдберг В. М., Зверев В. П., Арбузов А. И.** Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия. — М.: Наука, 2001. — 125 с.
6. **Сысо А. И., Васильев С. В., Смоленцев Б. А., Сеньков А. А.** Ландшафтно-геохимический анализ изменения природ-

ной среды в районах нефтедобычи // Сибирский экологический журнал. — 2001. — № 3. — С. 333—342.

7. **Семенова Е. Н., Коптина А. В., Ларионова Н. Л.** Методы рекультивации почв и грунтов, загрязненных углеводородами // Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации: Материалы Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 3—4 февраля 2005 г. — Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2005. — С. 302—303.
8. **Пиковский Ю. И.** Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. — М.: Изд-во МГУ, 1993. — 208 с.
9. **Приказ МПР РФ № 552 от 2.09.2002 г.** Об утверждении заключения экспертной комиссии Государственной экологической экспертизы материалов "Технология рекультивации нефтезагрязненных земель способом активизации аборигенных микроорганизмов на лицензионных участках ООО "ЛУКОЙЛ—Западная Сибирь", представленных ЗАО НПС "Элита-Комплекс" (г. Екатеринбург).
10. **Приказ МПР РФ № 791 от 3.09.2003 г.** Об утверждении заключения экспертной комиссии Государственной экологической экспертизы материалов "Технология детоксикации отходов бурения гумино-минеральным концентратом и утилизация их в качестве мелиоранта при рекультивации нарушенных земель", представленных ООО "Новая экология".
11. **Приказ Ростехнадзора № 737 от 11.10.2005 г.** "Об утверждении заключения экспертной комиссии Государственной экологической экспертизы материалов по технологии рекультивации нефтезагрязненных земель на аварийных участках и полигонах способом активизации аборигенных микроорганизмов".
12. **Приказ Ростехнадзора № 607 от 21.06.2006 г.** "Об утверждении заключения экспертной комиссии Государственной экологической экспертизы материалов по технологии рекультивации нефтезагрязненных земель и обезвреживания нефтезагрязненных почв и нефтяных шламов".
13. **Заключение Росприроднадзора по Томской области № 0214/з от 01 августа 2006 г.** экспертной комиссии государственной экологической экспертизы по материалам "Проект рекультивации нефтезагрязненных земель нефтяных месторождений ОАО "Томскнефть" ВНК (Томская область)".
14. **Заключение Росприроднадзора по Томской области № 0163/з от 13.06.2006 г.** экспертной комиссии государственной экологической экспертизы по материалам: проект "Регламент по использованию отходов бурения для рекультивационных работ".

ИНФОРМАЦИЯ

МАНЭБ — 15 ЛЕТ

3—4 июня 2008 года

Санкт-Петербург

Юбилейные научные чтения "БЕЛЫЕ НОЧИ"

Девиз научных чтений — ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОСТИ XXI ВЕКА

Пленарное заседание посвящается итогам и перспективам научной деятельности Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ)

Подробная информация о конференции будет размещена на сайте МАНЭБ: <http://www.maneb.spb.ru>

По всем вопросам обращаться: тел./факс (812) 550-07-66



УДК 613.11.6; 663.6

О. Д. Лукашевич, канд. хим. наук, доц.,
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
В. Г. Пилипенко, канд. мед. наук,
Управление Роспотребнадзора по Томской области

Безопасность питьевого водоснабжения и технологии, обеспечивающие защиту питьевой воды от загрязнения в Томской области

Водные ресурсы — неотъемлемая часть окружающей человека среды. Природные воды и их круговорот — своеобразная "кровеносная система", без которой невозможно существование жизни на Земле. Экологическое состояние водных объектов — зеркало характера и интенсивности деятельности человека в природной среде. Ухудшение состояния водных объектов как следствие антропогенного воздействия влечет изменения в окружающей среде, преобразует условия жизни и деятельности человека. Водный фактор здоровья проявляется прежде всего в качестве питьевой воды, которое во многом зависит от уровня развития водоснабжения (централизованное, децентрализованное), от применяемых технологий очистки питьевой воды, от природных факторов формирования качества воды в источнике (река, скважина, колодец) и его экологического состояния, зависящего от антропогенной нагрузки.

Коммунальные системы, особенно изношенные водопроводные сети, сточные воды и осадки сточных вод вносят существенный вклад в загрязнение большинства поверхностных водоемов и существенной части подземных вод.

Население, особенно проживающее в экономически развитых районах, подвержено также дополнительному риску вследствие залповых загрязнений воды во время нештатных ситуаций на промышленных предприятиях, при порывах трубопроводов, в результате прямых или косвенных последствий стихийных бедствий. В природную воду вследствие производственных аварий и катастроф, а в сельской местности — из-за нарушения агрохимических принципов попадают химические и бактериальные загрязнители, в том числе высокотоксичные.

В Томской области, расположенной на территории крупнейшего Западно-Сибирского артезианского бассейна, сосредоточены значительные запасы пресных вод. По данным ОАО Территориальный Центр "Томскгеомониторинг", оцененные прогнозные ресурсы только подземных вод составляют

61,4 млн м³/сут. (включая водоносные комплексы мелового, палеогенового, неоген-четвертичного отложений, воды палеозойских образований). Низкое качество воды в реках и других поверхностных водоемах обуславливает тенденцию к применению в хозяйственно-питьевом и техническом водоснабжении именно подземных вод. Чаще всего это вода палеогеновых отложений, залегающих на глубине около 100 м. Прогнозные запасы этих вод составляют 37,7 млн м³/сут (на срок эксплуатации 50 лет). Количество добываемой воды в области учитывается по двум направлениям; хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ) и производственно-техническое (ПТВ). Доля ХПВ в общем объеме составляет 79 %.

Большая часть (около 120 млн м³/год или 329 тыс. м³/сут) добываемой подземной воды используется в Томском районе, остальными районами эксплуатируется 0,2...8 % общего количества. Этот показатель минимален для Зырянского, Молчановского, Каргасокского, Тегульдетского районов (менее 1 млн м³/год).

Как уже отмечалось выше, для нужд питьевого водоснабжения используется только подземная вода (14 районов области), и только в Томском и Александровском районах применяют речную воду, причём для горячего водоснабжения.

Тип воды, в соответствии с классическими геохимическими представлениями, определяется, прежде всего, содержанием катионогенных элементов: кальция, магния, натрия, калия, железа и анионогенных элементов: хлора, серы, углерода, кремния. Разнообразие типов воды по минерализации характеризуется увеличением содержания растворенных солей с севера на юг и по глубине залегания — сверху вниз. Ультрапресные гидрокарбонатные и гидросиликатные кальциевые и натриевые воды распространены на севере, высокоминерализованные воды — на юге территории, в отложениях мелового и палеозойского возраста. Микрокомпонентный состав подземных вод отличается широким разнообразием. Наиболее часто в пробах воды анализируются те элементы, которые входят в перечень,



Таблица 1

Усредненный уровень показателей, определяющий органолептические свойства воды по районам Томской области

Районы	Запах, балл	Цветность, °	Мутность, мг/дм ³	pH	Окисляемость, мгО/дм ³	Жесткость, ммоль/дм ³
Асиновский	2	22	1,58	7,8	4,38	5,24
Бакчарский	2...3	17,5	1,65	8,23	5,73	8,6
Верхнекетский	3	35		8,22	18,8	3,0
Зырянский	3	15	1,23	7,6	1,45	4,26
Каргасокский	3	20		8,25	4,55	7,2
Кожевниковский	3	15	2,1	8,07	2,94	7,31
Кривошеинский	3	17,5	0,9	8,36	2,05	7,87
Молчановский	3	16,25		8,17	3,95	6,85
Парабельский	3	15	2,8	8,16	2,83	7,4
Первомайский	2	13,75		7,57	2,39	7,8
Тегульдетский	3	13,57	1,53	8,0	2,39	7,62
Томский	2	13,0	1,53	8,01	2,22	5,32
Чаинский	3	20	0,9	8,21	10,35	8,9
Шегарский	3	20	5,6	8,55	2,40	6,8
	Не более 2	20	1,5	6...9	5,0	7,0

установленный СанПиН 2.1.4.1074—01. Это — железо, марганец, медь, свинец, алюминий, бериллий, молибден, мышьяк, селен, стронций, фтор, никель, кобальт, ртуть и др.

Не все микроэлементы, встречающиеся в природных водах, включены в нормативные документы. Это связано как с недостаточной изученностью их влияния на организм, так и с малым их содержанием в подземных водах, пригодных для использования в питьевых целях, определяемых нормативными документами.

Основная часть химических загрязнителей находится в воде в молекулярно-ионном или коллоидно-растворенном состоянии, а часть — в абсорбированном — в виде мелко дисперсных взвешенных частиц на поверхности. Микробные загрязнители (бактерии, вирусы, споры патогенных микроорганизмов), микрогетерогенные включения присутствуют практически всегда в природных водах. Их содержание уменьшается с глубиной. В артезианской воде микрофлора представлена непатогенными бактериями различных групп (азот-, железо-, углерод-перерабатывающими).

Молекулы органических веществ, загрязняющих воду, характеризуются слабой полярностью. Природными региональными загрязнителями подземных вод являются нефтепродукты, фенолы, гуминовые и фульво-кислоты. Перечень органических веществ, которые могут встречаться в природных

водах в результате антропогенного воздействия, включает тысячи соединений, относящихся к разным классам. Среди наиболее распространенных фенолы, производные бензола, спирты, карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны, эфиры. Часть органических веществ нормируется СанПиН 2.1.4.1074—01, другие — нет.

В табл. 1 приведены показатели качества вод в источниках, используемых для обеспечения питьевой водой населения Томской области. Из этих данных видно, что по многим показателям вода не соответствует нормативам.

Высокие показатели цветности и мутности для некоторых районов объясняются наличием повышенных концентраций железа и марганца. Эти ингредиенты повсеместно влияют на водопотребление, ухудшая органолептические свойства воды и ее вкусовые качества. Концентрации железа и марганца по районам в отдельных водоисточниках значительно превышают ПДК по усредненным районным показателям для всех подземных водоисточников (табл. 2).

Другим не менее важным органолептическим показателем питьевой воды является жесткость, обусловленная солями кальция и магния. Природные подземные воды Томской области по этому показателю, в основном, относятся к водам средней жесткости (среднее суммарное содержание кальция и магния до 7 ммоль/дм³). В то же время прак-



тически во всех районах имеются водоисточники с более высокими показателями жесткости.

Азотсодержащие вещества (аммиак, нитраты, нитриты) в результате бактериального разложения

Таблица 2

Содержание некоторых ионов металлов в воде по районам Томской области

Районы	Концентрация ионов металлов в воде, мг/дм ³			
	Железо	Марганец	Медь	Цинк
Асиновский	3,5	0,11	0,02	0,0046
Бакчарский	5,1	0,66	0,003	0,0047
Верхнекетский	4,5	0,44	0,01	0,075
Зырянский	1,4	0,12	0,035	0,003
Каргасокский	12,0	0,12	0,002	0,003
Кожевниковский	2,04	1,2	0,009	0,0063
Кривошеинский	17,9	0,35	0,001	0,006
Молчановский	4,9	0,34	0,006	0,0055
Парабельский	6,2	0,28	0,006	0,0038
Тегульдетский	3,1	0,12	0,0035	0,0053
Томский	2,0	0,3	0,0026	0,0022
Чаинский	6,2	1,52	0,006	0,006
Шегарский	4,0	1,0	0,027	0,01
	ПДК			
	0,3	0,1	1,0	5,0

органического материала как растительного, так и животного происхождения, широко распространены в окружающей среде, в том числе и в водоисточниках, особенно децентрализованных, приуроченных к неоген-четвертичным водоносным горизонтам. Эти негативные процессы не наблюдаются в защищенных водоносных горизонтах, что подтверждается данными, приведенными в табл. 3, характеризующими состояние питьевых вод, используемых населением через централизованные системы водоснабжения.

Содержание в питьевой воде металлов, нормируемых по токсикологическому показателю и относящихся к первому и второму классу опасности, находятся на уровне чувствительности метода определения и не превышают ПДК (табл. 4). Исключение составляет кремний. Этот элемент имеет естественно-природное происхождение, так как поступает в воду из минералов горных пород в результате выщелачивания.

Проблема загрязнения грунтовых и подземных вод пестицидами во всем мире становится все более злободневной. Это связано с высокой токсичностью пестицидов, медленной биodeградацией в природной среде, химической устойчивостью к очистке фильтрованием. Этим объясняется важность проведения санитарно-токсикологического контроля пестицидов в водоисточниках сельской местности, куда они могут попадать при вымыва-

Таблица 3

Некоторые показатели качества водопроводной воды в районах Томской области

Районы	Показатели качества воды, мг/дм ³					
	Аммиак	Нитриты	Нитраты	Хлорид	Сульфат	СПАВ
Асиновский	0,252	0,0048	9,206	2,029	16,08	0,018
Бакчарский	0,73	0,083	2,95	18,33	6,25	0,039
В. Кетский	0,39	—	0,70	—	—	0,07
Зырянский	0,30	0,164	13,3	17,51	—	0,01
Каргасокский	3,35	0,009	0,22	1,44	—	0,016
Кожевниковский	1,17	0,025	1,77	2,15	1,0	0,05
Кривошеинский	1,83	0,044	0,22	4,37	4,0	0,04
Молчановский	3,4	0,017	0,72	10,49	2,2	0,01
Парабельский	2,7	0,041	0,44	1,75	2,0	0,01
Первомайский	0,24	0,020	1,61	9,81	4,6	0,01
Тегульдетский	0,93	0,039	43,17	56,31	22,5	0,018
Томский	0,39	0,01	1,08	2,47	1,6	0,01
Чаинский	2,3	0,42	5,42	66,05	2,0	0,05
Шегарский	0,56	0,021	0,22	28,12	4,0	0,09
	ПДК					
	2,0	3,0	45,0	350,0	500,0	0,5



Таблица 4

Содержание металлов в питьевой воде в районах Томской области

Районы	Среднегодовое содержание металлов в воде, мг/дм ³								
	As	Pb	Cd	Mo	Al	Ni	Cr ⁺⁶	Hg	Si
Асиновский	0,002	0,0012	0,0005	0,025	0,021	0,1	0,042	0,0001	8,75
Бакчарский	0,0001	0,0003	0,0001	0,012	0,02	0,05	0,015	0,0001	11,5
В. Кетский	—	0,015	< ч. м.*	—	—	< ч. м.	< ч. м.	—	—
Зырянский	—	0,0056	0,0001	0,0083	0,006	0,033	0,0016	0,0001	—
Каргасокский	—	0,0011	0,0002	0,0125	0,01	0,05	0,025	< ч. м.	11,28
Кожевниковский	0,0001	0,0011	0,0003	0,016	0,012	0,066	0,01	0,0001	10,73
Кривошеинский	0,0002	0,0086	0,0005	0,025	0,02	0,1	0,03	—	14,0
Молчановский	0,0002	0,0006	0,0005	0,025	0,002	0,1	0,04	0,0001	10,5
Первомайский	0,0002	0,0006	0,0005	0,025	0,02	0,1	0,03	0,0001	12,63
Тегульдетский	—	0,0018	0,0003	0,019	0,0015	0,077	0,036	0,0001	8,14
Шегарский	< ч. м.	0,0044	0,0001	0,008	0,006	< ч. м.	< ч. м.	< ч. м.	5,45
Чаинский	—	0,0007	0,0005	0,025	0,02	0,1	0,03	0,0001	10,25
Томский	0,0002	0,0004	0,0004	0,0187	0,0016	0,08	0,028	< ч. м.	9,73
Парабельский	< ч. м.	0,001	0,0005	0,025	0,02	0,1	0,043	0,0001	12,9
	ПДК								
	0,05	0,03	0,001	0,25	0,5	0,1	0,05	0,0005	10,0
* ч. м. — чувствительность метода.									

нии из почв. В табл. 5 показано, что нет угрозы загрязнения пестицидами вод питьевого назначения.

В структуре нестандартных проб, относящихся к воде палеогеновых и палеозойских водоносных горизонтов, по санитарно-химическим показателям преобладает железо (30,6 %) и марганец (21,7 %). Высокий процент нестандартных проб по содержанию аммиака (7,6 %), жесткости (12,7 %), запаху (22,6 %) и другим органолептическим показателям связано с водами неоген-четвертичных отложений.

Позволяют ли действующие сегодня водопроводные сооружения осуществлять необходимую и достаточную очистку природных вод перед их использованием? Как показывают приведенные данные, нет. Традиционные технологии не позволяют эффективно удалять органические загрязнители, так как рассчитаны только на осаждение (либо флотацию) с последующим фильтрованием. На завершающей стадии обработки питьевой воды она подвергается обеззараживанию сильными окислителями (хлорирование, озонирование) или бактерицидному ультрафиолетовому воздействию. Сама по себе необходимая процедура хлорирования несет опасность нового загрязнения, так как существует опасность образования в воде токсичных хлорорганических веществ. Развернувшаяся в связи с многочисленными публикациями по этому по-

Таблица 5

Результаты анализа содержания пестицидов в воде хозяйственно-питьевого назначения по районам Томской области

Районы	Содержание пестицидов, мг/дм ³		
	ДДТ	ГХЦГ	2,4Д
Асиновский	0,0002	0,0002	0,002
Зырянский	0,0002	0,0002	0,002
Каргасокский	0,0002	0,0002	0,002
Кожевниковский	0,0001	0,0001	0,001
Парабельский	0,004	0,004	0,002
Первомайский	0,0002	0,0002	0,002
Тегульдетский	0,0002	0,0002	0,002
Томский	0,0002	0,0002	0,002
Чаинский	0,0002	0,0002	0,002
Шегарский	0,0001	0,0001	0,001
	ПДК		
	0,002	0,002	0,03

воду борьба общественности за отказ от хлорирования и поиск альтернативных способов обеззараживания воды в мировой практике повлекла несколько негативных событий. Так, в 1994—1995 гг.



в Южной Америке зарегистрирована вспышка холеры, показавшая нецелесообразность отказа от хлорирования как метода дезинфекции. Вместе с тем, доза реагента может быть значительно снижена, если одновременно применять физические методы обеззараживания, предварительную обработку воды с целью удаления органических соединений, что уменьшает риск накопления хлорорганических соединений.

Актуализация тенденции осуществлять питьевое водоснабжение из подземных источников в последние годы связана с усиливающимся повсеместным загрязнением поверхностных вод и относительно высокой стабильностью состава при отсутствии микробного загрязнения глубоко залегающих подземных вод. Однако проблема выбора источника водоснабжения — вопрос неоднозначный.

Высокое содержание в подземных водах солей кальция и магния отражается на росте заболеваемости населения: кратно увеличивается число патологий, связанных с формированием минеральных новообразований. Патогенные биоминеральные новообразования в организме человека характеризуются типами: камни мочевой системы, желчные камни, зубные камни, кальцификаты на сердечном клапане, минеральные отложения на сосудах, поджелудочные камни, камни предстательной железы и др. В составе этих камней обнаружены минералы, основу которых составляют карбонаты, фосфаты кальция.

Лечение указанных патологий — дорогостоящая процедура, не доступная малообеспеченной части населения. Встает вопрос о целесообразности выбора водоисточника в каждом конкретном случае. На территориях, удаленных от очагов химического, физического, бактериального загрязнения, где реки и озера еще сохранили способность к самоочищению, возможность использования поверхностных вод должна быть реализована.

Достоинства и недостатки каждого из типов воды приведены в табл. 6. Из таблицы следует, что выбор водоисточника и технологии водоподготовки в каждом конкретном случае индивидуален. Для решения вопроса о предпочтительном варианте надежной и качественной системы водоснабжения должны всесторонне рассматриваться следующие данные: результаты химических анализов воды из всех потенциальных водоисточников, заключения о санитарно-гигиенических характеристиках в соответствии с нормативной документацией Госсанэпиднадзора, гидрогеологическая информация о запасах водных ресурсов, принципиальная возможность обеспечения нормального режима в зонах санитарной охраны, экономическая эффективность

использования тех или иных технологий, экологическая целесообразность намеченных мероприятий.

Лучше всего на территории Томской области решена проблема обеспечения питьевой водой жителей г. Томска. Город снабжается артезианской водой высокого качества. На старейшем крупном предприятии "Томскводоканал" вопросам экологизации технологического процесса уделяется серьезное внимание. Проблемы, касающиеся строительства и реконструкции, рассматриваются при участии специалистов природоохранных и других ведомств (здравоохранения, водного хозяйства, рыбного хозяйства, гидрометеорологии), Томской городской и областной администрации. Применение новой техники, технологий, материалов и веществ также осуществляется в строгом соответствии с экологическими нормами.

В то же время, длительная эксплуатация более чем 200 водозаборных скважин, сосредоточенных на Обь-Томском междуречье (ОТМ), негативно сказывается на качестве водоснабжения населенных пунктов Томского района из-за понижения уровней подземных вод. Наблюдаются тенденции повышения содержания железа, марганца, кремния в эксплуатационных скважинах. Установлено, что в подземной воде отдельных скважин палеогенового горизонта на территории ОТМ повысилось содержание нитратов, появились отсутствовавшие ранее нитриты, увеличилась перманганатная окисляемость, количество аэробных сапрофитов, возросли концентрации фосфатов и хлоридов. Эти данные позволяют сделать вывод об ухудшении гидрогеохимического и экологического состояния территории.

Объектами, со стороны которых существует главная угроза загрязнения подземных вод, являются г. Томск, сельскохозяйственные предприятия на территории ОТМ (отсутствие очистных сооружений в населенных пунктах, неправильное хранение и использование химикатов, бесконтрольная вырубка лесов, нарушение естественного водного баланса заболоченных территорий и т. д.), загрязненные воды рек. Низкое качество воды ряда скважин заставило интенсифицировать водоотбор из других "более благополучных скважин".

Неравномерная нагрузка на разные участки водозабора и большое водопотребление сделали реально снижение уровня вод в неоген-четвертичном и палеогеновом горизонтах. Восполнение водных ресурсов эксплуатируемого горизонта происходит как через зону аэрации, так и в результате инфильтрации воды реки Томи и разгрузки глубинных вод мелового комплекса. При этом естественные скорости миграции водных потоков увеличиваются в результате формирования воронки



Таблица 6

Сопоставление применимости поверхностных и подземных вод для водоснабжения

Особенности состава и свойств воды	Достоинства методов добычи, очистки, транспортировки воды	Недостатки методов добычи, очистки, транспортировки воды
<p>1. Вода из поверхностных источников Вода содержит мало солей жесткости и железа, но загрязнена органическими веществами, глинистыми частицами, илом, водорослями и другими организмами, включая патогенную микрофлору. Вода подвержена максимальному воздействию со стороны атмосферных выпадений, ливневых, хозяйственных, производственных, сельскохозяйственных и других стоков, страдает при ЧС</p>	<p>При использовании воды в теплоснабжении, энергетике или других областях, где требуется нагревание, вода из поверхностных источников требует меньших затрат на обессоливание.</p> <p>Если загрязнение органическими веществами невелико, то очистка воды перед подачей потребителю не требует значительных затрат и заключается в обработке коагулянтами, отстаивании, фильтровании и обеззараживании.</p> <p>Малая склонность воды к выделению солей, образующих отложения на трубах, узлах, водоразборной арматуре.</p> <p>Мягкая вода не способствует отложению конкрементов в почках и других органах человека</p>	<p>В зимнее время на водозаборных сооружениях есть трудности, связанные с обледенением, шугообразованием.</p> <p>В паводковый период возрастает степень загрязнения воды, и наблюдается перерасход реагентов для доведения качества воды до нормативных показателей.</p> <p>Сезонные изменения температуры требуют постоянной корректировки режимов и параметров при обработке воды.</p> <p>При наличии в воде органических веществ их не удается удалить без применения окислительно-сорбционных технологий. Использование этих технологий требует высоких затрат на строительство и эксплуатацию дополнительных сооружений и оборудования.</p> <p>При обеззараживании воды с применением хлорсодержащих реагентов органические вещества реагируют с ними и образуют токсичные хлорорганические вещества, нормируемые СанПиН 2.1.4.1074-01.</p> <p>Образующиеся осадки промывных вод с фильтров и из отстойников трудно обезжелезывать и утилизировать. Велики экологические штрафы за их ненадлежащее хранение и сброс</p>
<p>2. Вода из подземных источников Вода содержит много солей жесткости, имеет высокую минерализацию, а также железо и марганец в концентрации, превышающей ПДК в несколько раз, но не загрязнена болезнетворными бактериями. Так как водоносный пласт находится на большой глубине (70...130 м), то техногенное загрязнение сильно ослаблено благодаря удерживанию загрязнителей породами и минералами выше лежащих геологических структур</p>	<p>Стерильность воды в отношении патогенной микрофлоры.</p> <p>Отсутствие токсичных загрязнителей техногенного происхождения, требующих для их удаления дорогостоящего оборудования.</p> <p>Возможность использования только безреагентных методов, так как при удалении железа оно, коагулируя, использует внутренние возможности самой воды: на хлопьях образующихся частиц гидроксида железа адсорбируются другие примеси, загрязнявшие воду.</p> <p>При удачном сочетании природных и технических факторов, грамотном использовании результатов гидрогеологических опробований при выборе и оборудовании скважины, а также применяя знания современных методов кондиционирования состава воды удается получить доброкачественную воду при минимальной ее обработке</p>	<p>При использовании воды в теплоснабжении, энергетике или других отраслях, где требуется нагревание, вода из подземных источников требует дополнительных затрат на обессоливание, удаление железа и марганца.</p> <p>Если загрязнение органическими веществами велико, то очистка воды от железа требует предварительного их разрушения (например, электрохимически, озоном или другими сильными окислителями).</p> <p>Требуемая полнота очистки не всегда может быть обеспечена традиционными методами, вследствие чего стоимость обработки воды может быть высокой и это потребует повышения тарифов.</p> <p>Жесткая и очень жесткая подземная вода способствует урологическим заболеваниям (отложению камней и т. п.).</p> <p>Необходимо обеспечивать оптимальный индекс стабильности, чтобы из воды не выделялся осадок и сама она не была агрессивной по отношению к материалу трубопроводов.</p> <p>Образующиеся осадки промывных вод с фильтров трудно поддаются обезжелезиванию, и, как следствие, не утилизируются, а сбрасываются в канализацию либо на иловые площадки либо в водоемы, что наносит вред окружающей среде</p>

депрессии, что создает гидродинамические предпосылки для изменения направления движения подземных вод, в том числе и от места захоронения отходов к скважинам водозабора.

Многочисленные бытовые водоочистные устройства (ВОУ), в изобилии предлагаемые потребителю, не могут решить основную задачу водоподготовки в крупном городе или селе. Большинство таких устройств рассчитано на доочистку водопроводной воды, уже прошедшей предварительную обработку. Очистка же высокомутных вод, вод с большим содержанием железа, особенно при одновременном присутствии органических загрязнителей, при помощи бытовых водоочистных устройств весьма затруднительна. Ресурс большинства ВОУ невелик. Рекомендуемые разработчиками

замена картриджа или регенерация сорбента требуют соблюдения определенных условий, не всегда приемлемых при использовании природных вод.

В связи с этим приоритетным в государственных и региональных программах по обеспечению населения доброкачественной питьевой водой должно быть решение проблем, направленных на усовершенствование прежде всего крупных систем водоподготовки. Идеологическая направленность экологических мероприятий должна быть связана не только с более глубокой очисткой воды и стоков. Государственная природоохранная стратегия предусматривает работу по предотвращению загрязнения водоисточников в результате антропогенного (техногенного) воздействия. Ясно, что именно сильная загрязненность природных вод, особенно



поверхностных, является основной причиной удорожания технологий водоподготовки.

Крупные водопользователи заинтересованы в охране водных ресурсов от загрязнения, они берут на себя ответственность за рациональное их использование, производят экологические платежи в соответствующие ведомства, частично финансируя тем самым природоохранные мероприятия, в то время как большая часть предпринимателей, действующих только из соображений "коммерческой целесообразности", не слишком обеспокоены региональными экологическими проблемами. В какой-то степени для них справедлив принцип "чем хуже, тем лучше" (чем хуже общая экологическая ситуация в регионе, тем выше обеспокоенность людей за свое здоровье и готовность приобретать устройства и оборудование для защиты от внешней угрозы).

Стремление производителей бутылированной воды расширить свой рынок до полного охвата населения не выдерживает критики как с точки зрения высокой стоимости для населения, так и с позиций экологической обоснованности. Истинная цена воды — предмет многих дискуссий. Превращаясь из возобновимого ресурса в товар, вода приобретает некую стоимость. Однако при расчете этой стоимости учитывается только часть затрат (на добычу, очистку и обеззараживание, транспортировку). Стоимость чистой воды многократно возрастает, если учесть экологическую составляющую, например, природоохранные мероприятия (проведение аварийно-восстановительных работ, строительство и реконструкция сооружений для очистки канализационных вод, для утилизации осадков, образующихся при обработке вод и т. п.), расходы на утилизацию бутылок, применяемых в качестве тары, которые изготовлены из трудно разрушающихся пластмасс, образующих токсичные вещества при сжигании и потому экологически вредных.

Управление безопасностью питьевого водоснабжения на государственном уровне предполагает закрепление новых национальных стандартов о пить-

евой воде и соответствующие механизмы регуляции — как на федеральном, так и на региональном уровнях. Региональная программа должна включать следующие наиболее важные положения:

- выработка рекомендаций по условиям, видам и объемам хозяйственной деятельности в выделенных зонах санитарной охраны водозаборных сооружений;

- создание эффективной наблюдательной сети за режимом природных вод на территории;

- паспортизация промышленных и сельскохозяйственных объектов вблизи от водоисточников с целью устранения источников загрязнения и истощения водных ресурсов;

- создание опытно-производственных площадок для комплексной всесторонней оценки безопасности эксплуатации инженерного оборудования систем водообеспечения;

- освоение новых методов гидрогеохимической и микробиологической индикации загрязнения природных вод;

- обеспечение безопасного расстояния между системами канализации и водоснабжения;

- обеспечение непроницаемости элементов системы водоснабжения, позволяющей предотвратить загрязнение воды извне;

- высокие стандарты выбора природных источников водозабора, изучение наиболее эффективных вариантов развития водоснабжения в малых населенных пунктах с учетом местных особенностей;

- в сельском водоснабжении при пользовании колодцами и мелкими источниками: обеспечить предотвращение попадания в колодцы фекальных стоков, экскрементов животных; регулярное хлорирование;

- санитарно-гигиеническое просвещение на всех общественных уровнях, включая представителей власти, профессиональные организации, школы, межведомственное сотрудничество.

ИНФОРМАЦИЯ

Следующий номер журнала № 5 — 2008
приурочен к 15-летию

**Международной академии наук
экологии и безопасности жизнедеятельности
(МАНЭБ)**

О новом межгосударственном стандарте "Шум. Измерение шума строительного оборудования, работающего под открытым небом." Метод установления соответствия нормам шума"

ГОСТ 31325—2006 (ИСО 4872:1978) "Шум. Измерение шума строительного оборудования, работающего под открытым небом. Метод установления соответствия нормам шума" введен в действие с 01.04.2007 г.

В разделе стандарта "Общие положения и область применения" указано, что стандарт устанавливает метод измерения уровней звука в заданных точках вблизи предназначенного для применения вне помещений строительного оборудования — устройств или машин с целью определения их соответствия нормам шума. Кроме того, здесь дается разъяснение, что стандарт применяют к источникам, которые излучают широкополосный шум, узкополосный шум, шум с дискретным спектром и их комбинации, но прежде всего, к источникам, излучающим постоянный шум.

В разделе "Термины, определения и обозначения" даны формулировки и обозначения следующих понятий: уровень звукового давления, уровень звука, уровень звука на поверхности, уровень звуковой мощности, измерительная поверхность, фоновый шум и эквивалентный уровень звука.

В разделе "Акустические условия" приведены перечисленные ниже требования к проведению измерений.

1. За исключением отражающей плоскости, основания, испытательное пространство должно быть свободно от отражающих объектов, чтобы источник создавал свободное звуковое поле.

2. В точках измерений уровень звука фонового шума должен быть по меньшей мере на 6 дБА (желательно более чем на 10 дБА) ниже уровня звука во время работы источника.

3. Скорость ветра на строительной площадке должна быть менее 8 м/с. При скорости ветра, превышающей 1 м/с, следует использовать ветрозащитный экран. При калибровке измерительной системы следует соответствующим образом компенсировать влияние экрана.

В разделе "Средства измерений" перечислены предъявленные к ним требования.

1. Средства измерений должны позволять проводить измерения уровня звука и эквивалентного уровня звука.

2. Для минимизации влияния наблюдателя на измерения предпочтительно использовать кабель, чтобы расположить шумомер подальше от микрофона. Наблюдатель не должен стоять между микрофоном и испытуемым источником шума. Микрофон должен соответствовать требованиям ГОСТ 17187—81.

3. Частотная характеристика измерительной системы для указанных изготовителем углов падения звуковой волны должна быть в пределах, заданных в пп. 1.8 и 1.23 ГОСТ 17187—81.

4. Микрофон вместе с измерительным кабелем по меньшей мере перед началом и в конце серии измерений должны быть калиброваны с помощью акустического калибратора на одной частоте или более. Одна из калибровочных частот должна находиться в диапазоне от 250 до 1000 Гц. Точность калибровки должна соответствовать требованиям ГОСТ 17187—81.

В разделе стандарта "Установка источника шума и режим его работы" отмечается, что по возможности все вспомогательное оборудование, необходимое для работы испытуемой машины и не являющееся ее составной частью, должно быть размещено так, чтобы не оказывать влияния на результаты измерений. В частности, все вспомогательное оборудование должно быть размещено вне испытательного пространства или быть акустически изолировано от него. Испытуемые машины, эксплуатируемые совместно со сменным оборудованием (например, пневматическим инструментом), во время испытаний должны работать с основным устройством, производящим максимальный шум.

Обращается внимание, что если стандарта, относящегося к испытаниям на шум машин данного вида, нет, то могут быть заданы один или несколько следующих режимов работы:

- a) заданный режим работы;
- b) режим полной нагрузки (если он отличается от предыдущего);
- c) режим без нагрузки (холостой ход);
- d) режим, соответствующий максимальному излучению шума.

При определении режима работы машины во время испытаний важно учитывать шум, излучае-

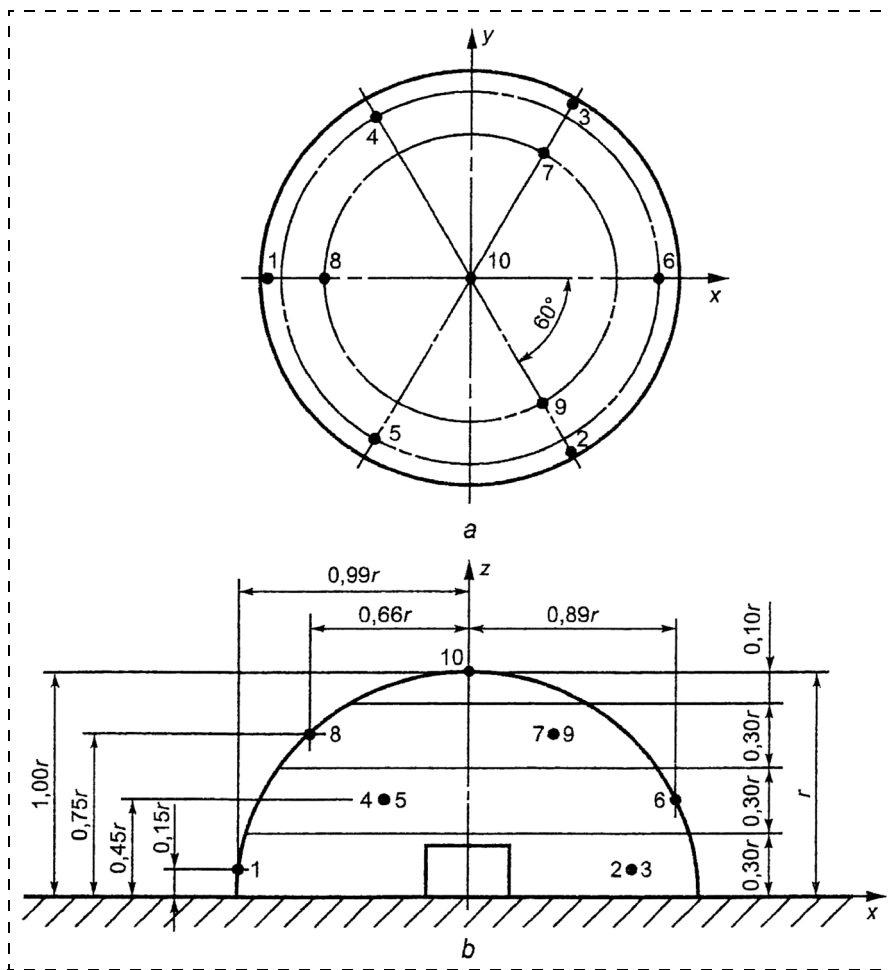


Рис. 1. Размещение точек измерений на полусфере (вариант А):
 а — вид сверху; б — вид сбоку; r — радиус полусферы; 1–10 — номера точек измерений

мый самой машиной, а также шум, производимый инструментами, рабочими материалами или поверхностями, находящимися в соприкосновении с машиной или возбуждаемыми ею.

В разделе "Измерение уровня звука" указывается, что облегчить выбор точек измерений позволяет воображаемый прямоугольный параллелепипед наименьших размеров (длиной l_1 шириной l_2 , высотой l_3), плотно охватывающий источник и ограниченный снизу отражающей плоскостью. При построении огибающего параллелепипеда можно пренебречь выступающими за контуры источника шума малыми элементами, которые не являются главными излучателями звуковой энергии.

Отмечается, что точки расположения микрофона (точки измерений) должны лежать на измерительной поверхности — гипотетической поверхности площадью S , охватывающей как источник, так и огибающий параллелепипед и заканчивающейся на отражающей плоскости. При этом может быть исполь-

зована одна из двух измерительных поверхностей:

- полусферическая;
- поверхность в форме прямоугольного параллелепипеда, стороны которого параллельны сторонам огибающего параллелепипеда (в этом случае измерительное расстояние d — это минимальное расстояние между измерительной поверхностью и огибающим параллелепипедом).

Обращается внимание, что конфигурация огибающего параллелепипеда, размеры и форма измерительной поверхности, измерительное расстояние или радиус полусферы должны быть заданы, как определено в стандартах, устанавливающих требования к испытаниям на шум машин рассматриваемого вида.

Стандарт устанавливает два варианта расположения точек на полусферической измерительной поверхности. Для варианта А положение десяти точек измерений, распределенных по указанной измерительной поверхности радиуса r , показаны на рис. 1, а их координаты приведены в табл. 1.

При варианте В положение 12 точек измерений, распределенных по полусферической измерительной поверхности радиуса r , показано на рис. 2, а их координаты приведены в табл. 2.

Положение точек измерений на измерительной поверхности в форме параллелепипеда определено в стандарте следующим образом.

Таблица 1

Координаты 10 точек измерений для варианта измерительной поверхности А

Номер точки измерений	x/r	y/r	z/r
1	-0,99	0	0,15
2	0,50	-0,85	0,15
3	0,50	0,85	0,15
4	-0,45	0,77	0,45
5	-0,45	-0,77	0,45
6	0,89	0	0,45
7	0,33	0,57	0,75
8	-0,66	0	0,75
9	0,33	-0,57	0,75
10	0	0	1

Координаты 12 точек измерений для варианта измерительной поверхности В

Номер точки измерений	x/r	y/r	z
1	1	0	1,5 м
2	0,7	0,7	1,5 м
3	0	1	1,5 м
4	-0,7	0,7	1,5 м
5	-1	0	1,5 м
6	-0,7	-0,7	1,5 м
7	0	-1	1,5 м
8	0,7	-0,7	1,5 м
9	0,65	0,27	$0,71r$
10	-0,27	0,65	$0,71r$
11	-0,65	-0,27	$0,71r$
12	0,27	-0,65	$0,71r$

Обращается внимание, что хотя полусферическая измерительная поверхность подходит для многих строительных машин, она не всегда может быть применена для очень больших машин, установленных на испытательных площадках, где относительно высок уровень фонового шума и не имеется отражающей плоскости, выступающей за пределы измерительной поверхности. При таких условиях предпочтительна измерительная поверхность в форме параллелепипеда.

В подразделе "Выполнение измерений" определено, что измерения шумомером выполняют при его

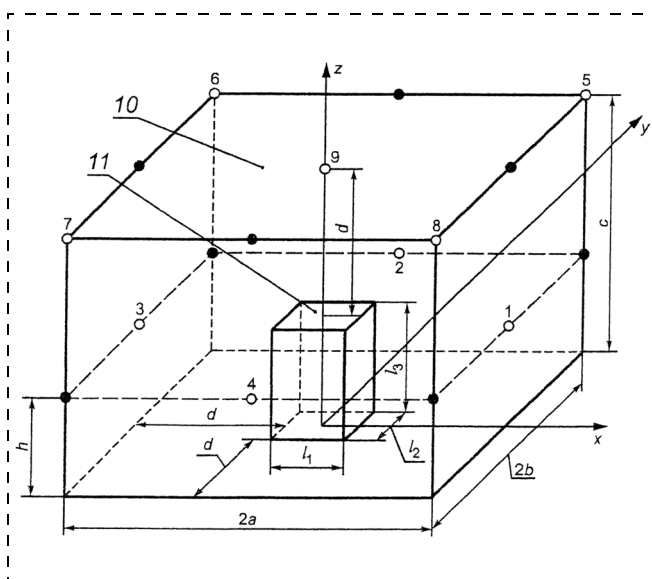


Рис. 3. Размещение точек измерений на параллелепипеде: 10 — измерительная поверхность; 11 — огибающий параллелепипед; ○ — основные точки измерений; ● — дополнительные точки измерений

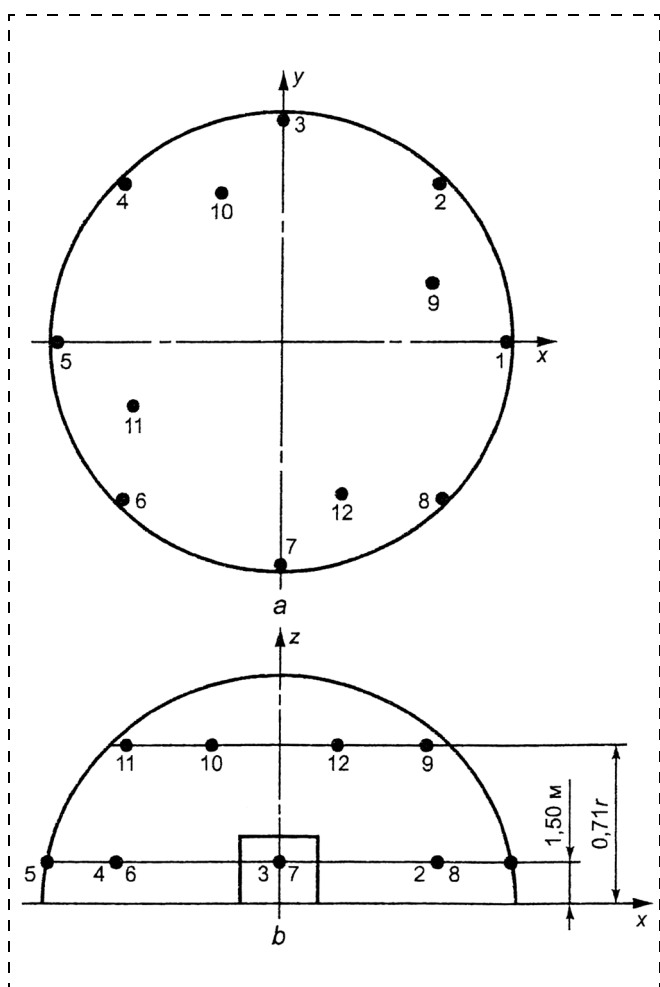


Рис. 2. Размещение точек измерений на полусфере (вариант В): а — вид сверху; б — вид сбоку; r — радиус полусферы; 1–12 — номера точек измерений

Точки измерений должны лежать на охватывающей источник гипотетической измерительной поверхности площадью S , стороны которой параллельны сторонам огибающего параллелепипеда, на расстоянии d (измерительном расстоянии) от огибающего параллелепипеда. При этом измерительное расстояние d по возможности должно быть выбрано из ряда: 1, 2, 4 м. Для больших машин девять основных точек измерений могут быть дополнены точками, показанными на рис. 3 темным цветом. При необходимости дополнительные точки измерений должны быть расположены так, чтобы расстояние между соседними точками было больше удвоенного расстояния d . Высоту h четырех самых низких точек измерений и высоту c пяти самых высоких точек задают формулой

$$h = 0,5c = 0,5(l_3 + d),$$

где l_3 — высота огибающего параллелепипеда.



характеристике "медленно". При этом если во время измерений показания шумомера изменяются менее чем на ± 3 дБ, то шум следует рассматривать как постоянный и за измеренный уровень принимать среднеарифметическое значение максимального и минимального значений на интервале измерений. Если показания шумомера изменяются более чем на ± 3 дБ, то для определения уровня звукового давления выполняют усреднение по энергетическому принципу. Процедура усреднения описана в ГОСТ 31296.1—2005. Как альтернатива для определения уровня звукового давления может быть использован интегрирующий шумомер.

Кроме того, в рассматриваемом стандарте отмечено, что для изменяющегося во времени шума важно задать продолжительность наблюдения и число рабочих циклов машины, выполняемых за время наблюдения. В общем случае измерение следует выполнять по меньшей мере на трех рабочих циклах машины. Общая продолжительность измерений в каждой точке должна быть не менее 15 с. Если машина имеет два характерных режима работы с различными уровнями шума, возможна различная продолжительность измерений для каждого режима работы.

Если разность между результатами замеров в режимах "медленно" и "импульс" равна или превышает 7 дБ, то шум следует считать импульсным. Сравнение следует проводить для одного или более положений микрофона на измерительной поверхности. В случае установления импульсного характера

шума при вычислении звуковой мощности вместо уровней звука L_{pA} следует применять эквивалентные уровни звука $L_{pAeq, T}$, а в протокол испытаний должна быть внесена соответствующая запись.

В разделе "Вычисление среднего уровня звука и уровня звуковой мощности" применительно к последним комментируются зависимости для их расчета.

Специальный раздел посвящен информации, которая должна вноситься в протокол испытаний.

В рекомендуемом приложении А стандарта разъясняется порядок учета влияния на результаты измерений отражающих свойств поверхности, на который располагаются источники шума, фонового шума и метеорологических условий.

В рекомендуемом приложении В стандарта представлен порядок определения показателя направленности излучения шума оборудования в рассматриваемом случае.

Представляется, что введение ГОСТ 31325—2006 (ИСО 4872:1978) "Шум. Измерение шума строительного оборудования, работающего под открытым небом. Метод установления соответствия нормам шума" будет способствовать решению одной из многочисленных проблем защиты окружающей среды — снижению шума строительного оборудования.

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

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

Телефон редакции журнала (495) 269-5397, тел./факс (495) 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 *Е. В. Комиссарова*.

Сдано в набор 11.02.08. Подписано в печать 24.03.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,28. Заказ 297.

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.