



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

2(86)  
2008

**Редакционный совет:**

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

**И. о. главного редактора**  
ПРУСЕНКО Б. Е.

**Зам. главного редактора**  
ПОЧТАРЕВА А. В.

**Ответственный секретарь**  
ПРОНИН И. С.

**Редакционная коллегия:**

АНТОНОВ Б. И.  
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

- Василевский М. В., Зыков Е. Г., Разва А. С., Логинов В. С.** Обеспыливание воздуха циклонами в аспирационных сетях . . . . . 2
- Халимов А. Г., Зайнуллин Р. С., Халимов А. А.** Особенности оценки ресурса безопасной эксплуатации оборудования для переработки нефти . . . . . 6

### БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

- Гудков В. А., Федотов В. Н., Жирков Р. А., Богданова Е. В.** Подготовка водителей пассажирского автотранспорта и безопасность дорожного движения . . . . . 12

### ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Кобзарь И. Г., Козлова В. В.** Оценка внутреннего и внешнего облучения населения Ульяновской области . . . . . 16

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Буренин В. В.** Новые конструкции воздушных фильтров-пылегазоуловителей . . . . . 20
- Елькин А. Б., Конохова Н. С.** Определение границ санитарно-защитной зоны по шумовому фактору . . . . . 27
- Кустова Н. Р.** Оценка степени деградации растительности в пределах техносферы г. Воронежа . . . . . 32

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Абшаев М. Т., Абшаев А. М., Малкарова А. М., Мизиева Ж. Ю.** О водозапасах кучево-дождевых облаков . . . . . 35
- Шлычков В. А.** Плановая модель русловых водотоков как инструмент обеспечения безопасности городского водоснабжения в период шугохода . . . . . 39

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Титова Т. С., Пигарева Г. В.** Тренинг-программа для формирования навыков эффективной и безопасной работы . . . . . 44

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Белов С. В., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** Безопасность (семантика) . . . . . 47

### ИНФОРМАЦИЯ

- Готлиб Я. Г., Смирнов С. Г.** Всероссийская студенческая олимпиада по техносферной безопасности 2007 года . . . . . 55

**Приложение. Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Словарь-путеводитель. Часть II. Термины и определения ССОП. Выпуск 2. Л-П.

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 621.928.93

**М. В. Василевский**, канд. техн. наук, доц., **Е. Г. Зыков**, канд. техн. наук,  
**А. С. Разва**, **В. С. Логинов**, д-р физ.-мат. наук, проф.,  
Томский политехнический университет

## Обеспыливание воздуха циклонами в аспирационных сетях

*Очистка воздуха от пыли в циклонах осуществляется в условиях изменяющихся термодинамических, гидродинамических параметров потока, а также в условиях сегрегации частиц, образования агломератов. Изменение гранулометрического состава дисперсной фазы происходит как на стадии конвейерного перемещения при пересылках дисперсного материала с транспортера на транспортер, так и в процессе движения двухфазного потока вблизи криволинейных поверхностей в самом циклоне. Это является причиной образования отложений пыли на поверхностях циклонов, изменения конфигурации потоков и снижения эффективности обеспыливания. В статье обсуждаются мероприятия, способствующие уменьшению образования пыли в конвейерных системах, а также технические решения, способствующие стабилизации процесса обеспыливания воздуха.*

### Общие положения

Современные технологические процессы связаны с перемещением и механической обработкой сыпучих продуктов, которые сопровождаются выделением большого количества пыли в окружающую среду. Поэтому важнейшей задачей аспирационных систем является поддержание чистоты воздуха и создание комфортных условий в рабочих помещениях. При аспирации создается разрежение внутри герметизирующего оборудования, что позволяет устранить поступление пыли в помещение.

Очистка воздуха от пыли в аспирационных системах проводится в циклонах и фильтрах. Основная трудность эксплуатации аспирационных систем заключается в ненадежной работе воздухоочистителей из-за изменения свойств дисперсной фазы и термодинамических характеристик несущей среды. Эти изменения обычно не учитываются при проектировании, так как отсутствует опыт оценки влияния поверхностных характеристик частиц (адгезионных и аутогезионных свойств) на надежность работы пылеуловителей.

Аутогезионные силы проявляются в зависимости от свойств поверхности частиц, термодинамического состояния поверхности при взаимодействии с окружающей средой и друг с другом. Если частицы несут на своей поверхности одинаковые

электрические заряды, они отталкиваются друг от друга, аутогезионная сила отрицательна, если разноименные заряды — положительна. Если на поверхности адсорбированы пары влаги, аутогезионная сила также положительна и увеличивается с увеличением толщины водяной пленки на поверхности частицы. Прочность сцепления частиц определяется аутогезионными силами. Эти силы проявляются только в монослое частиц, соприкоснувшихся с поверхностью, поэтому не могут играть определяющую роль в формировании отложений.

Вопрос о слипаемости пыли на практике решается на основе качественных суждений об их поведении в тех или иных условиях [1]. В приборе И. Е. Андрианова определяется разрывная прочность специально сформированных пылевых слоев [2]. Прочностные и реологические свойства порошков связывают с их способностью удерживать вертикальный откос. С увеличением аутогезионной способности и внутреннего трения порошкообразный материал приобретает прочность, достаточную для того, чтобы противостоять разрушению под действием различных сил [3].

### Выделение пыли в конвейерных системах транспорта сыпучих материалов

В аспирационных системах, например в узлах пересыпки дисперсных материалов конвейерных систем, агломераты частиц в условиях повышенной влажности образуются при их взаимодействии друг с другом, при "блочном" сходе материала с транспортерных лент. Материал поступает в систему сгустками, поэтому концентрация частиц в потоке не стационарна. В условиях пониженной влажности на поверхностях частиц образуется одноименный электрический заряд, что обуславливает повышенное диспергирование частиц.

В коробах пересыпки, выполняющих роль укрытий, ссыпающийся на нижерасположенный транспортер материал эжектирует воздух из расчета 2...20 м<sup>3</sup> воздуха на 1 м<sup>3</sup> материала. Поток воздуха, отразившись от транспортерной ленты, диспергирует материал, и концентрация частиц в потоке многократно возрастает. Создается перепад давления по высоте пересыпки, который зависит от степени диспергирования пыли, исходной концентрации пыли в материале и высоты между транспортерами.

В промышленных условиях перепад может колебаться в диапазоне 2...110 мм вод. ст. ( $\approx 0,02...1,1$  кПа). В связи с этим обстоятельством интенсивность отвода пыли, т. е. количество воздуха, отводимого с пылью из аспирационного короба, должно регулироваться в зависимости от степени диспергирования пыли при пересыпке, т. е. в зависимости от термодинамического состояния поверхностей частиц.

Применяемый в настоящее время способ аспирации коробов пересыпок заключается в создании разрежения в коробе и отводе большого количества воздуха с пылью. При больших разрежениях воздух проходит внутрь короба через уплотнения в виде струй, увеличивая степень диспергирования пыли и тем самым концентрацию частиц в объеме короба. Существенным недостатком практически всех существующих систем аспирации является возврат уловленной пыли в систему транспортировки. Это обстоятельство приводит к накоплению мелкой пыли по всем маршрутам движения материала. Чтобы предотвратить интенсивное диспергирование материала струями, выходящими из уплотняющих щелей, необходимо иметь рассредоточенный вывод запыленного воздуха из аспирационного короба, причем скорость воздуха в выводящих отверстиях должна быть намного больше, чем в уплотняющих щелях. Для большей устойчивости желательно иметь расширительную (демпфирующую) камеру, в которой сгустки выпадают из потока и удаляются в транспортер. При повышенной влажности материала можно использовать малую часть отводящих каналов, но при этом должны быть выполнены и функционировать лючки на коллекторном воздуховоде на входе в циклоны для обеспечения гидравлической стабилизации всей системы.

Существуют и радикальные решения. Например, отвод запыленного воздуха следует осуществлять там, где он поступает из короба в окружающую среду (типа бортового отсоса). С наружной стороны короба крепятся накладки, образующие каналы с щелевыми отверстиями, расположенными вблизи "пылящих" зазоров, а со стороны входа и выхода материала с транспортерных лент устанавливаются дополнительные фартуки. Таким образом, из короба выводится пыль, которая естественным образом пришла во взвешенное состояние и вышла в зазоры. В этом случае концентрация пыли в коробе может достигать больших значений, однако это допустимо, так как пыль не взрывоопасна.

Другое решение — проводить подготовку сырья перед транспортированием путем обеспыливания всего исходного материала (отдув пыли). При этом количество образовавшейся при пересыпках вторичной пыли будет незначительно. Однако этот процесс требует дополнительных затрат и в российской практике не получил должного применения.

### Очистка воздуха в инерционных аппаратах

При работе воздухоочистительных групповых циклонных аппаратов в условиях повышенной влажности образуются слипшиеся частицы различных размеров, которые с разной концентрацией поступают в элементы системы и создают в них неодинаковую гидродинамическую ситуацию. Крупный сгусток, поступивший в один из элементов, может инициировать смещение вынужденного вихря в сепарационное пространство циклона, препятствуя транспортированию частиц в пылеприемник. В других элементах часть потока может проходить через пылеприемник в соседний циклонный элемент через его пылевыводное отверстие. Такая ситуация приводит к забивке элементов пылью [4].

В другом случае, когда требуется непрерывно выводить уловленную пыль из пылеприемника, возникает сводообразование и зависание материала в пылеприемниках и пылевых затворах. В условиях повышенной турбулентности потока в пылеприемнике затруднено образование насыпного слоя из частиц. Это обусловлено взаимодействием закрученных факелов, истекающих из пылевыводящих отверстий циклонных элементов (образование турбулентной бури), препятствующих образованию насыпного слоя в пылеприемнике и способствующих выносу уловленной пыли из пылеприемника через пылевыводное отверстие (унос). Кроме того, групповые или батарейные циклонные воздухоочистители не имеют элементов регулирования.

Нами был разработан промышленный вихревой пылеуловитель, установленный за котлом КЕ 10/14 котельной ОАО "Шахта Заречная" (г. Польшаево, Кемеровская область) [5]. На рис. 1 представлена компоновочная схема вихревого пылеуловителя (а), установленного вместо батарейного циклона, и схема потоков (б). Эффективность батарейного циклона на котле слоевого сжигания топлива составляла 69 %, эффективность нового вихревого пылеуловителя — 95 %, гидравлическое сопротивление до 1500 Па.

Запыленный газовый поток с концентрацией  $C_{вх}$  в количестве  $Q + q + q$  поступает в разгрузитель-пылеконцентратор 1, снабженный собственным пылесборным бункером. Эффективность осаждения частиц в пылесборном бункере разгрузителя составляет  $\eta_0$ . Неотсепарированные в пылевом бункере разгрузителя частицы с потоком в количестве  $Q + q + q$  и концентрацией  $C_{Q+q}^0$  с эффективностью  $\eta_1$  концентрируются на стенке и в количестве  $q$  с концентрацией  $C_1$  выводятся в выносной циклон разгрузителя-пылеконцентратора 3.

Далее концентрат с эффективностью  $\eta_3$  выделяется из циклона, а поток с концентрацией  $C_2$  присоединяется к основному очищенному потоку. Поток, очищенный в разгрузителе-пылеконцентра-

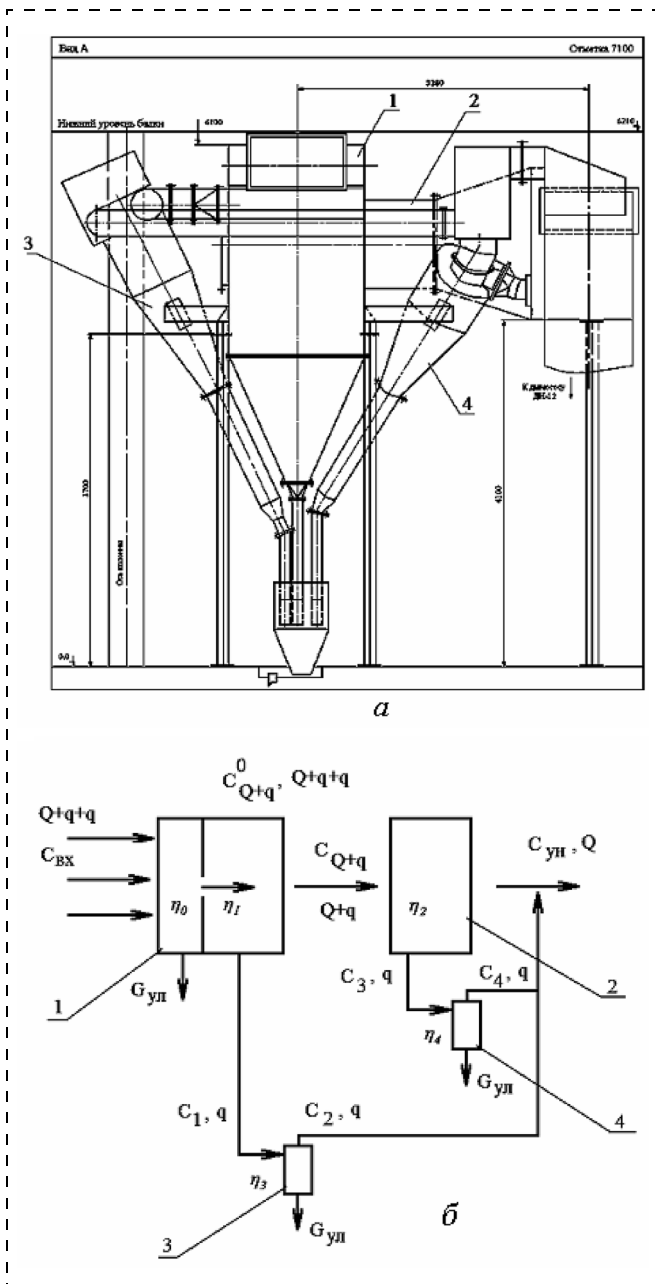


Рис. 1. Вихревой пылеуловитель:  
а — компоновочная схема; б — схема потоков

Результат расчета эффективности системы  
пыле- и золоулавливания

Расчетные параметры, %	Размер частиц, мкм			
	Более 60	20...60	10...20	0...10
$\varepsilon_i$	82,2	5,4	5,9	6,5
$\eta_{i0}$	94	79	22	6
$\eta_{i1}$	99,9	97	68	45
$\eta_{i2}$	99,9	98	75	56
$\eta_{i3}$	99,9	99,8	94	71
$\eta_i$	99,9	99,7	89	59
$\eta_\Sigma$	96,1			

торе от крупных частиц, в количестве  $Q + q$  с концентрацией  $C_{Q+q}$  поступает в диффузорный пылеконцентратор 2. Здесь тонкая пыль концентрируется с эффективностью  $\eta_2$  и с количеством газа, равном  $q$ , и концентрацией  $C_3$  выводится в выносной циклон 4. Далее пылеконцентрат с эффективностью  $\eta_4$  выделяется из циклона, а поток с концентрацией  $C_4$  присоединяется к основному очищенному потоку. Основной поток, очищенный от пыли, в количестве  $Q$  с концентрацией  $C_{ун}$ , поступает на вход дымососа. Таким образом, осуществляется трехступенчатая очистка потока воздуха, который получил первоначальную закрутку в вихревой камере.

Полагая, что  $\eta_4 = \eta_3$ , из балансовых уравнений потоков пыли можно получить выражение фракционной эффективности системы пыле- и золоулавливания

$$\eta_i = 1 - (1 - \eta_{i0})\{1 - \eta_{i3}[\eta_{i2} - \eta_{i1}\eta_{i2} + \eta_{i1}]\}, \quad (1)$$

где  $\eta_{i0}$ ,  $\eta_{i1}$ ,  $\eta_{i2}$  и  $\eta_{i3}$  — фракционная эффективность соответственно первой, второй, третьей ступеней и циклона.

Общая эффективность системы пыле- и золоулавливания определяется по формуле:

$$\eta_\Sigma = \sum \eta_i \varepsilon_i, \quad (2)$$

где  $\eta_i$  — фракционная эффективность установки;  $\varepsilon_i$  — доля частиц  $i$ -й фракции. Методики расчета фракционной эффективности разделения аэрозоля в элементах установки приведены в учебном пособии [6].

Фракционный состав уноса золы из котла и результаты расчета эффективности установки представлены в таблице.

В приведенной схеме вихревого пылеуловителя имеется три пункта вывода уловленной пыли, что вызывает дополнительные трудности по ее транспортировке к месту складирования. Однако можно свести все потоки отсепарированной пыли в единый коллектор, поскольку выносные циклоны можно устанавливать наклонно, исходя из соображений удобства компоновки (см. рис. 1).

В ходе решения задачи обеспыливания воздуха в условиях образования отложений в промышленных системах аспирации конвейерного транспорта известняка использован опыт разработки пылеуловителя для очистки дымовых газов котлов слоевого сжигания твердого топлива. В качестве пылеуловителя промышленной аспирационной установки был использован также вихревой пылеуловитель, аналогичный вихревому пылеуловителю, представленному на рис. 1. В вихревом пылеуловителе транспортная скорость несущего потока равна тангенциальной скорости, при этом образование отложений и налипание пыли отсутствуют. Предлагаемый

пылеуловитель снабжен регулирующим элементом, при этом расход газа может изменяться в 2—3 раза. Хотя эффективность вихревого пылеуловителя ниже, чем одиночного высокоэффективного циклона, однако в эксплуатации он более устойчив и меньше подвержен забиванию пылью. Эффективность вихревого пылеуловителя значительно выше, чем батарейного или группового циклонов. Выбросы в атмосферу при замене батарейного или группового циклонов вихревым пылеуловителем уменьшаются в 4—6 раз [5].

Нами предложены технические решения по повышению эффективности очистки газов в групповых циклонах [7]. Разработаны различные схемы, рекомендуемые для применения в зависимости от удобства компоновки, расходов газа и запыленности очищаемой среды. Наиболее рациональной из них является схема очистки воздуха с рециркуляцией, представленная на рис. 2.

Расчетная формула для определения фракционной оценки эффективности сепарации частиц следующая:

$$\eta_i = 1 - (1 - \eta_Q)(1 - \eta_p) / [1 + \eta_q k - \eta_Q(1 - \eta_q)],$$

где  $\eta_p$ ,  $\eta_Q$ ,  $\eta_q$ ,  $\eta_p$  — фракционные эффективности очистки воздуха в системе, элементе группового аппарата, выносном циклоне, разгрузителе;  $k = q/Q$  — доля газов, отводимых с пылеконцентратом через выносной циклон;  $q$ ,  $Q$  — расходы газа через выносной циклон и на выходе из группового циклона.

Таким образом, чтобы процесс пылеулавливания в противоточных циклонах проходил устойчиво, необходимо осуществлять подготовку потока — разгрузать поток от крупных примесей и сгустков частиц, с одновременным снижением исходной запыленности газов, а также осуществлять центрирование потоков.

### Работа затворов непрерывной выгрузки

В системах пылеулавливания часто возникает необходимость возврата уловленного материала в технологический процесс. Для непрерывного удаления отсепарированной пыли из циклонов применяют пылевые затворы периодического и непрерывного действия. К непрерывно действующим

относятся мигалки с конусным или плоским клапаном, двойные пылевые затворы с электроприводом, шлюзовые питатели, а также некоторые виды конвейеров. К периодически действующим относят шиберные и шаровые затворы. Преимущество непрерывного удаления — отсутствие переуплотнений при слеживаемости материала, которое возникает при периодическом удалении.

Недостатком пылевых затворов непрерывного действия является непостоянство режимов течения материала, его зависание в устье затвора. А при удалении материалов с повышенной адгезией появляется необходимость увеличения сечения пылевыводного отверстия из-за сводообразования и переуплотнения сыпучего материала [3].

Для повышения стабилизации выгрузки материала предлагается пылевой затвор непрерывной выгрузки (рис. 3). Верхняя 1 и нижняя 2 наклонные полки пылевого затвора закреплены на передней стенке корпуса, между ними расположен шибер 3 с рукояткой 4. На шарнирах 5 и 6 подвешены пластины 7 и 8, в которых имеются отверстие 9 и клапан 10. Материал из емкости ссыпается в отсек, расположенный ниже шибера 3, и усилием бокового давления выводит пластины 7 и 8 из вертикального положения. Давление газа по высоте слоя в указанном отсеке оказывается одинаковым и свод не образуется, движение материала между шибером 3 и задней стенкой корпуса замедляется за счет противодействия газа.

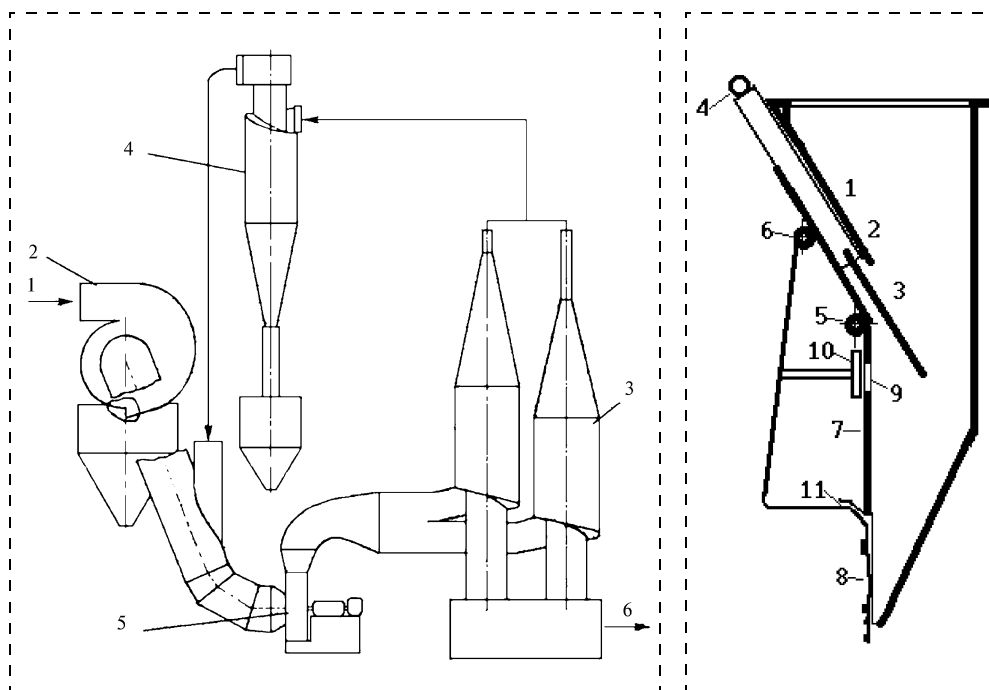


Рис. 2. Схема очистки воздуха с рециркуляцией: 1 — входящий запыленный поток; 2 — разгрузитель; 3 — групповой циклон; 4 — выносной циклон; 5 — вентилятор; 6 — очищенный воздух

Рис. 3. Пылевой затвор непрерывной выгрузки



По мере опорожнения отсека, расположенного ниже шиберов 3, пластина 7 возвращается в вертикальное положение и перекрывает верхнюю часть выгрузного окна корпуса затвора, одновременно уменьшается и угол отклонения от вертикального положения пластины 8. При этом разрежение в отсеке увеличивается, и расход материала из верхней части затвора в отсек возрастает. За счет большего момента сил, действующих на пластину 8 при давлении небольших порций материала, эта пластина находится в отклоненном положении, причем перепад давления газа по высоте слоя в отсеке определяется площадью зазора, образованного при частичном перекрытии отверстия 9 выступом 10. Чем больше отклонение пластины 8 от вертикального положения, тем больше зазор, тем интенсивнее истечение материала из отсека, и наоборот [8].

*Работа выполнена при поддержке РФФИ  
(грант № 06-08-00054).*

#### Список литературы

1. **Справочник** по пыле- и золоулавливанию / Под ред. М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягкова и др.; Под общей ред. А. А. Русанова. 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 312 с.
2. **Андрианов И. Е.** Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. — М.: Химия, 1982. — 256 с.
3. **Зимон А. Д., Андрианов Е. И.** Аутогезия сыпучих материалов. — М.: Металлургия, 1978. — 288 с.
4. **Потапов О. П., Кропп Л. Д.** Батарейные циклоны. — М.: Энергия, 1977. — 152 с.
5. **Зыков Е. Г.** Совершенствование процесса обеспыливания газов при модернизации промышленных систем пыле- и золоулавливания с инерционными аппаратами / Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. — Томск: ТПУ, 2005. — 17 с.
6. **Василевский М. В., Зыков Е. Г.** Расчет эффективности очистки газа в инерционных аппаратах: Учебное пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2005. — 88 с.
7. **Василевский М. В., Зыков Е. Г.** Методы повышения эффективности систем обеспыливания газов с групповыми циклонными аппаратами в малой энергетике // Промышленная энергетика. — 2004. — № 9. — С. 54–57.
8. **А. с. 1106756** Затвор для непрерывной выгрузки сыпучих материалов из емкости под разрежением / М. В. Василевский, Ж. А. Анисимов, Ю. А. Чернов // Б. и. — 1984. — № 29.

УДК 681.518.54

**А. Г. Халимов**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,

**Р. С. Зайнуллин**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф., **А. А. Халимов**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ЗАО НТЦ "Технология, экспертиза и надежность", Уфа

<sup>2</sup> ГУП "ИПТЭР", Уфа

## Особенности оценки ресурса безопасной эксплуатации оборудования для переработки нефти

*Рассмотрены особенности диагностирования технического состояния и продления ресурса безопасной эксплуатации длительно проработавшего нефтегазохимического оборудования с учетом реальных условий работы. Приведены результаты практического определения ресурса безопасной эксплуатации оборудования, изготовленного из конструкционных углеродистых и низколегированных сталей повышенной и высокой прочности и, в особенности, с плакирующим слоем из нержавеющей стали марки 08Х13.*

Большая часть нефтегазохимического оборудования (НХО) представляет собой сварные конструкции оболочкового типа: сосуды, аппараты и трубопроводы. В них осуществляются процессы массообмена (перегонка, ректификация, экстракция, адсорбция, десорбция, синтез), тепловые процессы (нагревание, охлаждение, выпаривание, конденсация) и процессы химической переработки нефти, нефтяных продуктов, газов, конденсата. Типич-

ным представителем оборудования нефтегазохимического производства являются цилиндрические сосуды, состоящие из нескольких вальцованных обечаек с днищами сферической или эллиптической формы, люками и штуцерами. Из них вертикальные аппараты составляют по массе 60...70 % от всей аппаратуры.

В соответствии с требованиями Федерального закона № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" нефтегазохимическое оборудование относится к категории опасных производственных объектов. Установлены пять признаков, определяющих опасность производственного объекта. Из них НХО часто присущи несколько из них, в частности факторы опасности рабочей среды по пожаро- и взрывоопасности, токсичности и т. д. Кроме того, сосуды, аппараты и трубопроводы работают под давлением и в условиях воздействия повышенных температур. Отметим также, что существующими нормативно-техническими документами регламентировано прове-

дение экспертизы промышленной безопасности длительно проработавшего оборудования.

Работы технического диагностирования длительно проработавшего оборудования осуществляют в несколько этапов.

1. Контроль и оценка технического состояния оборудования проведением экспертного обследования, т. е. проверку соответствия параметров качества оборудования требованиям нормативно-технической документации по промышленной безопасности.

2. Поиск мест и анализ механизмов повреждений, определение причин возможных отказов вследствие их развития.

3. Прогнозирование технического состояния, т. е. определение технического состояния обследуемого объекта на предстоящий интервал времени (ресурса) эксплуатации.

Проведение первого, наиболее важного, этапа работ предполагает получение достоверной информации о фактическом состоянии конструктивных элементов оборудования: степени износа и дефектности, соответствия свойств материала и геометрических размеров элементов установленным нормам и др.

Специфическими особенностями оборудования для переработки нефти и газа являются следующие:

1) параметры эксплуатации: рабочая температура, давление и рабочая среда, охватывающие очень широкие интервалы и весьма различные по воздействию на материал;

2) в силу конструктивных особенностей обследуемых объектов имеются большие поверхности контакта металла с рабочей средой, которая может проявлять коррозионную и эрозионную активности;

3) мелкосерийный тип сварочного производства наряду с крупногабаритностью изделий.

Степень агрессивности рабочих сред обусловлена, с одной стороны, обводненностью и содержанием кислых компонентов, сернистых, сероводородных и хлористых соединений, с другой — наличием коррозионно-активных компонентов в реагентах в процессах подготовки и переработки рабочих сред.

Перечисленные в п. 1 и 2 доминирующие факторы обуславливают высокую степень напряженности конструктивных элементов, нестационарность нагружения и коррозионную активность рабочих сред.

Нефтегазохимическому оборудованию присущи разнообразие по конструктивному оформлению (цилиндрические, конические, сферические и т. д.) и по применяемым методам формоизменяющих операций при изготовлении и ремонте, а также применение весьма широкого спектра конструкционных материалов с различной свариваемостью и большая протяженность сварных швов.

Вследствие сложных условий работы металла НХО оценка его технического состояния должна осуществляться по комплексу диагностических параметров неразрушающими и разрушающими методами контроля. Цель неразрушающих методов контроля при технической диагностике (ТД) сводится к обнаружению дефектов, а при прогнозировании ресурса дальнейшей эксплуатации необходимо опираться на данные о реальной дефектности конструктивных элементов обследуемого оборудования. При использовании всех методов неразрушающего контроля при дефектоскопии не определяют реальные виды дефектов, и практически размеры достоверно не измеряют. Ни один из методов не дает информации о степени опасности обнаруженного дефекта, за исключением метода акустической эмиссии (АЭК).

Программа диагностирования должна быть составлена с учетом перечисленных реальных факторов эксплуатации. Перечень диагностических работ традиционен. При этом перед экспертами всегда возникает вопрос: какой объем диагностирования достаточен, т. е. каков необходимый достаточный уровень диагностирования?

По результатам выполненных работ по первому этапу ТД определяется один из видов технического состояния: работоспособное (когда объект способен выполнять заданные функции, соответствующие требованиям нормативно-технической и конструкторской документации), исправное, неисправное или неработоспособное в данный момент времени.

Важнейшим направлением решения проблемы обеспечения промышленной безопасности нефтехимических производств является дальнейшее совершенствование методологии оценки ресурса оборудования.

Здесь возможны два подхода к решению этого вопроса. Первый подход — это определение ресурса с вероятностью сохранения работоспособного состояния оборудования на заданный интервал времени до следующей ТД, в пределах которой обеспечивается безопасность эксплуатации (ресурс безопасной эксплуатации). При втором подходе в результате расчетов устанавливается индивидуальный остаточный ресурс оборудования, когда с определенной вероятностью прогнозируется продолжительность эксплуатации, в течение которой сохранится работоспособное состояние, т. е. исключается переход в предельное состояние при установленных режимах и условиях эксплуатации. Научившись определять критерии предельного состояния наиболее нагруженных конструктивных элементов НХО (обечаек, днищ, переходов, отводов, люков, патрубков, штуцеров и т. п.), можно было бы наиболее достоверно определять остаточный ресурс длительно проработавших опасных производственных



объектов по результатам ТД. При этом весьма важно, насколько адекватно полученные результаты диагностирования отражают реальное техническое состояние НХО.

Начиная с 1990-х гг. нами проведено техническое диагностирование более 2700 единиц оборудования НПЗ и НХЗ Республики Башкортостан.

В решении проблемы повышения и длительного обеспечения ресурса безопасной эксплуатации НХО можно выделить, учитывая реальные условия эксплуатации, две главные задачи: обеспечение сопротивляемости хрупкому разрушению и механической прочности. Успешное решение этих задач зависит от свойств применяемых материалов, уровня технологии изготовления оборудования, напряженно-деформированного состояния и эксплуатационных условий.

Большая часть (до 80...85 %) оборудования изготавливается из углеродистых сталей (марок Ст3, 10, 20, 20К, 20ЮЧ) и низколегированных марганцовистых и марганцово-кремнистых сталей (марок 16ГС, 17ГС, 09Г2С, 10Г2С1Д, 09Г2СЮЧ и др.). Они относятся к сталям, хорошо свариваемым практически всеми видами сварки плавлением, у них высокая стойкость к образованию холодных и горячих трещин — лишь на участках перегрева может возникнуть крупнозернистая видманштеттова структура с незначительным упрочнением при нарушении технологических режимов сварки. Условия эксплуатации такого оборудования, как правило, соответствуют условиям статического нагружения: температурные условия эксплуатации не вызывают существенных структурно-механических изменений, и, в основном, при длительной эксплуатации наблюдается сплошная равномерная коррозия металла стенок конструктивных элементов оборудования.

Ресурс безопасной эксплуатации при этом вполне обоснованно назначается в пределах 8...10 лет. Однако у длительно проработавших пропановых емкостей из сталей марок 20К и 09Г2С объемами 100...150 м<sup>3</sup> при рабочем давлении 0,2 МПа выявлены вздутия и пузыри за счет проникновения атомарного водорода в расслоения металла посередине листового проката (рис. 1), в результате чего воз-



Рис. 1. Макроструктура расслоения металла обечайки пропановой емкости из стали 20К ( $P_{\text{раб}} = 0,2$  МПа,  $T_{\text{раб}} = 60$  °С)

никают проблемы с продлением ресурса безопасной эксплуатации для емкостного оборудования из стали обыкновенного качества марки Ст3кп. Для этих видов оборудования особенно важно выполнение нормативных требований по остановке, пуску и гидроиспытанию в зимнее время, а также недопущение эксплуатации под рабочим давлением при температуре стенки сосуда, соответствующей отрицательной температуре окружающей среды. При выявлении расслоения металла (например при ультразвуковой толщинометрии) для продления ресурса эксплуатации оборудования весьма важно определение области его распространения и расположения расслоения ликвационных полос. Нельзя допускать выхода несплошностей металла этих видов на свободную поверхность или в околошовные зоны сварных швов.

Наиболее устойчивы к длительному воздействию высокой температуры, рабочих нагрузок и коррозионно-активной рабочей среды теплоустойчивые (марки 12ХМ), жаропрочные (марки 15Х5М), коррозионно-стойкие ферритные (марки 08Х13) и аустенитные (марки 08Х18Н10Т) стали. Однако в этих сталях необратимые процессы, происходящие под действием термомеханических циклов сварки, определенным образом влияют на надежность оборудования в целом.

Под действием сварки происходят:

- изменение свойств металла вследствие процессов плавления, структурных и фазовых изменений с охрупчиванием или разупрочнением в сварном шве и зоне термического влияния;

- ухудшение напряженного состояния вследствие возникновения в зоне сварного соединения различных видов неоднородностей со значительным градиентом этих неоднородностей: химической, структурной, фазовой; полей собственных упругих (остаточные напряжения) и пластических деформаций; геометрической, связанной как с опасностью возникновения технологических концентраторов, так и наличием конструктивных концентраторов.

Как следствие указанных видов неоднородности, возникает повышенная чувствительность сварных соединений к воздействию эксплуатационных сред. Например, в сероводородсодержащих средах весьма опасны фазово-структурные изменения металла при сварке низколегированных сталей, сопровождающиеся образованием структур закалочного типа, склонных к водородному охрупчиванию и растрескиванию.

Применение конструкционных углеродистых и низколегированных сталей повышенной и высокой прочности с лакирующим слоем из высоколегированной стали актуализирует проблему структурно-механической неоднородности. Под действием термомеханических циклов сварки происходят





Таблица 1

## Характеристики обследованного оборудования технологических установок НПЗ

Объект диагностирования	Установка эксплуатации	Рабочие условия эксплуатации		Среда	Материал корпуса	Габаритные размеры, мм			Срок эксплуатации, лет
		температура, °С	давление, МПа			диаметр	длина	толщина стенки	
Испаритель низкого давления К-4	Термический крекинг ТК	380	1,00	Крекинг-остаток с содержанием серы до 2 %	Ст3 + 08X13	2000	19 200	20	55
Ректификационная колонна К-3	Термический крекинг ТК	400	1,50	Смесь экстрактов селективной очистки масел и тяжелого газойля	16ГС + 08X13	2400	24 450	32	23
Фляшинг высокого давления К-2	Термический крекинг ТК	450	1,40	Сернистый нефтепродукт	15М + 08X13	2400	11 430	26 (24 + 2)	55
Ректификационная колонна К-2	Атмосферно-вакуумная трубчатка	370	0,15	Нефтепродукты (углеводороды), бензиновая фракция, тяжелое дизельное топливо, мазут, водяной пар, сероводород (парциальное давление 0,0001 МПа)	15 К (обечайки 1, 2 и 8...11) СТЗсп + ЭИ 496 (обечайки 3...7)	3200	26 500	14 (12 + 2)	48

неблагоприятные структурно-механические изменения с охрупчиванием или разупрочнением.

В табл. 1 приведены характеристики технологического оборудования, результаты анализа которых приведены ниже.

При визуально-измерительном контроле испарителя низкого давления К-4 (срок эксплуатации 55 лет), изготовленного из биметалла Ст3 + 08X13, и ректификационной колонны К-3 (срок эксплуатации 23 года), изготовленной из биметалла 16ГС + 08X13, выявлены сквозные трещины на обечайке корпуса аппарата длинами до 1200 мм и до 700 мм соответственно. Эти трещины образовались при выполнении ремонтных сварочных работ при вварке латки к корпусу аппарата без последующей термической обработки для снятия сварочного напряжения на месте вырезки бездействующего штуцера. Механические свойства основного металла по прочности, пластичности и ударной вязкости в обоих случаях соответствовали требованиям нормативных документов. Однако временные сопротивления разрыву двухслойных сталей были ниже нормативных требований и составляли 0,75 и 0,90 от предела прочности основного металла

Аналогичные ухудшения прочностных свойств были выявлены у изготовленного из биметалла 15М + 08X13 (табл. 2) корпуса колонны К-2 (срок эксплуатации 55 лет) фляшинга высокого давления установки термического крекинга, работающей при более жестких условиях эксплуатации. Механические свойства биметалла 15М + 08X13 корпуса колонны по прочности, относительному удлинению, ударной вязкости и углу загиба не соответствуют требованиям НТД (эти значения выделены полужирным шрифтом). Образцы разрушались хрупко без

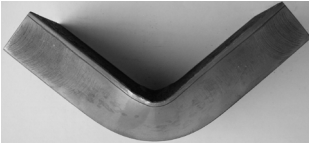

пластической деформации, относительное удлинение  $\delta_5$  и сужение составило 0...2 %. Существенно изменяется показатель качества металла по коэффициенту  $K_{ТВ} = \sigma_T / \sigma_B$ , который приближается к предельно допустимому значению для металла труб нефтегазопроводов, равному 0,9.

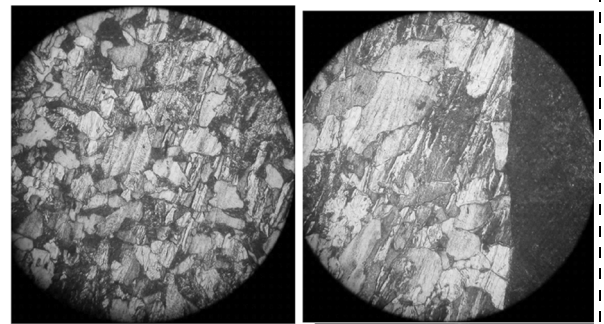
Отмеченные изменения механических свойств могут быть объяснены неблагоприятными структурно-механическими превращениями, происшедшими при длительной эксплуатации в плакирующем слое из коррозионно-стойкой стали 08X13 и в зоне сплавления разнородных металлов биметаллического проката (рис. 2). Для них характерна ярко выраженная структурно-механическая неоднородность, и механизм таких повреждений имеет свои отличительные признаки в зависимости от типа стали. На поверхности плакирующего слоя из коррозионно-стойкой стали 08X13 наблюдается деформированная структура со следами диффузии сернистого нефтепродукта. Структура, в основном, дуплексная, феррито-ферритокарбидная, с четко выраженными границами зерен неравновесной формы ближе к линии сплавления разнородных сталей. Наблюдается выделение карбидов в основном по границам зерен. Зона соединения слоев биметалла характеризуется наличием науглероженной зоны карбидов шириной 0,12...0,15 мм с переходом на участки металла с неравновесной мартенситной структурой и микротвердостью до 260...360 единиц. Одновременно происходит обезуглероживание основного металла из теплоустойчивой стали 15М на глубину до 0,34...0,70 мм. Микротвердость на ферритных (светлых) крупнозернистых участках обезуглероживания понижается до 95...120 единиц. Структура основного металла корпуса колонны из



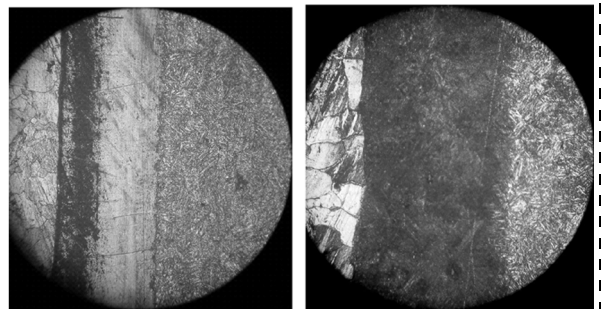
Таблица 2

Результаты комплексных механических испытаний  
биметалла 15М + 08Х13 корпуса колонн К-2  
(фляшинг высокого давления) установок ТК-3 и ТК-4

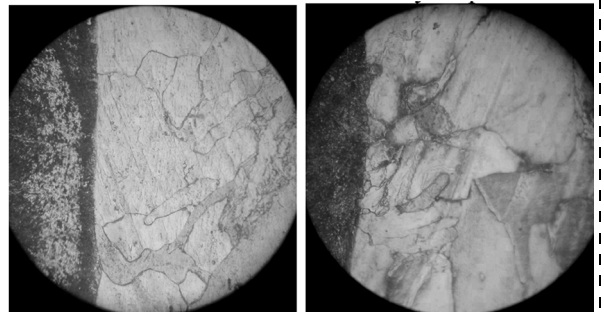
Механические характеристики	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$KCU$ , кгс · м/см <sup>2</sup>	$K_{ТВ} =$ $\sigma_T/\sigma_B$
По сертификатам завода-изготовителя "Красный котельщик", г. Таганрог					
Сталь 15М	$\frac{420...520}{470}$	$\frac{247...307}{277}$	22...25	—	0,57
Сталь Ж-1*	$\frac{465...495}{480}$	$\frac{245...325}{285}$	22...27,2	—	0,61
Сварное соединение	470...480	—	—	—	—
Механические свойства биметалла: основной слой (сталь 12МХ по ГОСТ 20072–74) и плакирующий слой (сталь 08Х13 (толщина 1,5...3,9 мм) по ГОСТ 5632–72), не менее					
Сталь 12МХ**	430	225	24	6	0,52
Сталь 08Х13	400	—	21	—	—
По результатам механических испытаний колонны К-2 установки ТК-3					
Основной металл сталь 15М	$\frac{430...473}{451}$	$\frac{321...388}{354}$	$\frac{20,5...32,4}{26,4}$	$\frac{4,3...5,1}{4,7}$	0,79
Биметалл 15М + 08Х13	$\frac{244...333}{288}$	$\frac{207...297}{252}$	<b>0,95</b>	—	0,86
По результатам механических испытаний колонны К-2 установки ТК-4					
Основной металл сталь 15М	$\frac{479...513}{496}$	$\frac{286...338}{312}$	$\frac{22,6...28}{25,3}$	$\frac{6,58...11,7}{9,2}$	0,63
Биметалл 15М + 08Х13	$\frac{330...370}{350}$	$\frac{256...285}{271}$	$\frac{1,5...2}{1,75}$	$\frac{10,9...12,4}{11,6}$	0,77
Сварное соединение	$\frac{406...456}{431}$	$\frac{368...377}{373}$	$\frac{2...3}{2,5}$	$\frac{3,1...7,4}{5,2}$	0,86
* Соответствует стали марки 08Х13. ** Приводятся механические свойства для стали марки 12МХ, близкой по свойствам к стали марки 15М.					
Результаты испытания биметалла (сталь 15М + 08Х13) на изгиб (требования ОСТ 26-291–94 угол изгиба не менее 40°)					
					
а) изгиб со стороны плакирующего слоя $\alpha = 80^\circ$		б) изгиб со стороны основного металла 15М $\alpha = 5^\circ$			



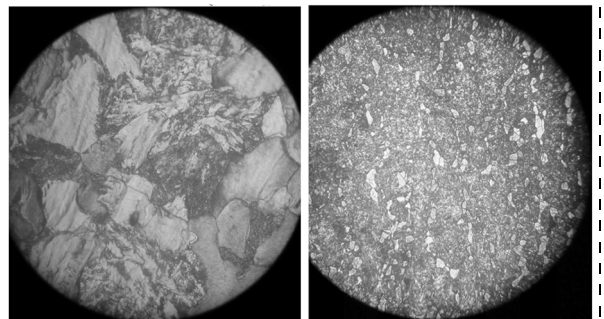
Плакирующий слой сталь 08Х13



Линия сплавления сталей 08Х13 + 05М, участок науглероживания



Участок обезуглероживания стали 15М



Основной металл сталь 15М

Рис. 2. Микроструктура характерных зон биметалла 15М + 08Х13

стали 15М существенных изменений не претерпела. Отмеченные структурно-механические изменения способствуют существенному ослаблению межслойной связи и соответственно ухудшению прочностных и вязко-пластических свойств биметалла.

Трубчатые нагревательные печи являются наиболее теплонпряженными объектами установок переработки нефти. Была обследована печь каталитической конверсии углеводородных газов с целью получения водорода или обогащенного водородом газа для производства аммиака и водорода ( $T_{\text{раб}} = 700...840$  °С, давление 1,7 МПа). Вертикальные реакционные центробежнолитые трубы выполнены из коррозионно-стойкой стали марки 45Х25Н20С. В этих печах наблюдаются частые случаи выхода из строя реакционных труб из-за интенсивной коррозии их наружной поверхности в топочной атмосфере. Срок службы не превышает двух лет, а в отдельных случаях составляет менее года.

Вид макроструктуры шлифа из демонтированной трубы, имеющей сквозное разрушение, характерен для транскристаллизации, т. е. столбчатые кристаллы развиваются через все стенки поврежденной при эксплуатации трубы (рис. 3). Проведенные исследования показали, что рабочие поверхности труб чрезмерно насыщаются азотом, образуются хрупкие соединения, и микротвердость карбонитридных фаз составляет 893...1013 единиц при твердости основного металла 223...244 единицы. Азот, накопленный в толще металла, с повышением температуры увеличивает внутреннее давление и создает высокое внутреннее напряжение, которое вызывает растрескивание (рис. 4) и образование отдулин в трубе. По длине труб наблюдается концентрация азота в средней части в пределах 0,8...1,10 % при нормальной концентрации 0,03...0,05 %. Диффузией азота и углерода, которые образуют карбонитридные фазы с высокой твердостью, охрупчивающие материал труб и снижающие его коррозионные свойства, можно объяснить преждевременные коррозионные растрескивания реакционных труб печи конверсии.

В заключение необходимо отметить, что при решении задачи продления и определения ресурса безопасной эксплуатации оборудования переработки нефти остаются актуальными:

- поиск методов и средств определения участков, в наибольшей степени подверженных риску возникновения повреждений металла: особенно для трещин и трещиноподобных дефектов;

- недостаточность информации о свойствах металла с учетом явлений технологического наследования при изготовлении и деформационного старения при эксплуатации;

- установление взаимосвязи между свойствами металла и физическими явлениями, на которых ос-

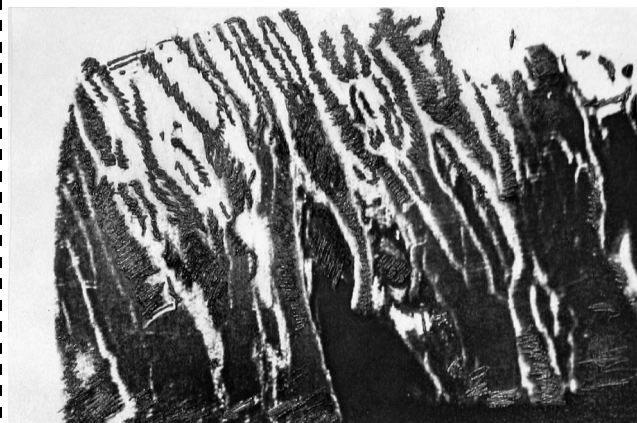


Рис. 3. Макроструктура наружной стенки трубы, поврежденной при эксплуатации



Рис. 4. Микроструктура разрушенного образца трубы со стороны наружной поверхности (видны игольчатые выделения нитридной фазы)

нованы неразрушающие методы диагностирования оборудования;

- необходимость разработки методики диагностирования технического состояния и определения ресурса безопасной эксплуатации колонной аппаратуры, изготовленной из биметалла с плакирующим слоем из коррозионно-стойкой стали марки 0813.

УДК 377.35:629

**В. А. Гудков**, д-р техн. наук, проф., **В. Н. Федотов**, канд. техн. наук, доц.,  
**Р. А. Жирков**, канд. техн. наук, доц., **Е. В. Богданова**, асп.,  
Волгоградский государственный технический университет

## Подготовка водителей пассажирского автотранспорта и безопасность дорожного движения

*Приведены результаты исследования надежности и уровня подготовки водителей маршрутного транспорта г. Волгограда. Представлен аппаратно-программный комплекс для исследования профессиональной пригодности водителя, направленного на повышение безопасности пассажирского транспорта.*

Свыше трех четвертей всех дорожно-транспортных происшествий связаны с нарушениями Правил дорожного движения Российской Федерации (ПДД) водителями транспортных средств. Около 30 % всех происшествий связаны с неправильным выбором скорости движения, а 13 % — с выездом на полосу встречного движения. Каждое восьмое дорожно-транспортное происшествие (ДТП) совершил водитель, находившийся в состоянии опьянения.

Высокий уровень аварийности во многом объясняется следующими причинами:

- постоянно возрастающая транспортная подвижность населения;
- уменьшение объема перевозок общественным автотранспортом большой вместимости и увеличение перевозок с использованием автомобилей и автобусов малой грузоподъемности;
- недостаточная пропускная способность существующей улично-дорожной сети, не рассчитанной на современные транспортные потоки.

В целях выхода из сложившейся обстановки принята Федеральная целевая программа "Повышение безопасности дорожного движения в 2006—2012 годах", основными целями которой являются предупреждение опасного поведения участников дорожного движения, развитие системы подготовки водителей (в том числе пассажирского транспорта) и их допуска к участию в дорожном движении.

Описанная выше ситуация характерна и для г. Волгограда. Общее число ДТП в 2006 г. по сравнению с 2002 г. возросло в 2 раза. С участием пассажирского транспорта произошло 107 ДТП, в результате чего 124 пассажира получили ранения различной степени тяжести и 3 человека погибли.

В г. Волгограде основной объем городских пассажирских перевозок осуществляется муниципальным транспортом (трамваем, троллейбусом) и маршрут-

ными такси, принадлежащими частными перевозчиками. Причем с каждым годом доля пассажирских перевозок, осуществляемая частными перевозчиками на автобусах малой вместимости, постоянно растет. Увеличивается парк маршрутных такси, растет количество маршрутов и удельная доля маршрутных такси в общем потоке транспорта.

Уже сегодня в областном центре транспортные потоки на 35 % состоят из микроавтобусов "Газель", перевозящих пассажиров по регулярным маршрутам, а на основных городских автомагистралях в отдельные часы их доля может достигать половины в общем количестве транспортных средств.

Как показывает статистика дорожно-транспортных происшествий, в большинстве случаев в совершении ДТП на пассажирском транспорте виновными являются водители маршрутных такси. Так, нарушения Правил дорожного движения, неадекватная реакция или ошибочные действия водителя "маршрутки" в конкретной ситуации стали причиной около 80 % ДТП с участием пассажирского транспорта (рис. 1).

Недостаточные навыки вождения, которые должны содержать определенный автоматизм действий водителя, снижают безопасность движения. Комплекс навыков, необходимых для управления автомобилем в условиях конкретных автомобильных перевозок, характеризует профессиональное умение водителя. Причем самым ответственным элементом

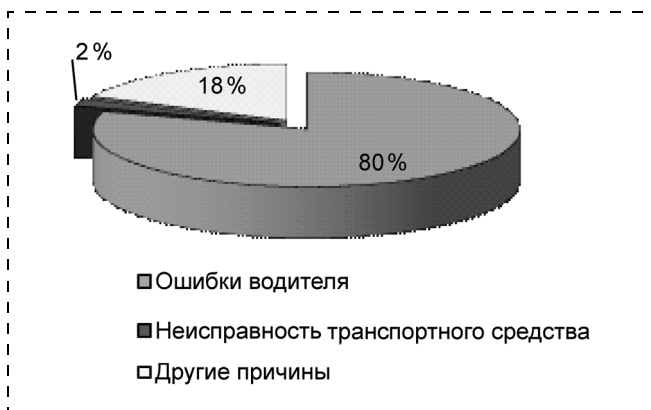


Рис. 1. Причины дорожно-транспортных происшествий

умения оказывается именно способность водителя правильно и полно оценивать сложившуюся дорожно-транспортную ситуацию и выбирать для ее разрешения наиболее подходящий навык.

Профессиональные знания водителя также являются неотъемлемой частью его мастерства. Так, знание Правил дорожного движения позволяет водителю правильно выполнять их требования и не создавать опасных ситуаций при движении автомобиля. Знание взаимосвязи факторов дорожной ситуации, вариантов ее развития также является залогом безопасного управления автомобилем.

Формирование водительских навыков и профессиональных знаний осуществляется как на стадии подготовки водителя, так и в процессе трудовой деятельности непосредственно в организации, осуществляющей пассажирские перевозки. Причем с накоплением водительского стажа должен повышаться уровень профессиональных навыков, знаний и умений.

Сравнительный анализ показал, что стаж водителей на различных видах пассажирского транспорта резко отличается. Так, около 50 % водителей маршрутных такси имеют стаж работы менее 5 лет, а, например, водителей троллейбусов с таким стажем менее 10 % (рис. 2). Такая картина говорит о высокой текучести кадров на транспорте, принадлежащем частным перевозчикам, и является одной из причин повышенной частоты ДТП с участием маршрутных такси. Водители со стажем работы менее 5 лет имеют недостаточный опыт и объем навыков по выходу из опасных ситуаций при управлении транспортным средством, что в свою очередь негативно сказывается на безопасности перевозки пассажиров.

Это подтверждает и мировой опыт. Материалы 7-й международной научно-практической конференции "Организация и безопасность дорожного движе-

ния в крупных городах", состоявшейся в г. Санкт-Петербурге, свидетельствуют о том, что для приобретения устойчивых навыков и умений для управления транспортным средством требуется 5...6 лет интенсивной водительской практики, так как 67 % всех дорожных происшествий приходится на водителей со стажем менее 6 лет.

Одним из факторов высокой аварийности на пассажирском транспорте, принадлежащем частным перевозчикам, является упрощенная система подготовки водительского состава категории "D", а также отсутствие привязки процесса подготовки к конкретному предприятию или организации, имеющей свою специфику работы. Так, у частных перевозчиков практически отсутствует стажировка на рабочем месте, а если она и проводится, то только номинально. Не проводится обучение водителей безопасным методам вождения, так как отсутствуют условия для проведения занятий по повышению квалификации и персонал, способный обеспечить проведение подобных занятий.

Проверка знаний Правил дорожного движения среди водителей одной из волгоградских фирм, занимающейся пассажирскими перевозками на автобусах малой вместимости, показала низкий уровень знаний водителями ПДД. На рис. 3 приведены результаты выборочной проверки знания Правил дорожного движения среди водителей маршрутных такси.

Статистическая обработка результатов исследования говорит о том, что 90 % общего числа водителей маршрутного такси показывают неудовлетворительные знания Правил дорожного движения. Средний процент ошибок при ответе на экзаменационные билеты составил 32 % (допустимое значение составляет 10 %). Неудовлетворительные знания ПДД и основ безопасного управления автомобилем среди

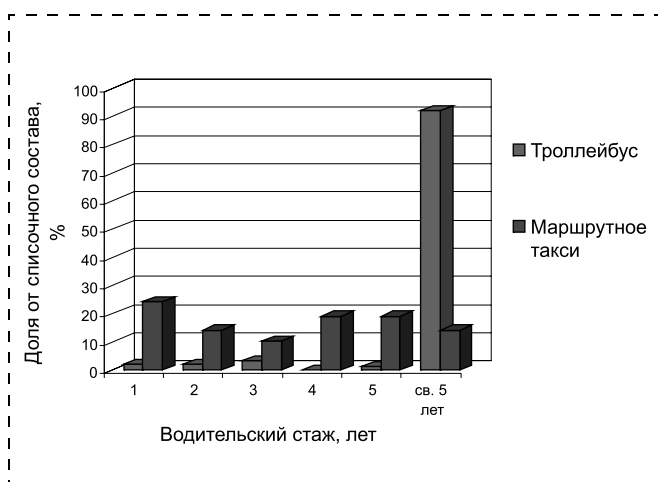


Рис. 2. Сравнительная диаграмма стажа работы на маршруте водителей пассажирского транспорта (г. Волгоград)

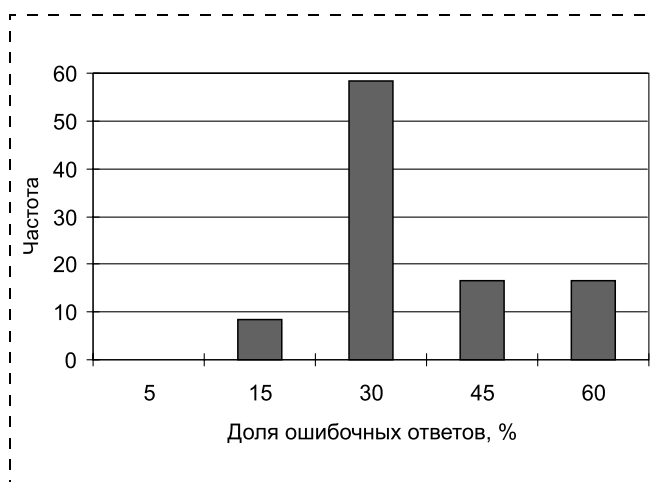


Рис. 3. Гистограмма распределения ошибочных ответов среди водителей маршрутных такси



водителей маршрутного такси говорит об острой необходимости их переподготовки, дополнительного обучения и повышения квалификации.

Многочисленные наблюдения и анализ работы водителей пассажирского автотранспорта говорят о том, что этот вид деятельности отличается от других видов перевозок особой напряженностью. Водитель выполняет определенное количество действий, не связанных непосредственно с управлением транспортным средством. Такие условия работы предъявляют высокие требования к надежности водителя маршрутного такси, а это в свою очередь требует тщательной подготовки в процессе обучения и стажировки, а также организации постоянного совершенствования водительского мастерства в процессе работы.

Положительный опыт подготовки водителей пассажирского автотранспорта имеет Волгоградское муниципальное предприятие "Метроэлектротранс". Для подготовки водителей троллейбусов используются программы, утвержденные в свое время Министерством транспорта. Окончательный этап подготовки — обязательная стажировка водителя на маршруте с опытным водителем-инструктором. Допуск к управлению троллейбусом осуществляет компетентная комиссия, исключая субъективность в оценке профессиональных знаний и навыков. На предприятии проводятся ежегодные занятия по повышению квалификации со всем водительским составом и ежегодные конкурсы на лучшего водителя, стимулирующие повышение водительского мастерства и профессиональных знаний.

Одним из методов повышения надежности и качества работы водителя в "Метроэлектротрансе" является проведение профессионального отбора на пассажирские перевозки посредством психологического тестирования на профессиональную пригодность к управлению пассажирским транспортом. На этом этапе отсеиваются люди, не способные безопасно и эффективно обеспечить перевозку пассажиров.

Сущность профессионального отбора заключается в определении для каждого кандидата в водители обобщенного показателя профессиональной пригодности, зависящего от времени сложной сенсорной реакции, коэффициента устойчивости внимания и напряженности парасимпатического поля центральной нервной системы испытуемого. Данные показатели оцениваются в процессе психофизиологического тестирования с использованием аппаратно-программного комплекса для исследования индивидуальных особенностей водителя, разработанного в Автотехническом центре Волгоградского государственного технического университета. Блок-схема предлагаемой методики профотбора представлена на рис. 4.

С помощью созданного аппаратно-программного комплекса были проведены сравнительные исследования водителей троллейбусов и маршрутных такси на профессиональную пригодность. На рис. 5 представлено распределение оценок профессиональной пригодности выборки из 108 водителей троллейбусов депо № 4 "Метроэлектротранс". Как видно из рисунка, 3 % водителей получили оценку "очень плохо", 9 % — "плохо", остальные 88 % получили положительные оценки.

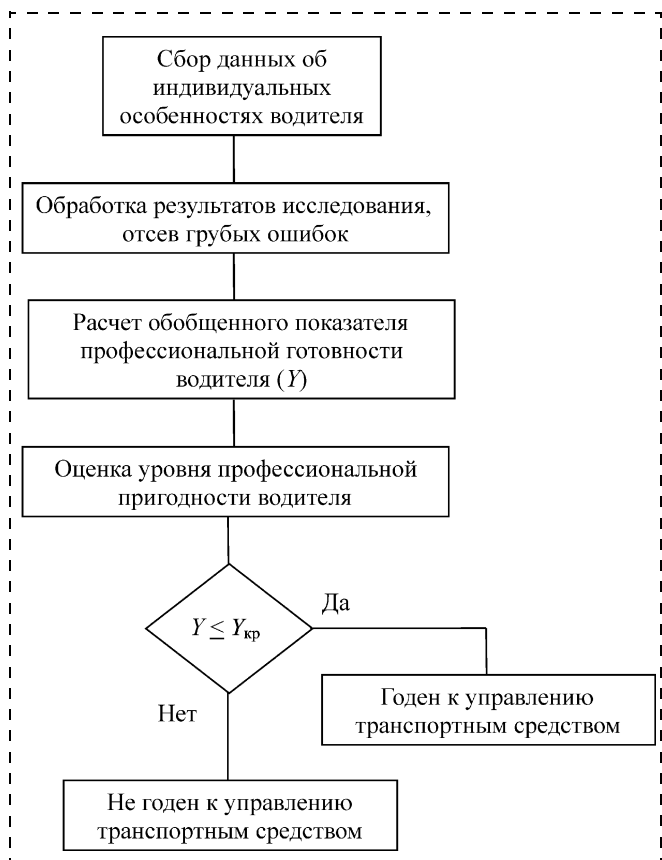


Рис. 4. Блок-схема предлагаемой методики профотбора

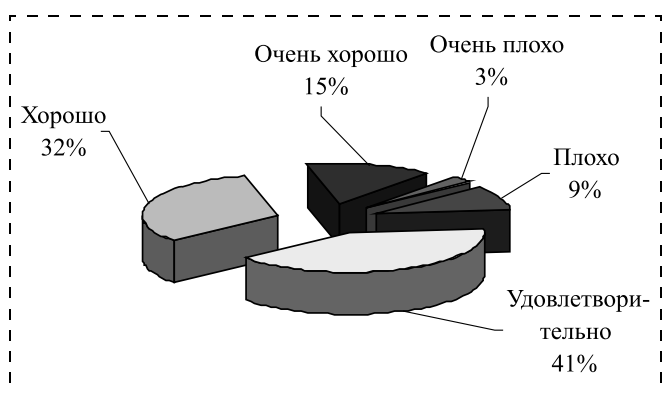


Рис. 5. Распределение оценок профессиональной пригодности по пятибалльной шкале в группе водителей троллейбусов

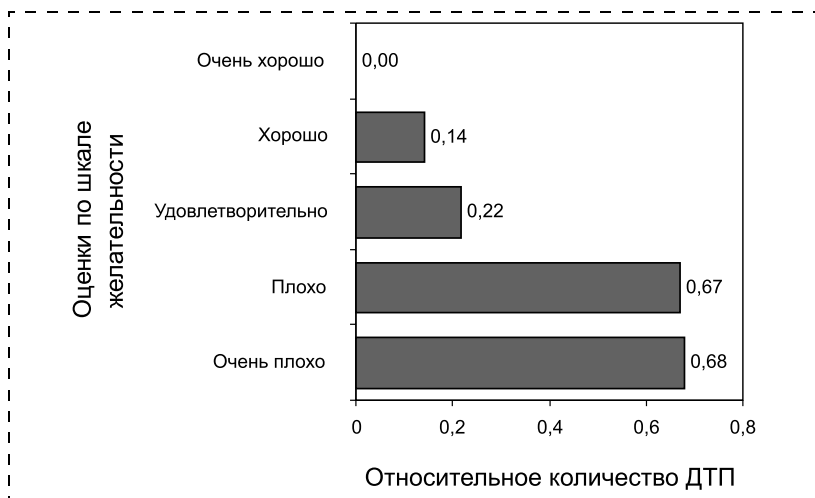


Рис. 6. Относительное количество ДТП, приходящееся на одного тестируемого водителя троллейбуса

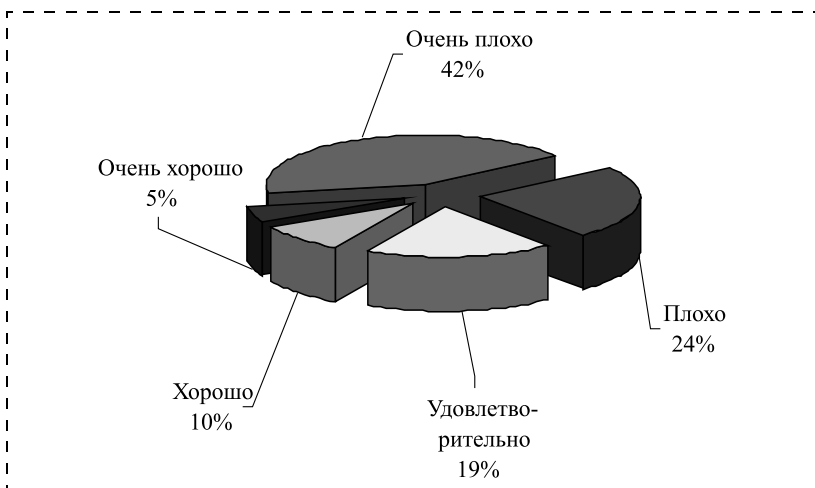


Рис. 7. Распределение оценок профессиональной пригодности по пятибалльной шкале в группе водителей маршрутного такси

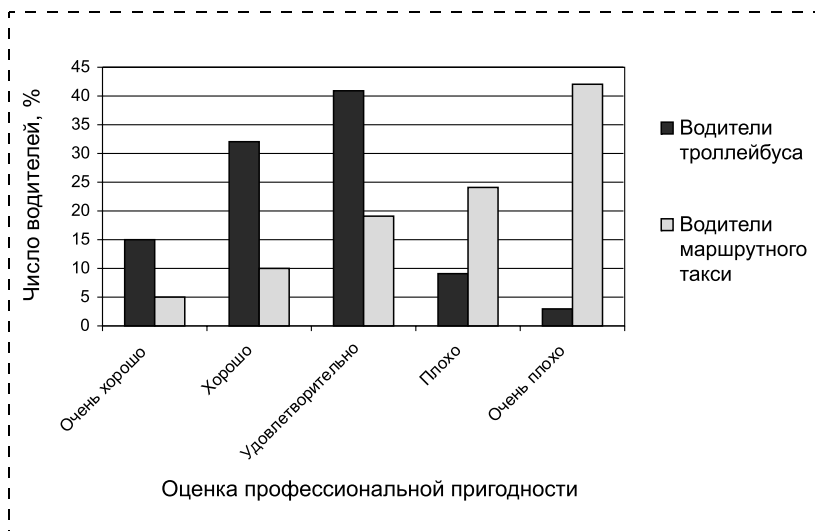


Рис. 8. Сравнительная диаграмма оценок профессиональной пригодности водителей отдельных видов маршрутных транспортных средств г. Волгограда

Результаты тестирования подтверждаются относительным числом ДТП по группам водителей (рис. 6).

Аналогичные исследования, проведенные среди водителей маршрутных такси, показали, что среди испытуемых неудовлетворительные оценки получили 66 % водителей и лишь 34 % показали удовлетворительные результаты при исследовании их индивидуальных качеств (рис. 7).

Сравнительный анализ результатов тестирования среди водителей, занятых на пассажирских перевозках в г. Волгограде, показал значительное превосходство результатов оценок профессиональной пригодности водителей троллейбуса над водителями маршрутного такси (рис. 8).

Таким образом, проведенное исследование профессиональных качеств и уровня подготовки водительского состава пассажирского транспорта г. Волгограда показало недостаточный уровень надежности водителей маршрутного такси в сравнении с водителями троллейбуса. Это говорит об острой необходимости повышения уровня профессиональных знаний и водительского мастерства, формирования и развития у водителей маршрутного такси индивидуальных качеств, обеспечивающих безопасность и эффективность перевозочного процесса, а в отдельных случаях также временного отстранения некоторых водителей от перевозки пассажиров.

Первым этапом переподготовки водителей должно быть профессиональное тестирование. Своевременное выявление водителей, получивших по результатам исследования их профессиональной пригодности неудовлетворительные оценки, позволит определить индивидуальную программу их переподготовки и повышения квалификации.

Повышение безопасности движения пассажирского транспорта требует постоянного совершенствования учебно-программных материалов и методов обучения на основе полученных статистически достоверных практических результатов из различных областей профессиональной деятельности водителя.

УДК 504.5:628.4.047

И. Г. Кобзарь, д-р техн. наук, проф., В. В. Козлова, асп.,  
Ульяновский государственный технический университет

## Оценка внутреннего и внешнего облучения населения Ульяновской области

*Для Ульяновской области впервые выявлены цепочки воздействия радиационного фактора и оценена годовая эффективная доза внешнего и внутреннего облучения населения при проживании на загрязненных территориях. Проведена комплексная оценка радиационно-экологической обстановки в регионе. Разработаны рекомендации и мероприятия по улучшению радиационной обстановки.*

В конце XX столетия ионизирующая радиация стала предметом обостренного внимания и интереса всего человечества. В России за 1956—2005 гг. было построено 12 атомных электростанций с 37 реакторами, большинство которых расположены в густонаселенной европейской части страны. Промышленные и исследовательские ядерные установки размещены, как правило, непосредственно в жилых и производственных зонах промышленных центров (Москва, Санкт-Петербург, Димитровград и др.). Атомные электростанции, исследовательские реакторы, пункты захоронения радиоактивных отходов, объекты ядерного военно-промышленного комплекса (ВПК), использование источников ионизирующих излучений в производственных целях образуют участки повышенного риска для населения.

В связи с дальнейшим развитием атомной энергетики, использованием атомной энергии в мирных и оборонных целях, применением источников ионизирующего излучения в медицине, промышленности и сельском хозяйстве одной из важнейших составляющих национальной безопасности государства становится обеспечение ядерной и радиационной безопасности. Сложность решения проблемы обусловлена тем, что ранее не уделялось должного внимания разработке методологии анализов обеспечения ядерной и радиационной безопасности России и долгосрочного прогнозирования ее состояния.

Для Ульяновской области проблема обеспечения радиационной безопасности особенно важна, так как на ее территории находятся: зона наблюдения (ЗН) научно-исследовательского института атомных реакторов (ГНЦ РФ НИИАР), расположенного в пригородной зоне г. Димитровграда; территория Соловьева оврага, загрязненная долгоживущим радионуклидом радий-226 и его дочерними продуктами распада; территории, затронутые "чернобыльским следом" (Карсунский, Инзенский и Вешкаймский районы).

С целью преодоления "радиофобии" и снижения психоэмоционального напряжения населения, обусловленного страхом перед радиацией, аспирантами кафедры "БЖД и промышленная экология" Ульяновского государственного технического университета при методическом обеспечении и содействии специалистов ГНЦ РФ НИИАР проведено детальное радиологическое обследование вышеуказанных территорий и оценены дозы внутреннего и внешнего облучения населения.

Схема формирования дозы облучения для населения, проживающего в зоне наблюдения ГНЦ РФ НИИАР, показана на рис. 1. Результаты измерений мощности дозы  $\gamma$ -излучений показали, что в пределах ЗН  $\gamma$ -фон не превышает 0,08...0,15 мкЗв/ч. Удельная активность различных объектов внешней среды в районе расположения института (р. п. Мулловка, 3...5 км от источника выброса ГНЦ РФ НИИАР) по результатам измерений за 2001—2005 гг. порядок и более ниже допустимых значений согласно СанПиН 2.3.2.1078—01 [1, 2].

Для оценки доз облучения населения провели расчет параметров рассеивания радионуклидов выброса института. Динамика снижения концентрации основных радионуклидов в приземном слое атмо-

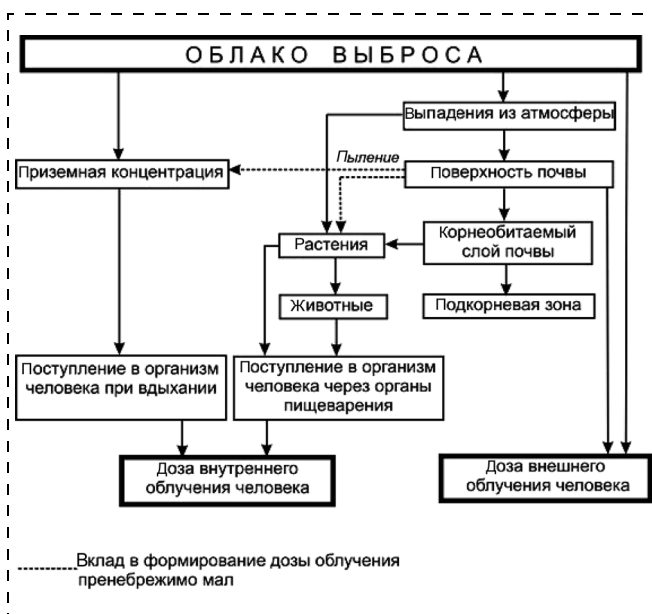


Рис. 1. Схема формирования дозы облучения населения в ЗН ГНЦ РФ НИИАР



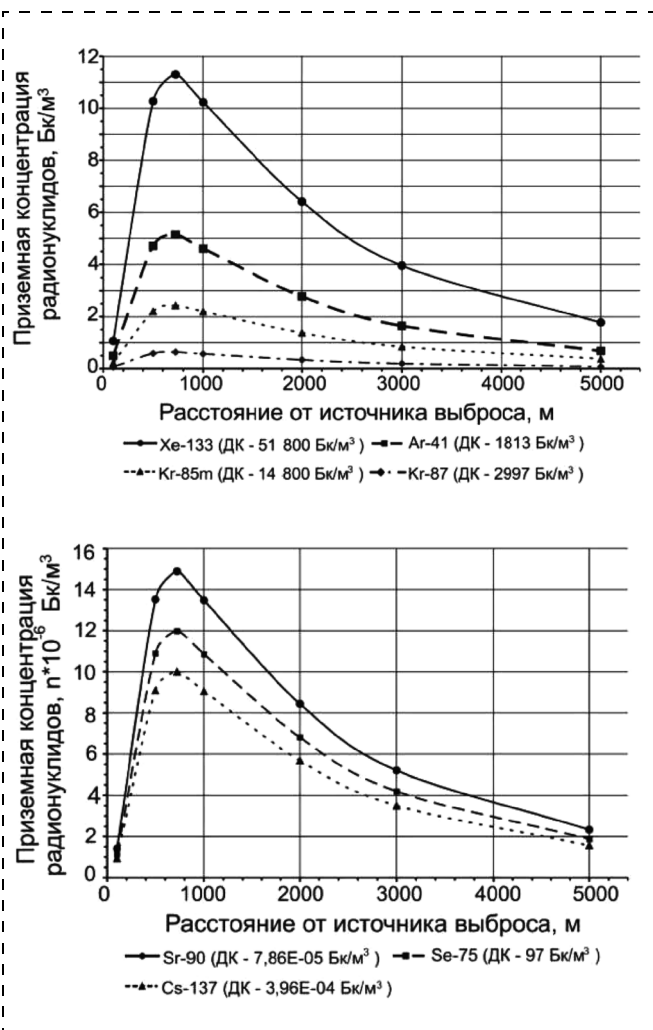


Рис. 2. Динамика снижения приземной концентрации основных радионуклидов в зависимости от расстояния от трубы вентиляционного центра ГНЦ РФ НИИАР

сферного воздуха представлена на рис. 2. Расчеты показали, что в максимуме концентрация каждого из радиоактивных веществ на порядок и более ниже их допустимых концентраций (ДК) в воздухе.

Доля  $i$ -го пути облучения в формировании общей дозы населения критического района р. п. Мулловка характеризуется следующими данными. Наибольший вклад в формирование дозы облучения вносит облучение от облака выброса (52,6 %). Основными дозообразующими радионуклидами по данному пути облучения являются аргон-41 и другие инертные газы. В 2 раза ниже уровень внутреннего облучения в результате потребления продуктов питания (26,7 %), обусловленного в значительной степени выпадениями йода-131, цезия-137 и стронция-90 и употреблением в рационе молока и хлеба местного производства. Схема поступления радионуклидов от облака выброса в организм человека по пищевым цепочкам показана на рис. 3. Менее значительно облучение за счет  $\gamma$ -излучения следа выпадений выбросов (12,7 %) и за счет вдыхания радионуклидов в атмосферном воздухе (8 %).

При этом консервативная оценка ожидаемой эффективной дозы населения критического района ЗН ГНЦ РФ НИИАР составляет 0,24 мЗв/год, что существенно ниже нормативного 1 мЗв/год. Доля техногенного внешнего облучения составляет 0,8...1,2 %. Таким образом, возможно сокращение радиуса санитарно-защитной зоны ГНЦ РФ НИИАР до 3 км.

Безаварийная эксплуатация установок научно-исследовательского института атомных реакторов является радиационно безопасной для внешней среды и проживающего в регионе населения.

Проведенные измерения показали, что интенсивность  $\gamma$ -фона практически на всей территории

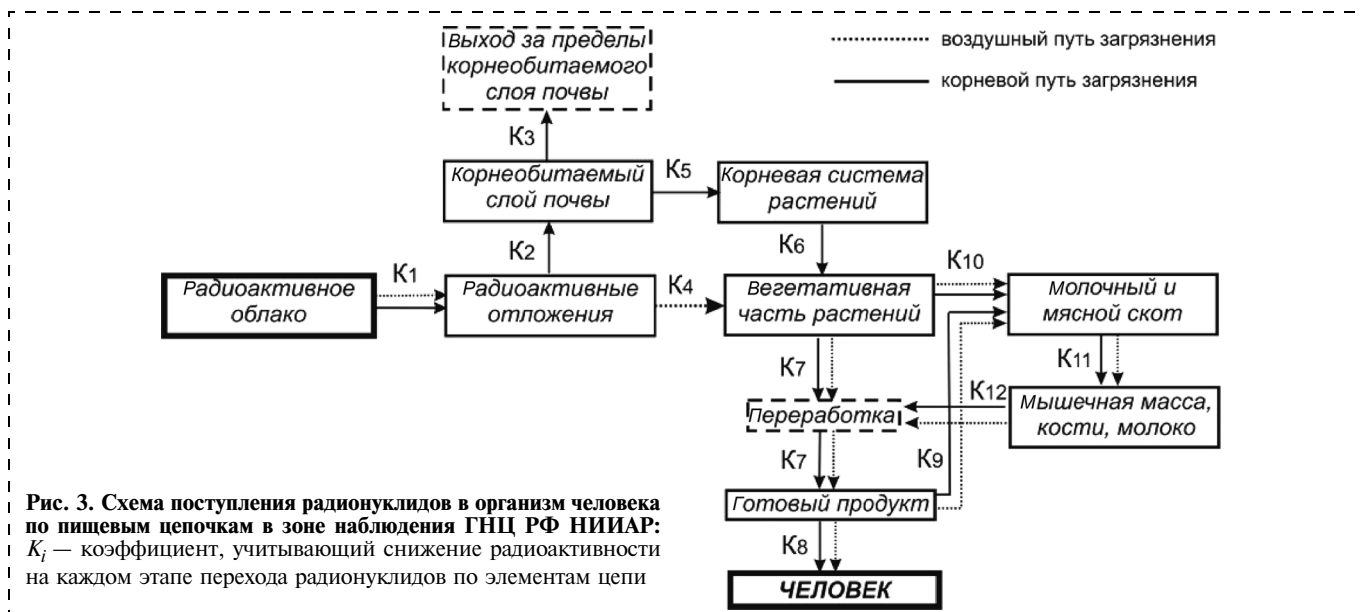


Рис. 3. Схема поступления радионуклидов в организм человека по пищевым цепочкам в зоне наблюдения ГНЦ РФ НИИАР:  $K_i$  — коэффициент, учитывающий снижение радиоактивности на каждом этапе перехода радионуклидов по элементам цепи



южного склона Соловьева оврага составляет 0,08...0,15 мкЗв/ч. За забором механизированной колонны № 32 выявлен основной участок радиационного загрязнения, связанного с наличием зольного материала, где мощность  $\gamma$ -излучения достигает 4...15 мкЗв/ч. Схема расположения загрязненного участка южного склона оврага показана на рис. 4 (см. 2-ю стр. обложки) [2].

При расчете дозы облучения населения учитывали внешнее облучение от поверхности за счет загрязнения грунта радием-226 и внутреннее облучения за счет вдыхания радиоактивного инертного газа радона-222. При консервативном предположении среднегодовая эффективная доза внутреннего облучения составит 0,34 мЗв/год, а внешнего — 0,88 мЗв/год. Таким образом, ожидаемая годовая доза облучения населения за счет проживания на данной территории равна 1,22 мЗв/год. Согласно нормам радиационной безопасности (НРБ-99) загрязненную часть территории Соловьева оврага необходимо отнести к зоне радиационного контроля и рекультивирования ввиду нестабильности геологических процессов и возможности ухудшения радиационно-экологической ситуации из-за выноса загрязненного грунта при различных водноэрозийных процессах.

Возможны два направления реабилитации радиоактивно загрязненного участка оврага.

1. Создание парковой зоны. Для этого необходимо обеспечить локализацию загрязненного радием грунта путем укрепления склона оврага, подверженного оползневым процессам, и засыпки его инертным грунтом с целью реализации мощности экспозиционной дозы не более 20 мкР/ч.

2. Использование территории Соловьева оврага, например, для строительства гаражей и др. Для этого, в качестве предварительных мер, необходимо разработать проект и мероприятия по дезактивации и реабилитации территории и захоронению радиоактивных отходов.

Схема формирования дозы облучения для населения, проживающего на территории, подвергшейся выпадениям чернобыльского происхождения, приведена на рис. 5. Результаты гамма-спектрометрического анализа почв исследованных районов и выращенных на них овощных культур показали отсутствие (или очень низкое содержание) в них техногенного стронция-90. Поэтому расчеты доз облучения проводили только для цезия-137.

В расчетах годовой эффективной дозы облучения населения, полученной при землепользовании на территории, загрязненной радионуклидом цезий-137 после аварии на ЧАЭС, учитывали особенности вертикального распределения радионуклидов в корнеобитаемом слое, что показано на рис. 6.

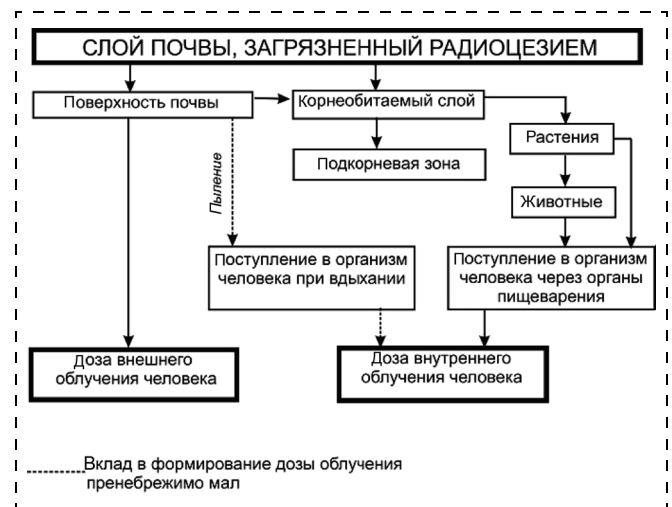


Рис. 5. Схема формирования дозы облучения для населения, проживающего на территориях, затронутых "чернобыльским следом"

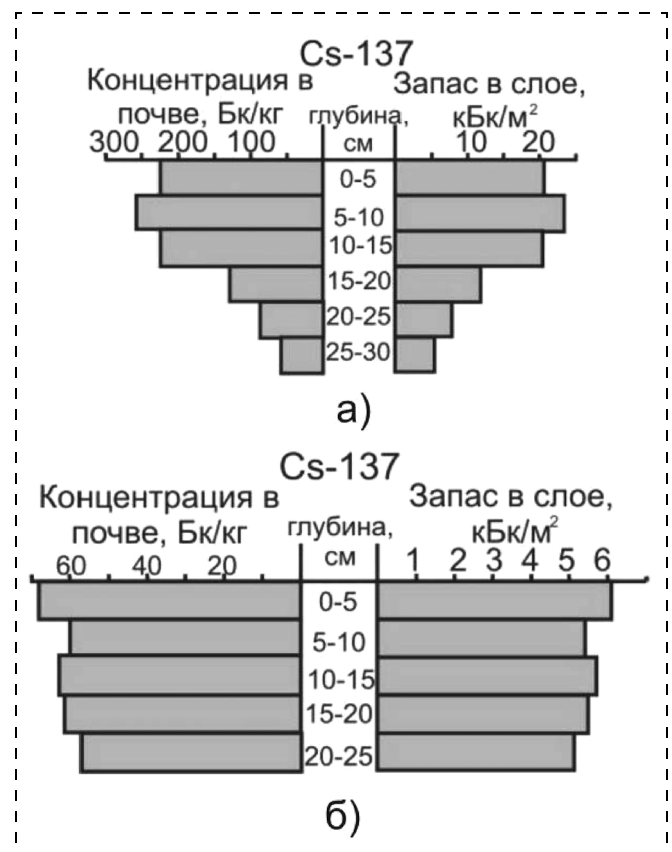


Рис. 6. Вертикальное распределение радионуклидов:

а, б — соответственно целинная и пахотная почвы типа чернозем в районе загрязнения соответственно

На рис. 7 показана динамика снижения общего облучения и его составляющих (внешнее — за счет излучения следа радиоактивных выпадений и внутреннее — за счет облучения при потреблении продуктов питания местного производства).

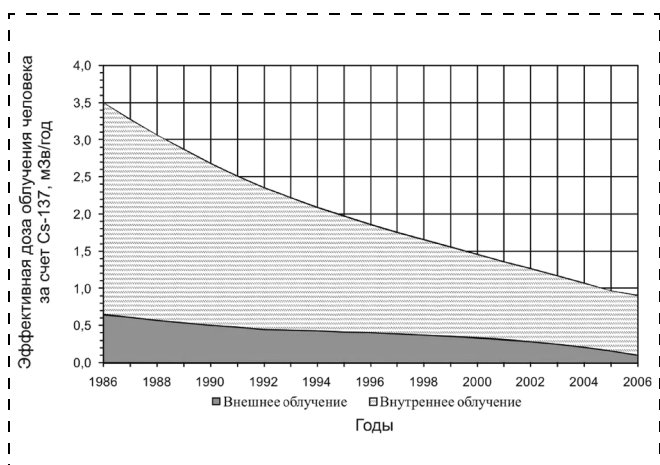


Рис. 7. Динамика снижения дозы техногенного облучения населения после аварии на ЧАЭС

Облучение населения, проживающего на территории, подверженной загрязнению радионуклидами чернобыльского происхождения, обусловлено в значительной степени внутренним облучением за счет миграции радиоактивного цезия-137 по пищевым цепочкам (корневой путь загрязнения, аналогично схеме, показанной на рис. 3). Вклад  $i$ -го продукта питания в формирование эффективной дозы внутреннего облучения населения показан на рис. 8.

Понизить уровень внутреннего облучения при потреблении продуктов питания, полученных с радиационно загрязненных территорий, позволит использование природного сорбента диатомита, который обеспечивает фиксацию радионуклидов в почвенном слое, улучшение его качественных параметров и увеличение производительности сельскохозяйственных культур. Данный сорбент имеет низкую стоимость, и его запасы в Ульяновской области практически не ограничены.

Расчеты показывают, что с 2005 г. для критических районов наблюдается снижение уровня техногенного облучения, вызванного аварией на ЧАЭС, до предела доз, установленного НРБ-99 (1 мЗв/год), и ниже. В настоящее время годовая эффективная доза внешнего и внутреннего облучения, как показали исследования, не превышает 0,91 мЗв. При этом необходимо проводить обычный радиационный контроль объектов окружающей среды. Эта территория не относится к зонам радиоактивного загрязнения и проживания с льготным социально-экологическим статусом. Проживание и хозяйственная деятельность населения по радиационному фактору не ограничиваются.

В Федеральной целевой программе "Ядерная и радиационная безопасность России" система критериев, обеспечивающих безопасность для человека и среды его обитания, формируется на основе концепции социально приемлемого риска.

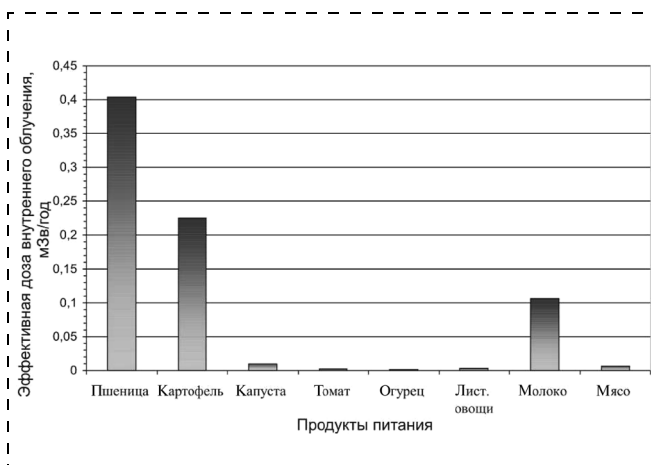


Рис. 8. Доля  $i$ -го продукта питания в формировании дозы внутреннего облучения за счет содержания в нем радиоактивного цезия-137 (2006 г.)

Уровень радиационного риска для населения, проживающего в зоне влияния ГНЦ РФ НИИАР ( $1,7 \cdot 10^{-5}$  1/чел · год), в несколько раз ниже предела индивидуального пожизненного риска, установленного действующими нормами радиационной безопасности ( $5,0 \cdot 10^{-5}$  1/чел · год). Для населения территории Соловьева оврага данный параметр превышает предельное значение в 2 раза, а для населения районов, подвергшихся радиоактивным выпадениям после аварии на ЧАЭС, — в 1,34 раза.

В целом территория Ульяновской области по воздействию радиационного фактора входит в область оптимизации риска (более  $10^{-6}$ ). Уровень риска соответствует низкому (допустимому) [3, 4]. Радиационно-экологическая безопасность населения Ульяновской области обеспечена в соответствии с требованиями действующих нормативных документов за исключением аномалии на участке Соловьева оврага.

#### Список литературы

1. Козлова В. В. Анализ радиационной безопасности на территории расположения объектов атомной промышленности (на примере г. Димитровграда). — Самара: Известия Самарского научного центра РАН, спецвыпуск ELPIT 2005. — С. 82—87.
2. Кобзарь И. Г., Козлова В. В., Ермаков А. Н. Исследование и анализ радиационной обстановки на территории Ульяновской области // Проблемы электромагнитной экологии в науке, технике и образовании: V Международный научно-практический семинар: Сб. науч. трудов. — Ульяновск: УлГТУ, 2006. — С. 57—64.
3. Коренков И. П., Лищенко Т. Н. Радиационно-гигиенические критерии при проектировании и выводе из эксплуатации радиационно опасных объектов // Гигиена и санитария. — 2005. — № 3. — С. 63—65.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М.: Центр Санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. — 116 с.

УДК 66.074.4

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

## Новые конструкции воздушных фильтров-пылегазоуловителей

*Рассмотрены новые, отличающиеся улучшенными характеристиками конструкции воздушных фильтров-пылегазоуловителей различных типов, предложенные в научно-технической и патентной литературе промышленно развитых стран мира. Анализ научно-технической и патентной литературы позволяет определить основные тенденции развития конструкций фильтров и устройств для очистки газовоздушных выбросов промышленных предприятий от механических частиц и вредных газообразных веществ.*

При эксплуатации промышленных предприятий чистоту воздушного бассейна поддерживают следующим комплексом мероприятий:

- применением эффективных воздушных фильтров-пылегазоуловителей для очистки и обезвреживания газовоздушных выбросов;
- соблюдением при эксплуатации установленных регламентов работы воздушных фильтров, постоянного контроля за их работой;
- сохранением чистоты воздушного бассейна при ремонте воздушных фильтров, труб, шахт, аэрационных фонарей с указанием сезонов и очередности ремонта;
- снижением выбросов вредных веществ и предотвращением залповых выбросов при особо опасных метеорологических условиях, переходом на безотходные технологии и на более качественное сырье и топливо (с меньшим выделением вредных веществ в атмосферу);
- сокращением наиболее вредных производств.

Одним из основных способов снижения воздействия промышленного производства на окружающую воздушную среду является повышение эффективности очистки от пыли и обезвреживания газовоздушных выбросов предприятий различных отраслей промышленности.

Для улавливания пыли из газовоздушных выбросов промышленных предприятий применяются фильтры-пылеуловители, которые по принципу действия делятся на механические и силовые [1].

Для очистки газовоздушных выбросов от вредных паров, газов, микроорганизмов, токсичных и радиоактивных веществ, а также носителей неприятного запаха используют абсорбционный, адсорбционный, химический, биологический и термический методы.

Требования к качеству атмосферного воздуха, в том числе к чистоте воздуха производственных помещений [2], постоянно возрастают. В связи с этим необходимо целенаправленно разрабатывать и внедрять новое и более современное оборудование для очистки технологического воздуха от пыли и вредных примесей.

В последние годы ведущие в области фильтровальной техники российские и зарубежные фирмы разра-

ботали, запатентовали и начали выпуск новых воздушных фильтров-пылегазоуловителей различных типов с улучшенными характеристиками.

Одним из наиболее совершенных способов выделения из воздуха взвешенных твердых частиц является его фильтрация через сухие цельные, сыпучие и комбинированные перегородки. Этот способ характеризуется высокой степенью очистки воздуха; возможностью улавливания частиц загрязнений при любом давлении воздуха; использованием химически стойких материалов; стабильностью процесса очистки; простотой эксплуатации.

Возможности применения промышленных воздушных фильтров-пылеуловителей с перегородками значительно расширяются в связи с внедрением новых пористых перегородок из синтетических, стеклянных и металлических волокон, пористых пластических масс, пористой металлокерамики, шлаковаты и др.

Недостатки этих фильтров — необходимость периодической замены некоторых фильтрующих перегородок; сравнительно высокий расход энергии при использовании передвижных перегородок; громоздкость конструкции (особенно при большом объеме расходе очищаемого воздуха). В то же время, как показывают технико-экономические расчеты, затраты на очистку газовоздушных выбросов от частиц загрязнений этими фильтрами часто ниже, чем мокрыми фильтрами-пылеуловителями.

В случаях, когда фильтры с гибкими перегородками и насыпным слоем используют не только для улавливания пыли, но и для химической очистки воздуха, на фильтрующие перегородки наносят слой сорбента, а насыпной слой выполняют из материалов, способных поглощать вредные компоненты.

Применяемые в современных воздушных фильтрах-пылеуловителях фильтрующие пористые перегородки по своей структуре подразделяются на следующие типы:

гибкие пористые перегородки: тканевые материалы из природных, синтетических и минеральных волокон; нетканые волокнистые материалы (войлок, клееный и иглопробивной материалы, бумага, картон, волокнистые маты); ячеистые листы (губчатая резина, пенополиуретан и т. п.);

полужесткие пористые перегородки: слои волокон, стружка, вязаные сетки, расположенные на опорных устройствах или зажатые между ними;

жесткие пористые перегородки: зернистые материалы — пористая керамика и пластмассы, спеченные и спрессованные порошки металлов и керамики (металлокерамика), пористые стекла, углеграфитовые материалы и др.; волокнистые материалы — сформированные слои из стеклянных и металлических волокон; металлические сетки и перфорированные листы;

зернистые слои: неподвижные, свободно насыпанные материалы; периодически или непрерывно перемещающиеся материалы.

Уловленные фильтрами-пылеуловителями с фильтрующими перегородками твердые частицы накапливаются в объеме фильтрующего материала или образуют пылевой слой на поверхности и становятся для вновь поступающих частиц элементом фильтрующей среды, повышая эффективность очистки воздуха, однако, по мере накопления уловленных частиц, газопроницаемость фильтрующего материала уменьшается, поэтому возникает необходимость разрушения и удаления пылевого осадка. Иногда требуется замена забитого пылью фильтра или переснаряжение его новыми фильтрующими материалами. Таким образом, процесс фильтрации в большинстве случаев предусматривает периодическую регенерацию фильтра.

Пониженным аэродинамическим сопротивлением отличается механический фильтр-пылеуловитель для очистки технологического воздуха [3]. В корпусе 1 (рис. 1) фильтра установлен полый фильтрующий элемент 2, изготовленный в виде конуса с углом конусности  $\alpha$ . В фильтрующем элементе равномерно по его поверхности выполнены под углом  $\beta$  к оси элемента конфузорные проходные каналы 3. Углы наклона  $\beta$  конфузорных проходных каналов к оси конусного фильтрующего элемента меняются от 0 до  $15^\circ$ . Оптимальная величина угла конусности определяется из соотношения:

$$\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \sum \frac{f_k}{F_0} = 0,$$

где  $\alpha$  — угол конусности фильтрующего элемента, рад.;  $f_k$  — площадь конфузорного проходного канала в свету,  $\text{м}^2$ ;  $F_0$  — площадь поверхности фильтрующего элемента,  $\text{м}^2$ .

Фирмой Ford Global Technologies and Co (США) разработан отличающийся небольшим аэродинамиче-

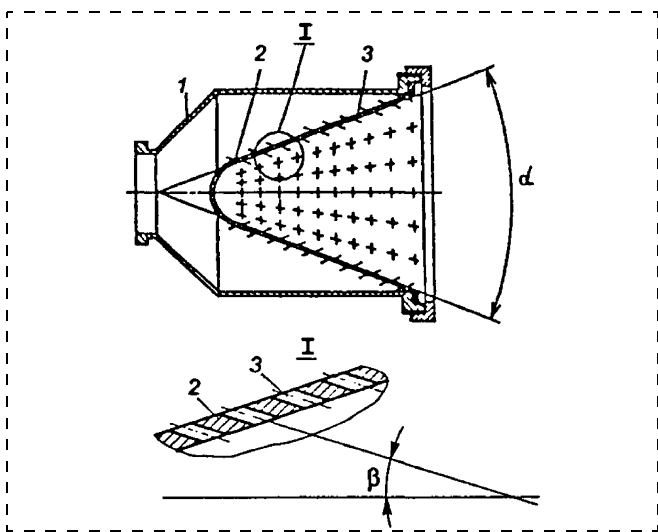


Рис. 1. Воздушный механический фильтр-пылеуловитель с полым коническим фильтрующим элементом

ским сопротивлением и большим ресурсом работы механический фильтр [4], обеспечивающий возможность длительной эксплуатации его при очистке газозвудушных выбросов за счет изменения конфигурации пор под влиянием температуры. Фильтрующий элемент фильтра изготовлен из пористых алюминия или пластмассы с нанесением фильтрующего покрытия из нитинола, обладающего "памятью", позволяющей менять конфигурацию пор по мере их забивания частицами загрязнений из газозвудушных выбросов и противодействовать уменьшению пор фильтрующего материала по мере работы фильтра.

Для качественной очистки газозвудушных выбросов промышленных предприятий от пыли и вредных примесей широко применяются механические фильтры на основе тонковолокнистых пропитанных сорбентом материалов типа ФП (фильтры Петрянова) и их аналогов. Удаляя из очищаемого воздуха взвешенные в нем твердые и жидкие частицы малых размеров с эффективностью 99 %, эти фильтры не только защищают человека и окружающую среду, но и обеспечивают чистоту воздуха производственных помещений для осуществления новейших информационных, аэрокосмических, биологических, медицинских и ряда других так называемых "чистых" технологий.

Один из наиболее прогрессивных методов получения тонковолокнистых материалов типа ФП и их аналогов — российская технология электроформования волокнистых структур (ЭФВ-процесс) [5]. Он занимает особое место, отличаясь аппаратурной простотой, высокой энергетической эффективностью и гибкостью. По своему характеру и аппаратурному оформлению ЭФВ-процесс — сухой бесфильтрный, в котором деформация исходного полимерного (прядельного) раствора, формование из него нитей и образование нетканого волокнистого материала осуществляются исключительно электрическими силами в едином воздушном рабочем пространстве между двумя высоковольтными электродами.

Высокую степень очистки газозвудушных потоков обеспечивают механические фильтры серии Oil-X-Plus фирмы Domnick Hunter GmbH (Германия) [6] с фильтрующим элементом, изготовленным из синтетических микроволокон. Фильтры надежно улавливают твердые частицы размером до 0,01 мкм.

Для качественной очистки газозвудушных потоков фирма Melicon GmbH (Германия) разработала применяющийся в механических фильтрах холст марки MeliFil из полученных по специальной технологии волокон различных металлов — коррозионно-стойкой стали, алюминия, никелевых сплавов и др. [7]. Холсты поставляются листами размерами до  $6000 \times 1200$  мм или в виде рулона шириной 200 мм.

ОАО "НИИОГАЗ" разработаны механические рукавные фильтры во взрывозащищенном исполнении типа ФРБИ-В-5К, ФРБИ-В-30К и ФРИЦ-12В с импульсной регенерацией фильтровальной поверхности [8], предназначенные для улавливания пожаровзрывоопасных пылей. Рукава фильтров изготавливаются из анти-



статического иглопробивного лавсанового полотна, в котором содержится 3...7 % проволоки диаметром 12 мкм из коррозионно-стойкой стали. Взрывозащита фильтров обеспечивается прочностью корпусов и рукавов, предохранительными мембранами и взрывопреграждающими клапанами, устанавливаемыми на входном и выходном патрубках.

Технологичен в изготовлении, удобен и безопасен в эксплуатации, обеспечивает нормальные санитарно-гигиенические условия на рабочих местах универсальный трехступенчатый фильтр-пылегазоуловитель [9], предназначенный для глубокой очистки воздуха, удаляемого от технологического оборудования при работе с вредными химическими веществами, при сварке, пайке, зачистке и в помещениях со значительным количеством пылевидных частиц и газовых вредных веществ. Фильтр-пылегазоуловитель изготавливается в стационарном или подвижном исполнении и позволяет возвращать очищенный воздух в помещение или выпускать его в окружающую среду, не загрязняя воздушного бассейна промышленного предприятия.

Загрязненный воздух через диффузор 1 (рис. 2) из производственного помещения поступает на входную жалюзийную решетку 2, при этом крупные частицы пыли, ударяясь о жалюзи, по пластине-отсекателю 8 оседают в бункере 9, а воздух проходит через разное сечение решетки 2 в камеру загрязненного воздуха Б (происходит грубая очистка загрязненного воздуха).

Из камеры Б через жалюзийные решетки желоба 11 и зернистый материал 7 (зернистый фильтр) очищенный от пылевидных частиц воздух поступает в камеру очищенного воздуха А, а затем, пройдя через фильтрующий элемент 12 для очистки от газовых вредных веществ посредством сорбента, воздух окончательно очищается и поступает в отсасывающий патрубок 13, в виде конфузора и вентилятором 15 направляется обратно в производственное помещение или в окружающую среду. Камера очищенного воздуха А расположена в корпусе 10, установленном на опорной площадке 3 с опорными стойками 4.

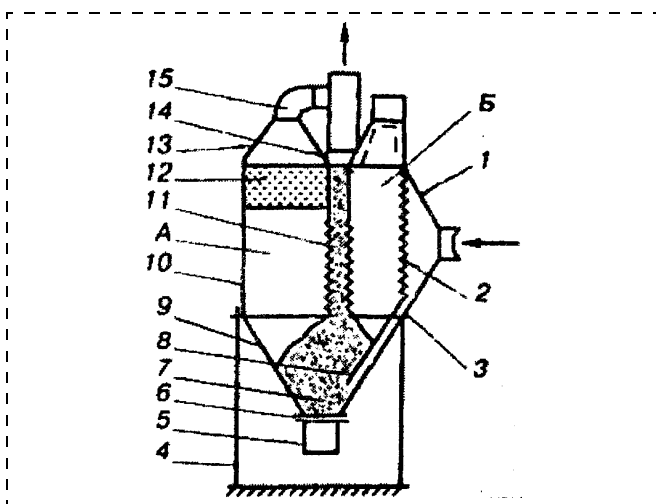


Рис. 2. Универсальный воздушный трехступенчатый фильтр-пылегазоуловитель

Время загрязнения зернистого материала 7 и сорбента в фильтрующем элементе 12 определяется опытным путем, при этом замена зернистого материала осуществляется открытием шиберной задвижки 6 через разгрузочный патрубок 5 и заполнением желоба 11 новой порцией зернистого материала через загрузочную воронку 14. Фильтрующий элемент регенерируется посредством продувки через него нагретого воздуха либо заменяется новым в зависимости от состава поглощенных сорбентом вредных газов.

Для очистки влажного воздуха со слипшейся пылью целесообразно применять насыпные механические фильтры, в которых в качестве насадки используется песок, гравий, шлак, щебень, кокс, древесные опилки, гранулы резины, пластмассы, графита, различные адсорбенты, катализаторы и т. п.

Фирма Veko Kondensat-Technik GmbH (Германия) выпускает эффективные насыпные механические фильтры марки Clear-point-Duplex, предназначенные для очистки воздуха от грязи, паров масла и воды, а также запахов [10]. В этих фильтрах блок очистки от механических примесей и блок с активированным углем расположены вертикально, что приводит к экономии площади при установке фильтров.

Механические насыпные фильтры-пылегазоуловители с мокрой очисткой воздуха имеют сравнительно невысокую стоимость, позволяют удалять из воздуха пыль различной дисперсности вплоть до тонкодисперсной (размерами до 0,1 мкм). Они достаточно универсальны (пылеулавливание можно сочетать с абсорбцией вредных газов и теплообменом), способны работать в пожаро- и взрывоопасных средах. Однако в них возможен брызгоунос технологической жидкости (воды) и коррозия деталей фильтров.

Фирма Environcare International Inc. (США) запатентовала способ и конструкции аппаратов, предназначенных для очистки газовоздушных выбросов от мелкодисперсных абразивных частиц твердой фазы [11]. В системе очистки газовоздушных выбросов используются два последовательно соединенных скруббера, орошаемых мелко диспергированными каплями воды с аэродинамическим диаметром от 200 до 750 мкм. В качестве скрубберов применены трубы Вентури, обеспечивающие возможность их эксплуатации с минимальными потерями давления, благодаря чему достигается высокая энергетическая эффективность.

Высокую степень очистки обеспечивает силовой электромагнитный ударно-инерционный фильтр-пылеуловитель [12], который можно использовать для мокрой очистки загрязненного воздуха. Фильтр содержит цилиндрический резервуар 4 (рис. 3) с водой 10 (технологической жидкостью), входной 5 и выходной 6 воздушные патрубки, трубу 3 для подачи воды в резервуар 4, сливной патрубок 9 для грязной воды, установленный в центре дна резервуара, электромагнитную систему, включающую цилиндрический магнитопривод 2 с обмотками 1, цилиндрическую перегородку 8 и магнитную жидкость 7.

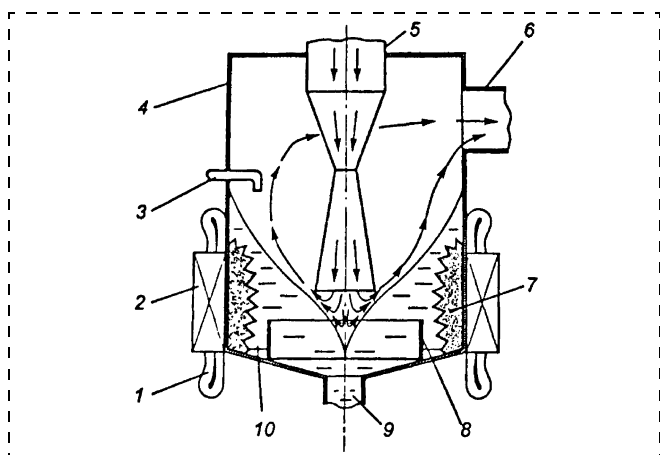


Рис. 3. Воздушный силовой электромагнитный ударно-инерционный фильтр-пылеуловитель

Обмотки 1 магнитопровода 2 подключаются к источнику переменного тока, при этом внутри резервуара 4 создается вращающееся магнитное поле. Для предотвращения экранирования магнитного поля стенки резервуара выполняют из немагнитного материала. Магнитная жидкость 7 притягивается этим полем на внутреннюю цилиндрическую стенку резервуара (в область наиболее сильного магнитного поля) и начинает вращаться вместе с полем. Вращающаяся магнитная жидкость за счет сил гидродинамического трения приводит в движение воду 10. При этом поверхность воды принимает воронкообразную форму, что позволяет увеличить поверхность контакта воды с воздухом без увеличения ее объема и, следовательно, повысить эффективность пылеулавливания. Поток запыленного воздуха через входной патрубок 5 направляется на поверхность воды, при этом направление воздушного потока за счет соударения с поверхностью воды изменяется на  $180^\circ$ . Кроме того, поскольку вода вращается, то при соприкосновении с ее поверхностью поток запыленного воздуха за счет сил трения также приводит во вращение.

Таким образом, на содержащиеся в воздухе частицы пыли действует (в числе прочих) сила инерции, возникающая за счет поступательного движения воздуха, и центробежная сила, обусловленная вращением потока воздуха.

При повороте потока воздуха на  $180^\circ$  содержащиеся в нем частицы пыли ударяются о поверхность воды 10, смачиваются и задерживаются в ней, а очищенный воздух направляется в выходной патрубок 6. При прочих равных условиях кинетическая энергия частиц пыли (загрязнений) в фильтре-пылеуловителе достигает большой величины из-за наличия центробежной силы, которая, складываясь (по закону сложения сил) с силой инерции, увеличивает суммарную энергию удара загрязнений о воду.

Рассматриваемый фильтр-пылеуловитель обеспечивает высокую степень очистки воздуха и отличается небольшими размерами. Под действием центробеж-

ной силы загрязнения также отбрасываются из центральной части воздушного потока на периферию, что увеличивает площадь их взаимодействия с водой и, следовательно, повышает эффективность пылеулавливания.

Вода с содержащимися в ней загрязнениями удаляется через сливной патрубок 9, а по трубе 3 внутрь резервуара подается необходимый объем чистой воды. Поскольку вода вращается и при этом основная масса уловленной пыли находится в ее верхнем слое, то под действием гидродинамических сил загрязнения собираются возле оси вращения воды, т. е. продольной оси резервуара 4. Этим обусловлено размещение патрубка 9 в центре дна резервуара, поскольку при таком положении патрубка через него будет сливаться наиболее загрязненная вода. Регулируя объем воды в резервуаре, скорость вращения и расход ее через патрубок 9 и трубу 3, можно добиться наиболее полного удаления загрязнений при минимальном расходе пылеулавливающей технологической жидкости (воды). Таким образом, в фильтре-пылеуловителе можно значительно снизить удельный расход пылеулавливающей технологической жидкости.

Цилиндрическая перегородка 8 предохраняет магнитную жидкость 7 от растекания по дну резервуара при отключенном питании электромагнитной системы переменным током.

Для улавливания капель технологической жидкости из очищенного воздуха после фильтров-пылеуловителей с мокрой очисткой часто устанавливают фильтры-влагоотделители, в которых реализовано инерционное и центробежное осаждение технологической жидкости.

Для повышения эффективности мокрой очистки воздуха от пыли применяют двухступенчатый силовой фильтр-пылеуловитель центробежного типа [13], содержащий корпус 11 (рис. 4) из немагнитного неэлектропроводного материала, выполненный в виде тела вращения; ротор 14, размещенный внутри корпуса 11;

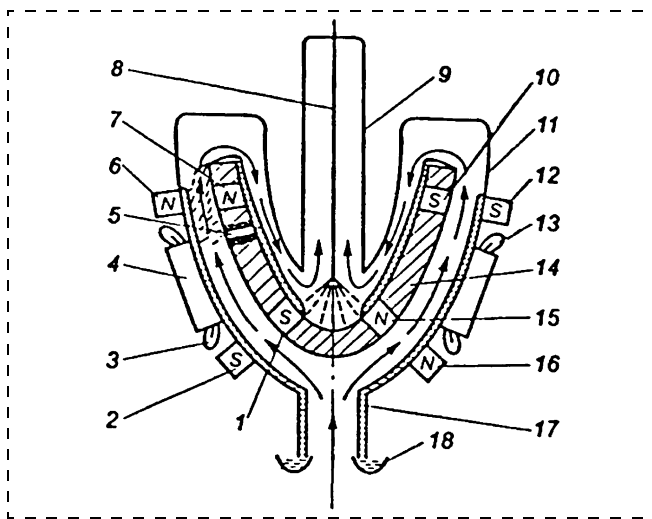


Рис. 4. Силовой воздушный фильтр-пылеуловитель центробежного типа с магнитным полем



ввод 17 для загрязненного воздуха; ввод 8 технологической жидкости, например воды; вывод 9 очищенного воздуха; коллектор 18 для сбора жидкости. На корпусе 11 и роторе 14 установлены напротив друг друга кольцевые полюсные магниты соответственно 2, 6, 12, 16 и 1, 7, 10, 15, причем между кольцевыми магнитами, размещенными на корпусе 11, установлен магнитопровод 4 с обмотками 3 и 13.

Ротор 14 подвешен в магнитном поле кольцевых магнитов, одноименные полюсы которых, размещенные на корпусе 11 и роторе 14, создают усилия магнитного отталкивания. При подключении обмоток 3 и 13 к источнику переменного трехфазного тока возбуждается бегущее по окружности магнитное поле, пересекающее электропроводящие стенки ротора 14 и находящееся в них электродвижущие силы. Электродвижущие силы создают вращающий момент, под действием которого ротор 14, подвешенный в магнитном поле, начинает вращаться. По вводу 8 во внутреннюю полость ротора 14 подается технологическая жидкость, которая под действием центробежных сил тонким слоем растекается по внутренней вогнутой поверхности ротора и затем вытесняется в зазор между наружной выпуклой поверхностью ротора 14 и вогнутой внутренней поверхностью корпуса. Под действием центробежных сил в этом зазоре технологическая жидкость растекается тонким слоем по вогнутой внутренней поверхности корпуса 11.

Загрязненный воздух поступает по вводу 17 в зазор между наружной выпуклой поверхностью ротора 14 и внутренней вогнутой поверхностью корпуса 11 и закручивается в этом зазоре. Под действием центробежных сил частицы пыли отбрасываются к стенкам корпуса 11 и поглощаются технологической жидкостью, которая стекает затем в коллектор 18 и поступает на регенерацию (на рис. 4 не показано). Пройдя первую ступень очистки, воздух поступает в зазор между внутренней вогнутой поверхностью ротора 14 и внутренней выпуклой поверхностью корпуса 11, где расположен вывод 9 для очищенного воздуха. В этом зазоре оставшиеся в воздухе частицы пыли центробежными силами отбрасываются к внутренней вогнутой поверхности ротора 14 и поглощаются технологической жидкостью (вторая ступень очистки воздуха). Очищенный от пыли воздух подается через вывод 9 потребителю.

В боковых стенках ротора 14 выполнены небольшого диаметра отверстия 5, через которые часть технологической жидкости продавливается в зазор между наружной выпуклой поверхностью ротора 14 и внутренней вогнутой поверхностью корпуса 11, образуя капельную завесу из технологической жидкости для очищаемого воздуха между первой и второй ступенями очистки. Загрязненный воздух, проходя через эту капельную завесу, более эффективно очищается от частиц пыли. Таким образом, воздух подвергается двухступенчатой очистке и очистке в капельной завесе от пыли, что делает пылеулавливание более эффективным.

Эффективную очистку воздуха от пыли и различных вредных газовых веществ обеспечивает фильтр-

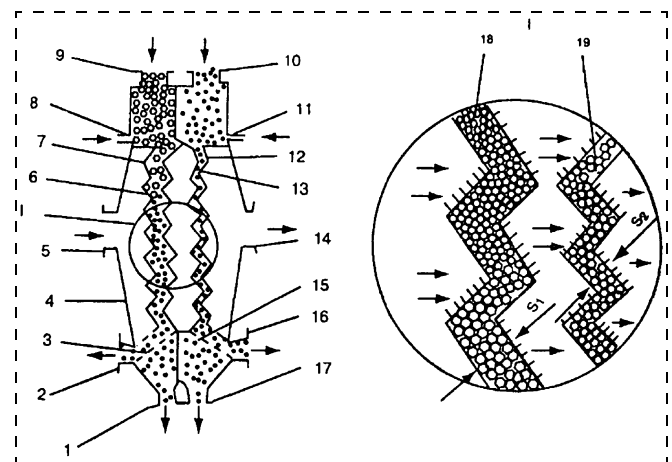


Рис. 5. Воздушный фильтр-пылеуловитель с зернистым фильтровальным материалом

пылегазоуловитель [14], в котором поток запыленного воздуха пропускается сквозь гравитационно перемещающиеся слои (не менее двух) сыпучего фильтровального материала в виде волнообразных штор. Фильтр-пылегазоуловитель с двумя слоями сыпучего материала состоит из корпуса 4 (рис. 5) с входным 5 и отводным 14 патрубками для воздушного потока и с входящими 9 и 10 и выходящими 2 и 16 патрубками для зернистого фильтровального материала. На корпусе 4 имеются штуцера 8 и 11 для подвода паров реакционноспособного вещества к поступающему сыпучему зернистому материалу и придания ему свойств адсорбента вредных веществ, а также пылеотводящие патрубки 1 и 17 для отвода соответствующих фракций пыли. В нижней части корпуса 4 размещаются вибросита 3 и 15 для отделения пыли от зернистого фильтровального материала.

Поток запыленного воздуха с вредными газовыми веществами, поступающий в корпус 4 через патрубок 5, проходит через жалюзийные элементы 6, 7, 12 и 13, ограничивающие в виде волнообразных штор гравитационно перемещающиеся вертикальные слои, состоящие из зерен 18 и 19 сыпучего фильтровального материала. Причем в первом по ходу движения запыленного потока воздуха вертикальном слое перемещается зернистый материал (зерна 18) более крупного гранулометрического состава, чем во втором вертикальном слое (зерна 19). Толщина  $S_1$  первого слоя с зернами 18 в два раза больше толщины  $S_2$  второго слоя с зернами 19. Очищенный от пыли и вредных газовых веществ воздух выходит из фильтра-пылегазоуловителя через патрубок 14. Отработанные зерна 18 и 19 на виброситах 3 и 15 освобождаются от пыли и через патрубки 2 и 16 направляются в циркуляционную систему для новой загрузки в фильтр-пылегазоуловитель через входящие патрубки 9 и 10. Пыль выводится из фильтра-пылегазоуловителя через патрубки 1 и 17. Степень очистки воздуха можно регулировать выбором количества вертикальных слоев зернистого фильтровального материала, изменением материала зерен и изменением скорости потока зернистого материала.



Среди различных загрязнений в газовоздушных выбросах промышленных предприятий, как правило, имеется фракция ферромагнитных частиц, склонных к магнитному захвату, а значит — к осаждению в магнитном очистном аппарате (магнитном фильтре). Эти частицы образуются в процессе коррозии и износа оборудования, при металло- и термообработке, дроблении и размоле сырьевых компонентов и загрязняют окружающую среду, наносят вред здоровью человека, вызывают поломки (вынужденные аварийные остановки) и даже выход из строя оборудования. При магнитном осаждении ферромагнитные частицы, обладая сорбционными свойствами, также очищают газовоздушные выбросы от ионов тяжелых металлов, радионуклидов, биологических компонентов и т. д.

Эффективен в работе жалюзийно-магнитный фильтр-сепаратор [15], в корпусе 1 (рис. 6) которого расположена жалюзийная решетка с параллельными полыми элементами 2 длиной  $a$ , в которых находятся постоянные магниты. Элементы 2 обращены друг к другу разнополярными поверхностями, ориентированы под углом к направлению очищаемого газовоздушного потока и смещены относительно друг друга таким образом, что каждый последующий (по ходу движения потока) элемент перекрывает предыдущий на величину  $\Delta u$  и находится от него на расстоянии  $b$ . В результате образуется магнитная ловушка 3. Магниты не только делают элементы магнитно-активными, но и создают дополнительные зоны повышенной интенсивности поля в областях 3 их взаимного перекрытия. В этих зонах проходит завершающий процесс захвата ферропримесей, в том числе высокодисперсных.

Следовательно, в этом случае магнитно-активные элементы служат в качестве осадительных элементов ферропримесей, а не только формируют два потока: загрязненный по одну сторону жалюзийной решетки, очищенный — по другую. При этом обеспечивается совместное действие инерционной силы (в данном случае устремляющей примеси к поверхностям элементов и отвечающей за дрейф частиц по их поверхностям, в результате чего происходит отделение примеси от основного потока) и магнитной силы захвата ферропримесей на открытых поверхностях активированных элементов, особенно в зонах повышенной интенсивности магнитного поля.

Примеси, находящиеся в газодисперсном потоке, стремятся попасть на открытую поверхность элемента 2 жалюзийной решетки под действием как инерционной, так и магнитной силы. Если последняя доста-

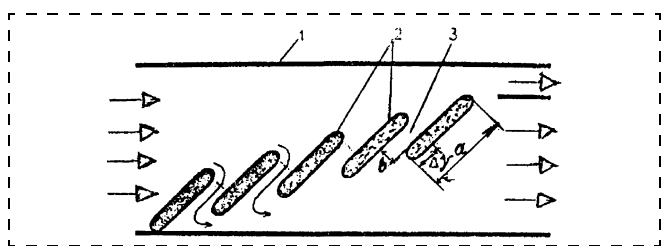


Рис. 6. Воздушный жалюзийно-магнитный фильтр-сепаратор

точно (частица крупная с относительно высокой магнитной восприимчивостью), то частица осаждается уже на этом элементе. Если же на данной стадии магнитная сила недостаточна (частица мелкая), то она с потоком движется вблизи поверхности.

Эффективную работу с минимальными затратами электроэнергии обеспечивает установка для каталитической очистки газовоздушных выбросов промышленных предприятий от токсичных и горючих загрязнений [16]. Установка содержит теплообменник, нагреватель и каталитический нейтрализатор, которые соединены последовательно по ходу движения очищаемых газовоздушных выбросов и помещены внутрь теплонакопительного устройства. Выход нейтрализатора подсоединен к теплообменнику. Теплообменник служит для предварительного подогрева вновь поступающих в теплообменник очищаемых газовоздушных выбросов уже очищенными выбросами. Теплонакопительное устройство снабжено датчиками температуры теплонакопительного материала и температуры очищенного воздуха и системой нагрева, связанными с системой регулирования.

Устройство для эффективного разложения органических веществ, содержащихся в газовоздушных выбросах [17], представляет собой трубку, через которую вентилятором прокачивается загрязненный воздух. В трубке по ходу движения газовоздушных выбросов располагаются: устройство для активации кислорода, в частности, превращения части его в озон; решетчатая насадка; накопитель органических веществ; устройство для восстановления остатков озона и сенсор для контроля за содержанием органических веществ в очищенных газовоздушных выбросах. Накопитель органических веществ выполнен в виде слоя растительных или животных волокон, например, овечьей шерсти, и содержит каталитическую добавку для разложения органических веществ. Насадка изготавливается из электрически проводящего материала (металла), а устройство для восстановления остатков озона содержит нанесенные на накопитель оксиды марганца и меди.

Фирма Filter Ltd. (Великобритания) совместно с фирмой Haldor Topsøe A/S (Дания) разработала комплексные фильтры марки Cerafil TopKat [18], содержащие пористые цилиндрические элементы из керамики и катализатор на основе оксидов металлов. Эти фильтры не только обеспечивают качественную очистку газовоздушных выбросов от мелкодисперсных механических частиц, но и благодаря наличию катализатора позволяют осуществить деструкцию диоксинов, летучих органических соединений и оксидов азота. Фильтры марки Cerafil TopKat снижают содержание в очищенных газовоздушных выбросах летучих органических соединений до 1,0 %.

Транснациональная компания "Ингерсолл Рэнд" (Ingersoll Rand) разработала систему механической и химической фильтрации загрязненного воздуха [19], поступающего в компрессорную станцию. Система является автономной установкой для очистки загрязненного воздуха, в первую очередь, от твердых взве-



шенных частиц и химических загрязнений и включает: предварительный механический фильтр, сменные контейнеры с химическим наполнителем, механический фильтр тонкой очистки, камеру с перфорированным металлическим корпусом.

Поступающий в систему загрязненный воздух проходит через предварительный механический фильтр, в котором отделяется 98 % частиц загрязнений (атмосферная пыль) размером 10 мкм и более. Затем воздух поступает во вторую ступень системы — сменные перфорированные картонные контейнеры с химическим наполнителем, выбирающимся в зависимости от состава поступающего воздуха. При прохождении через эту ступень путем адсорбции и окисления воздух очищается от присутствующих в нем различных загрязняющих газов.

Фильтр тонкой очистки является третьей ступенью системы. Эффективность очистки воздуха этим механическим фильтром от частиц загрязнений размером 2 мкм и более составляет 99,97 %.

За третьей ступенью системы расположен перфорированный механический корпус, выпускная пластина которого снабжена отверстием, размер этого отверстия соответствует размеру отверстия впускного патрубка компрессорной станции. Данная система удобна в эксплуатации и надежна в работе.

Фирмой Keller Lufttechnik GmbH (Германия) разработана фильтрующая установка для комплексной очистки газовоздушных выбросов промышленных производств от примесей легколетучих органических соединений с применением окислительных реакций, протекающих при низких температурах [20]. В установке применены процессы адсорбции, озонирования и фотолиза. Синтез озона, используемого для окисления легколетучих органических примесей, осуществляется под действием ультрафиолетовой радиации. В процессе очистки газовоздушных выбросов используются два фильтра, работающие попеременно: один фильтр находится в рабочем режиме очистки, а второй — в регенерации, проводимой с применением обратного потока очищенных газовоздушных выбросов. Информация о процессах, протекающих в обоих фильтрах, выводится на специальный экран.

Российская фирма "ЭКОсервис — НЕФТЕГАЗ" серийно выпускает установки "Форсаж-1" [21], которые позволяют утилизировать горючие органические отходы в газовоздушных выбросах методом сжигания.

Установка "Форсаж-1" представляет собой компактную конструкцию в виде стальной 200-литровой бочки (первичная зона горения) со своеобразно устроенной крышкой, соединенной гибким металлическим рукавом с реверсивной камерой. Крышка выполнена из жаростойкой коррозионно-стойкой стали и оснащена камерой дожигания отходящих газов с дефлектором (вторичная зона горения, в которую нагнетается воздух из вторичной камеры).

В первичной зоне, куда воздух благодаря тангенциальному вдуву поступает по периферии камеры сгорания, происходят процессы термической и термо-

окислительной деструкции органических отходов. Во вторичной зоне, в которую продукты сгорания из первичной зоны поступают по центральной прилегающей к оси части камеры, омывая дефлектор, продукты сгорания смешиваются с воздухом и дожигаются в турбулентном слое смешения, за дефлектором. При этом дефлектор выполняет роль стабилизатора горения, образуя в потоке продуктов неполного сгорания, выходящих из первичной зоны, циркуляционную зону.

В установке "Форсаж-1", работающей от переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, сжигаются нефтесодержащие отходы, бумажные и древесные частицы и другие горючие материалы.

Преимуществами применения биологических фильтров для защиты воздушного бассейна от выбросов технологического воздуха, содержащего опасные для здоровья людей вредные вещества, являются в основном простота технологии защиты и ее малозатратность [22]. В этих фильтрах используется биологическая энергия микроорганизмов и некоторых живых организмов, в результате чего обеспечивается высокая степень обезвреживания промышленных отходов, находящихся в технологическом воздухе.

Развитие различных отраслей промышленности, связанное с переходом к новым технологическим процессам, основанным на последних достижениях науки и техники, потребовало усовершенствования конструкций воздушных фильтров-пылегазоуловителей, являющихся важными элементами технологического оборудования. Эти конструктивные усовершенствования направлены на повышение эффективности улавливания частиц пыли и других примесей из воздуха, увеличение надежности, ресурса работы и технологичности изготовления, снижение шума при работе, уменьшение массы и габаритных размеров фильтров-пылегазоуловителей, обеспечение более удобной эксплуатации и технического обслуживания фильтров, применение новых фильтрующих материалов, отличающихся высокими характеристиками.

Совершенствование воздушных фильтров-пылегазоуловителей — непрерывный процесс, являющийся составной частью технического прогресса. Он обусловлен все возрастающими экологическими и санитарно-гигиеническими требованиями к окружающей воздушной среде и основан на достижениях во многих областях науки и техники.

#### Список литературы

1. Буренин В. В. Эффективная очистка газовоздушных выбросов промышленных предприятий от пыли и вредных примесей // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 4. — С. 30—37.
2. Буренин В. В. Воздушные фильтры-пылегазоуловители для производственных помещений // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 8. — С. 17—21.
3. Пат. 2042397 Россия, МПК В01Д 46/34. Фильтр / Васильев В. А., Мордасов А. Г., Стрелецкий В. Б. и др. Оpubл. 27.08.1995 // Бюл. № 24.
4. Заявка на пат. 1543871 ЕПВ, МПК В01Д 39/38. Фильтр с насадкой и применение подобного фильтра. Оpubл. 22.06.2005.

5. Юров Ю. Л., Девисиллов В. А., Кириченко В. Н., Басманов П. И. Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами на основе волокнистых материалов ФП и их аналогов (свойства, конструкции, применение) // Приложение к журналу "Безопасность жизнедеятельности". — 2003. — № 10. — 16 с.
6. Mit Microfasern spar // Produktion. — 2002. — N 42. — P. 20.
7. Metallvlies // CITplus. — 2004. — N 7. — N 1—2. — P. 32.
8. Александров В. П. Рукавные фильтры во взрывозащищенном исполнении // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2005. — № 2. — С. 39—41.
9. Пат. 2110318 Россия, МПК В01Д 46/30. Универсальный пылегазоуловитель / Калинин П. И., Кирилин К. П. Оpubл. 10.09.1998 // Бюл. № 25.
10. Filterelemente: Teilchen und Dampfe entfernen // Ind. — Anz. — 1999. N 5. S. 18.
11. Пат. 6953495 США, МПК В01Д 47/10. Способ очистки газового потока от примесей абразивных частиц твердой фазы. Оpubл. 11.10.2005.
12. Пат. 2056910 Россия, МПК В01Д 47/02. Ударно-инерционный пылеуловитель / Каминский В. Д., Филь Е. С. Оpubл. 27.03.1996 // Бюл. № 9.
13. Пат. 2056140 Россия, МПК В01Д 47/00. Устройство для очистки газа от пыли. / Каминский В. Д., Соломин В. А., Калинин С. Ю. и др. Оpubл. 20.03.1996 // Бюл. № 8.
14. Пат. 2132219 Россия, МПК В01Д 46/32. Способ очистки газа и устройство для его осуществления // Бикбау М. Я., Булатов Н. Я., Буянов Е. А. Оpubл. 4.08.1999 // Бюл. № 18.
15. Сандуляк А. В., Сандуляк А. А., Ершова В. А. Жалюзийно-магнитный сепаратор для очистки газодисперсных смесей // Экология и промышленность России. — 2006. — № 9. — С. 26—29.
16. Пат. 2277010 Россия, МПК В01Д 53/86. Установка для очистки воздуха и отходящих газов от токсичных и горючих компонентов / Улькин Б. Г., Куприянова С. Г., Зереп К. Е., Хрусталева С. А., Хмельницкий Б. И. Оpubл. 27.05.2006 // Бюл. № 20.
17. Заявка на пат. 10360428 Германия, МПК В01Д 53/44. Устройство и способ разложения органических веществ, содержащихся в отходящих газах. Оpubл. 28.07.2005.
18. Remove dust and pollutants with this catalytic filter // Chem. Eng. (USA). — 2005. N 7. — P. 16.
19. Булавин Д. О. Система химической фильтрации // Химическая техника. — 2006. — № 2. — С. 40—41.
20. Grenzwerte einhalten Meeting emission limits // Chem. Plants + Process. — 2005. Прил. Top. Prod. 2005. — S. 54—55.
21. Объекты государственной экологической экспертизы // Безопасность труда в промышленности. — 2006. — № 10. — С. 24.
22. Garner Loren G., Barton Tracy. Ashlock Biofiltration for abatement of VOC and HAP emissions // Metal Finish. — 2002. — N 11. — P. 12.УДК 628.517

УДК 628.517

А. Б. Елькин, канд. техн. наук, доц., Н. С. Колюхова, канд. техн. наук, доц.,  
Нижегородский государственный технический университет, г. Нижний Новгород

## Определение границ санитарно-защитной зоны по шумовому фактору

*Рассмотрены порядок и методика определения размеров санитарно-защитной зоны по шумовому фактору для прогнозирования уровней шума, возникающих в результате строительства, реконструкции и эксплуатации производственных объектов. Приведен пример расчета расстояния, на котором достигается допустимый уровень шума для территорий жилой застройки.*

Одной из актуальных задач безопасности в техно-сфере является проблема защиты человека в среде обитания от шумового воздействия. Высокий уровень шума в крупных городах и населенных пунктах возникает при эксплуатации автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта, а также при использовании различных энергетических установок промышленных предприятий и иных локальных источников шума, расположенных на территории жилой застройки. Проживание в зонах акустического дискомфорта, где санитарные нормы шума в жилых помещениях не соблюдаются, приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой и центральной нервной систем человека, что вызывает нарушение сна, ухудшение физического состояния и здоровья людей в целом.

Проблема защиты от шума требует комплексного подхода, при котором используются технические методы, направленные на снижение шума в источнике его возникновения, архитектурно-планировочные решения по защите от шума на пути его распространения и организационно-технические меры.

При проектировании жилой застройки в городах, при строительстве и реконструкции промышленных и бытовых объектов на селитебной территории обязательным требованием является соблюдение санитарно-защитных зон, установленных санитарными правилами и нормами [1].

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) — это территория между границами промплощадки и территории жилой застройки, ландшафтно-рекреационной зоны, зоны отдыха, курорта. Границей СЗЗ является линия, ограничивающая территорию, за пределами которой нормируемые вредные факторы не превышают установленных нормативов. Размеры санитарно-защитной зоны определяются расчетами рассеивания выбросов в атмосфере для всех загрязняющих веществ, расчетами распространения шума, вибрации и электромагнитных полей с учетом фонового загрязнения среды обитания по каждому из факторов за счет вклада действующих, намеченных к строительству или проектируемых пред-



приятый. В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду вредных веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов определены минимальные размеры санитарно-защитных зон:

- для предприятия первого класса — 1000 м;
- для предприятия второго класса — 500 м;
- для предприятия третьего класса — 300 м;
- для предприятия четвертого класса — 100 м;
- для предприятия пятого класса — 50 м.

Санитарными правилами и нормами по определению санитарно-защитных зон и санитарной классификации предприятий, сооружений и иных объектов [1] установлены промышленные, коммунальные, энергетические объекты, предприятия по обслуживанию транспортных средств и другие, для которых ведущим фактором при определении границы СЗЗ является шумовое воздействие.

Шумовой режим селитебных территорий в городах определяется воздействием источников внешнего шума, к которым, прежде всего, относятся средства автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта, промышленные предприятия и установки, открытые трансформаторные подстанции, погрузочно-разгрузочные работы, а также различные виды жизнедеятельности населения, связанные с эмиссией шума. Подавляющее большинство этих источников создают непостоянный шум, уровни звука которого значительно изменяются во времени.

В качестве основной величины для оценки шумового режима в местах отдыха, проживания и работы населения применяется эквивалентный уровень звука.

Допустимые уровни шума установлены для различных помещений, видов трудовой деятельности и территории санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562—96 [2].

Оценку шумовых режимов в местах пребывания человека и сопоставление с нормами допустимого шума необходимо проводить в дневной и ночной периоды суток.

На селитебных территориях шумовой режим, создаваемый планируемыми видами деятельности, весьма полезно представлять в виде шумовых зон (карт). Рекомендуется использовать кривые (контуры), обозначающие границы между шумовыми зонами, кратными 3 дБ. Границы зон следует обозначать их верхними и нижними предельными значениями в дБА. Эти зоны можно графически представить на шумовой карте рассматриваемой территории, выделяя обозначаемые участки разными цветами.

Обязательным условием при проектировании объектов и реконструкции предприятий является оценка воздействия на окружающую среду. В проектной документации должен быть раздел "Охрана окружающей среды", где дается характеристика негативного влияния планируемой деятельности и в том числе шумового воздействия [3]. В ряде случаев требуется определение границ санитарно-защитной зоны по шумо-

вому фактору или определение расстояния от источника шума, на котором достигается допустимый уровень шума. Цель оценки шумового воздействия на окружающую среду состоит в прогнозировании шумовой ситуации, возникающей в результате строительства и реконструкции проектируемых зданий и сооружений, например, промышленных предприятий, энергетических и коммунальных объектов.

Определение размеров санитарно-защитной зоны по шумовому фактору производится на основе акустического расчета или путем натурных измерений уровней шума на промплощадках предприятий и прилегающих к ним территориях.

При определении границ СЗЗ на основе акустического расчета используются рекомендации СНиП 23-03—2003 [4].

На генеральном плане указывается расположение основных источников внешнего шума, например, компрессорной, трансформаторной подстанции, вентиляционных систем, насосной и др. Шумовые характеристики источников шума в виде октавных уровней звуковой мощности  $L_W$ , скорректированных уровней звуковой мощности  $L_{WA}$  находятся по справочным данным или по технической документации завода-изготовителя.

Уровень шума от одиночного точечного источника на территории определяется по формуле:

$$L = L_W - 20 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega, \quad (1)$$

где  $L_W$  — октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;  $\Phi$  — фактор направленности источника шума (для источников с равномерным излучением  $\Phi = 1$ );  $r$  — расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м (если точное положение акустического центра неизвестно, он принимается совпадающим с геометрическим центром);  $\beta_a$  — затухание звука в атмосфере, дБ/км;  $\Omega$  — пространственный угол излучения источника, рад (при излучении в пространство —  $\Omega = 4\pi$ , при излучении в полупространство, когда источник находится на земле, на стене  $\Omega = 2\pi$ ).

При протяженном источнике ограниченного размера (стена производственного здания, цепочка шахт вентиляционных систем на крыше производственного здания) уровень шума определяется по формуле:

$$L = L_W - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega. \quad (2)$$

Если расстояние  $r \leq 50$  м, затухание звука в атмосфере не учитывают.

Объективность и точность расчетов ожидаемых уровней шума на территории и определение размеров СЗЗ зависит прежде всего от правильного выбора шумовых характеристик источников шума. В настоящее время для этого используется каталог шумовых характеристик машин, являющийся приложением к СНиП II-12—77. К сожалению, в этом документе приведены данные на уже устаревшее оборудование, которое в проектируемых производствах не применяется.



Шумовые характеристики оборудования должны указываться в технической документации (паспортах машин), но и это требование не всегда выполняется. Поэтому приходится принимать уровни звуковой мощности источников шума, ориентируясь на данные аналогичного по техническим характеристикам оборудования. Такой подход может привести к значительным ошибкам в оценке ожидаемых уровней шума и размеров границ СЗЗ по шумовому фактору. Очевидно, что избежать ошибки и неточности расчетов возможно при использовании в расчетах шумовых характеристик оборудования, измеренных согласно методам, регламентированным системой стандартов безопасности труда, например ГОСТ 12. 1. 024—80 — ГОСТ 12.1.028—80 и др.

Для действующих предприятий оценку внешнего шума и определение шумовых характеристик производят с помощью натуральных измерений согласно методике, утвержденной НИИСФ Госстроя СССР [5].

Шумовыми характеристиками промышленных предприятий с максимальным размером в плане не более 300 м, расположенных на территории селитебных зон, являются: средний скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PAcp}$ , дБА, и максимальный скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PAmaks}$ , дБА, а также показатели направленности излучения  $G_i$ , дБА.

Для всех предприятий, расположенных на территории промышленных и коммунально-складских зон, и для предприятий с максимальным размером в плане более 300 м, расположенных на территории селитебных зон, в качестве шумовых характеристик используются эквивалентный уровень звука  $L_{Aэкв.гр}$ , дБА, и максимальный уровень звука  $L_{Amaks.гр}$ , дБА, измеренные на участках границы территорий предприятий с территорией жилых районов.

Измерения эквивалентных и максимальных уровней звука проводятся с помощью интегрирующих шумомеров в наиболее шумные периоды работы предприятий, продолжительность измерений в каждой точке не менее 10 мин. Точки измерений выбираются на измерительном контуре или измерительной линии, находящихся на территории предприятия вблизи его границ. Расстояние между точками измерений должно быть не более 50 м, а уровни звука, измеренные в соседних точках, не должны отличаться более чем на 5 дБА. Число точек измерений должно быть не менее восьми.

Средний скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PAcp}$ , дБА, и максимальный скорректированный уровень звуковой мощности  $L_{PAmaks}$ , дБА, предприятия определяются по формулам:

$$L_{PAcp} = \bar{L}_{Aэкв} + 10 \lg \frac{2S}{S_0}, \quad (3)$$

$$L_{PAmaks} = \bar{L}_{Amaks} + 10 \lg \frac{2S}{S_0}, \quad (4)$$

где  $\bar{L}_{Aэкв}$  и  $\bar{L}_{Amaks}$  — среднее значение соответственно эквивалентного и максимального уровня звука, дБА, на

измерительном контуре;  $S$  — площадь территории, м<sup>2</sup>, занимаемой промышленным предприятием;  $S_0 = 1$  м<sup>2</sup>.

Среднее значение уровней звука  $\bar{L}$  вычисляется по формуле:

$$\bar{L} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} - 10 \lg n, \quad (5)$$

где  $L_i$  —  $i$ -й из усредняемых уровней звука, дБА;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  — число усредняемых уровней звука.

Если разность между наибольшим и наименьшим измеренными уровнями не превышает 7 дБА, то среднее значение уровней определяется как среднее арифметическое значение уровней по формуле:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i. \quad (6)$$

Показатели направленности излучения предприятия определяются, когда эквивалентный уровень звука в измерительной точке отличается от среднего значения эквивалентного уровня звука на измерительном контуре более чем на 4 дБА по формуле:

$$G_i = L_{Aэквi} - \bar{L}_{Aэкв}, \quad (7)$$

где  $L_{Aэквi}$  — измеренное значение эквивалентного уровня звука в точке  $i$ , дБА.

Для расчета границ санитарно-защитной зоны используются выражения (1), (2) или формула для определения уровня звука,  $L_A$ , в расчетной точке на территории застройки, прилегающей к территории промышленных и коммунальных предприятий [6]:

$$L_A = L_{PA} - 10 \lg \Omega + G_i - 20 \lg r - \Delta Ar + \Delta L_{отр} - \Delta L_{CA}, \quad (8)$$

где  $L_{PA}$  — скорректированный или эквивалентный уровень звуковой мощности источника шума, дБА;  $\Delta Ar$  — поправка, дБА, на поглощение звука в воздухе, принимаемая в зависимости от разности  $\Delta L_A = L_{Pлин} - L_{PA}$ , учитывающей зависимость звукопоглощения от спектра шума;  $\Delta L_{отр} = 3m$ , дБА — повышение уровня звука вследствие отражения звука от больших поверхностей (земля, стена), расположенных на расстоянии от расчетной точки, не превышающем  $0,1r$ ;  $m$  — число отражающих поверхностей (поверхность земли не включается в число  $m$ , если отражение от нее уже учтено в значении пространственного угла  $\Omega$ );  $m = 0$ ,  $\Delta L_{отр} = 0$ ;  $\Delta L_{CA}$  — дополнительное снижение уровня звука, дБА, элементами окружающей среды:

$$\Delta L_{CA} = \Delta L_{экр} + \Delta L_{пов} + \beta_{азел} l,$$

где  $\Delta L_{экр}$  — снижение уровня звука экраном, расположенным между источником шума и расчетной точкой;  $\Delta L_{пов}$  — снижение уровня шума поверхностью земли, дБА;  $\beta_{азел}$  — коэффициент ослабления звука в атмосфере полосами лесонасаждений, дБА,  $\beta_{азел} = 0,08$  дБА/м;  $l$  — ширина полосы лесонасаждения, м.

Подставляя в формулу (8) для расчета уровня звука вместо  $L_A$  допустимый уровень звука  $L_{Доп}$ , можно



рассчитать  $r$  — расстояние от геометрического центра источника шума до границы санитарно-защитной зоны с помощью соотношения:

$$20\lg r = L_{P_{\text{Аср}}} - L_{\text{Доп}} - 10\lg \Omega + G_i - \Delta A r + \Delta L_{\text{отр}} - \Delta L_{\text{СА}}, \quad (9)$$

где  $G_i = 0$ , когда эквивалентные уровни звука в измерительных точках отличаются от среднего эквивалентного уровня звука на измерительном контуре менее чем на 4 дБА.

Для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам, допустимый уровень звука  $L_{\text{Доп}} = 55$  дБА (с 7-00 до 23-00) и  $L_{\text{Доп}} = 45$  дБА (с 23-00 до 7-00). Максимальный уровень звука не должен превышать 70 дБА [2].

В качестве примера рассмотрим порядок акустического расчета и определение границ санитарно-защитной зоны по шумовому фактору на действующем предприятии.

### 1. Определение шумовых характеристик источников шума.

Источниками внешнего шума предприятия по изготовлению полиграфической продукции являются система вытяжной вентиляции, погрузочно-разгрузочные работы и переработка отходов упаковки на гидравлическом прессе.

Вытяжная вентиляция включает три крышных вентилятора ВКРМ-6,3-0,2 с электродвигателями мощностью 2,2 кВт, установленными на кровле производственного здания на высоте 12 м.

В процессе погрузочно-разгрузочных работ используются автомобиль КАМАЗ и автопогрузчик.

Уровни звуковой мощности вентилятора ВКРМ-6,3-0,2 в октавных полосах частот для стороны нагнетания приняты по каталогу вентиляционного оборудования ОАО "Мовен" и приведены в табл. 1.

Шумовые характеристики автотранспортных средств определяются согласно ГОСТ 27436—87 "Внешний шум автотранспортных средств".

Для грузовых автомобилей с двигателем мощностью 150 кВт и выше с полной массой свыше 3500 кг уровень звуковой мощности составляет 84 дБА. Уровень звуковой мощности гидравлического пресса принимается равным 80 дБА по паспорту завода-изготовителя.

### 2. Определение уровней звуковой мощности вытяжной вентиляции.

Суммарный уровень звуковой мощности вентиляторов в октавных полосах частот определяется по формуле:

$$L_{\text{Всум}} = L_B + 10\lg b,$$

где  $L_B$  — уровень звуковой мощности вентилятора ВКРМ-6,3-0,2 в октавных полосах частот;  $b$  — количество вентиляторов.

Уровни звуковой мощности от вытяжной вентиляции приведены в табл. 2.

### 3. Определение уровней звукового давления на границе санитарно-защитной зоны.

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках, если они расположены на территории жилой застройки, определяются по формуле (2).

Таблица 1

#### Шумовая характеристика вентилятора ВКРМ-6,3-0,2

$n$ , мин <sup>-1</sup>	Уровень звуковой мощности, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
935	78	81	89	82	80	78	70	61

Таблица 2

#### Уровни звуковой мощности от вытяжной вентиляции

Октавные полосы частот, Гц $L_{\text{Всум}}$ , дБ	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
		83	86	94	87	85	83	75

Таблица 3

#### Результаты расчета ожидаемого уровня шума

Определяемый параметр	Октавные полосы частот							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{Всум}}$ , дБ	83	86	94	87	85	83	75	66
$15\lg r$	27	27	27	27	27	27	27	27
$10\lg \Phi$ , дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
$\beta_g$ , дБ	0	0	0	0	0	0	0	0
$10\lg \Omega$ , дБ	11	11	11	11	11	11	11	11
$L$ , дБ	45	48	56	49	47	45	37	28

Таблица 4

#### Необходимое снижение шума от вытяжной вентиляции

Октавные полосы частот	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\Delta L$ , дБ:								
с 7-00 до 23-00 часов	0	0	2	0	2	3	0	0
с 23-00 до 7-00 часов	0	0	12	10	12	13	7	0

Результаты расчета уровней звукового давления в расчетной точке на расстоянии  $r = 60$  м от центра здания приведены в табл. 3.

Требуемое снижение шума от вытяжной вентиляции определяется по формуле:

$$\Delta L = L - L_{\text{доп}},$$

где  $L_{\text{доп}}$  — допустимые уровни звукового давления, дБ; установлены [2] для ночного и дневного времени суток. Для шума, создаваемого на территории системами вентиляции, допустимые значения принимаются на 5 дБ меньше. Требуемое снижение шума от вытяжной вентиляции приведено в табл. 4.

Для снижения шума от вытяжной вентиляции необходимо применить глушители шума со звукопоглощающим материалом. В данном случае рекомендуется применить трубчатые глушители с внутренним диаметром воздухопровода 500 мм и наружным диаметром 710 мм, установленные на корпусах крышных вентиляторов ВКРМ-6,3-0,2. Характеристики глушителя, выполненного из супертонкого волокна стеклоткани ЭС-100, металлического перфорированного листа толщиной 0,7 мм с отверстиями диаметром 10 мм и шагом 15 мм приведены в табл. 5 [7].



Таблица 5

Шумовые характеристики глушителей шума

Диаметр внутреннего и наружного воздуховодов, мм	Фактор свободной площади $\Phi_{св}^*$	Длина глушителя, $l$ , мм	Снижение уровня звуковой мощности $\Delta L$ , дБ, трубчатыми глушителями с круглым воздуховодом и кожухом в октавных полосах частот, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
500 и 710	0,5	0,75	1	4	11	15	13	7	6	5
		1,5	2	6,5	18	28	23	13	10	8

\*  $\Phi_{св} = S_{св}/S_r$ , где  $S_{св}$  — свободная для воздуха площадь поперечного сечения глушителя,  $m^2$ ;  $S_r$  — габаритная площадь поперечного сечения глушителя,  $m^2$ .

Таблица 6

Результаты расчета границ санитарно-защитной зоны в дневное и ночное время

Определяемый параметр	Значения параметров в дневное/ночное время в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_p$ , дБ	83/83	86/86	94/94	87/87	85/85	83/83	75/75	66/66
$L_{доп}$ , дБ	70/62	61/52	54/44	49/39	45/35	42/32	40/30	39/28
$10lg\Phi$ , дБ	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
$10lg\Omega$ , дБ	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11
$\Delta L_{гл}^*$ , дБ	2,5/2,5	7/7	18/18	25/25	16/16	13/13	10/10	8/8
$15lgr$	-0,5/8	7/16	11/21	2/12	13/23	17/27	14/24	8/19
$r$ , м	0/3	3/12	5/25	2/6	7/34	14/63	9/40	3/18

\*  $\Delta L_{гл}$  — снижение шума трубчатым глушителем с внутренним диаметром 500 мм и длиной 1,5 м [8].

Из табл. 5 видно, что требуемое снижение шума на 13 дБ в октавной полосе частот 2000 Гц будет обеспечено с помощью трубчатого глушителя длиной 1,5 м.

4. Расчет границ санитарно-защитной зоны от вытяжной вентиляции.

Результаты расчета размеров санитарно-защитной зоны с учетом одновременной работы трех крышных вентиляторов ВКРМ-6,3-0,2, оснащенных трубчатыми глушителями, для дневного и ночного времени суток приведены в табл. 6.

За скорректированный уровень звуковой мощности источника шума  $L_{PA}$  в расчете принят суммарный уровень шума, возникающий при погрузочно-разгрузочных операциях по разгрузке макулатуры с автомобиля КАМАЗ и переработке отходов на гидравлическом прессе. Суммарный уровень звуковой мощности определяется по формуле:

$$L_{PA} = L_1 + \Delta L,$$

где  $L_1$  — уровень звуковой мощности автомобиля КАМАЗ,  $L_1 = 84$  дБА;  $\Delta L$  — поправка, определяемая в зависимости от разности двух складываемых источников шума  $L_1 - L_2$ ;  $L_2$  — уровень звуковой мощности гидравлического пресса,  $L_2 = 80$  дБА; разность уровней звуковой мощности составляет 4 дБА, для которой поправка  $\Delta L = 1,5$  дБА.

Суммарный уровень звуковой мощности источников шума при погрузочно-разгрузочных операциях составляет  $L_{PA} = 84 + 1,5 = 85,5$  дБА.

Определение размера границы санитарно-защитной зоны предприятия производится по формуле (8), которая используется для расчета уровня звука в расчетной точке. При этом за величину  $L_A$  принимается допустимый уровень звука  $L_{Адоп}$ , дБА, для территорий жилой застройки в дневное и ночное время суток согласно [2].

Расстояние от источников шума до границы санитарно-защитной зоны предприятия в дневное время определяют по формуле (8):

$$20lgr = 85,5 - 55 - 8 = 22,5;$$

$$r = 13 \text{ м.}$$

Расстояние от источников шума до границы санитарно-защитной зоны предприятия в ночное время составляет:

$$20lgr = 85,5 - 45 - 8 = 32,5;$$

$$r = 42 \text{ м.}$$

Из табл. 6 видно, что максимальное расстояние  $r$ , на котором достигается допустимый уровень шума при работе системы вытяжной вентиляции, в дневное время составляет 14 м, а в ночное время — 63 м от центра производственного здания в октавной полосе частот 2000 Гц.

Допустимый уровень шума от погрузочно-разгрузочных работ достигается на расстоянии 13 м в дневное время и на расстоянии 42 м в ночное время.

Список литературы

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200—03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: Минздрав России, 2003.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562—96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. — М.: Минздрав РФ, 1997.
3. СНиП 11-01—95 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. — М.: Госстрой, 1994.
4. СНиП 23-03—2003 Защита от шума. — М.: Госстрой России, 2004.
5. Рекомендации по измерению и оценке внешнего шума промышленных предприятий. — М.: Стройиздат, 1989.
6. Защита от шума в градостроительстве / Под ред. Г. Л. Осипова. — М.: Стройиздат, 1993. — 96 с.
7. Бобылев В. Н., Моисеев В. А., Тишков В. А. Расчет и проектирование шумоглушения в вентиляционных сетях. — Н. Новгород: НГСАУ, 2001.
8. Белов С. В. и др. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: Справочник. — М.: Машиностроение, 1989.



УДК 81.5 (470.324)

**Н. Р. Кустова**, Воронежский филиал Российского государственного открытого технического университета путей сообщения

## Оценка степени деградации растительности в пределах техносферы г. Воронежа

*Основными загрязняющими элементами техносферы г. Воронежа являются соединения азота, что связано с доминирующей ролью транспорта в спектре техногенного воздействия города на атмосферу. При проведении мониторинговых исследований в качестве биоиндикатора были выбраны листовые пластины подорожника. Выявлены корреляционные зависимости между состоянием атмосферных выпадений и состоянием растительного покрова. Предлагаемая методика, включающая составление комплексных карт, позволила подтвердить взаимосвязь состояния растительного покрова от состояния приповерхностной части литосферы.*

### Введение

В пределах г. Воронежа химический состав природной среды повсеместно изменен, что в значительной мере влияет на здоровье среды. Под здоровьем среды В. М. Захаров, А. С. Баранов и др. предлагают понимать "ее состояние (качество), необходимое для обеспечения здоровья человека и других видов живых существ" [1]. В качестве элементов биоты, как индикатора здоровья среды, в данной статье рассматривается растительный покров. Это обусловлено важностью данного элемента экологической пирамиды, определяющего состояние ее более высоких уровней.

Техносфера г. Воронежа характеризуется широким спектром воздействий. Их систематизация позволяет выделить левобережный и правобережный районы города. Первый представляет собой промышленную зону, характеризующуюся наличием машиностроительной, химической, электронной, горнообработывающей, транспортной промышленности. Здесь функционируют левобережные очистные сооружения, осуществляющие сброс токсичных элементов в Воронежское водохранилище. Правобережный район в основном селитебный. Имеющиеся промпредприятия здесь либо не функционируют, либо заняты частично. Основным видом техногенного воздействия является транспорт. В общем спектре загрязнения атмосферы в пределах г. Воронежа транспортные выбросы достигают 85 %.

Ведущим загрязняющим элементом являются соединения азота. Это обусловлено, с одной стороны, его присутствием практически во всех промышленных выбросах, с другой — его аккумуляцией в зонах концентрации населения при анализе техносферы. Для крупных городов соединения азота можно отнести к индикаторным.

Особенность проблемы эколого-гигиенических последствий распространения соединений азота состоит в том, что избыточное их количество нарушает функционирование природных систем и живых организмов.

Накопление соединений азота в почве и воде становится экологическим фактором, определяющим режим питания растений и обмен веществ в них [2].

Проведение биоиндикационных исследований обусловлено, главным образом, необходимостью получения интегральной информации о качестве среды с помощью комплекса внешних воздействий. Наиболее чувствительной к загрязнению приповерхностной части литосферы является растительность. Растения подвержены прямому воздействию ингредиентов литофильного и атмосферного происхождения. В связи с тем, что растения ведут прикрепленный образ жизни, их биологические параметры отражают состояние конкретного локального места обитания на уровне микробиотопа. Выбор травянистой растительности при эколого-геохимических исследованиях является наиболее предпочтительным в связи с тем, что она наиболее чувствительна к изменениям компонентов природной среды и, главным образом, литосферы [3, 4].

### Методика исследований

В качестве объекта исследования выбраны листовые пластины подорожника большого. Основными критериями для выбора данного вида являются их принадлежность к травянистым растениям и повсеместное распространение.

Для оценки стабильности развития растений использовался коэффициент симметрии листа. Данный признак является индикаторным, так как листовые пластины у данного вида в норме симметричны и быстро реагируют на внешние воздействия, как естественные, так и антропогенные.

Точки отбора проб для биоисследований максимально приближены к точкам отбора снеговых выпадений и приповерхностных отложений. На территории г. Воронежа коэффициент симметрии  $K_c$  листа подорожника большого варьирует в пределах 0,8...1,0. Максимальное изменение в морфологической структуре листовой пластины прослеживается в пределах центральных частей левобережья и правобережья города. На левом берегу таким изменениям подвержена растительность, произрастающая в зоне влияния нефтебазы и ТЭЦ-1. В правобережной части города такие зоны выявлены в районах железнодорожного вокзала Воронеж-1, ТЭЦ-2, аэропорта, северного авторынка. Данные зоны характеризуются высоким уровнем асимметрии, коэффициент симметрии составляет менее 0,85.

Большая часть центрального района города относится к зоне со средним уровнем асимметрии ( $K_c$  варьирует от 0,85 до 0,95) и включает основные автомагистрали и промышленные предприятия, а также приго-



родные населенные пункты и прилегающие территории, включенные в административную часть города. Контуры данной зоны совпадают с северной и южной границами основной городской застройки, на востоке примыкают к Воронежскому водохранилищу, на западе — к административной границе города. Граница этой зоны в пределах левого берега также околонтурена городской застройкой.

В пределах лесных массивов, расположенных в северной и южной частях города, растительный покров характеризуется симметричным строением листовых пластин. Эти территории относятся к зоне экологической нормы. Коэффициент симметрии здесь изменяется от 0,95 до 1,0. Это обусловлено естественными условиями произрастания и минимальным воздействием техносферы. Приповерхностные отложения и атмосферные осадки здесь не загрязнены или мало загрязнены (рис. 1).

Влияние загрязнения атмосферных осадков на растительность определяют с помощью корреляционного анализа (рис. 2). Так, коэффициент корреляции между симметрией листовых пластин подорожника большого и суммарным показателем концентраций (СПК) соеди-

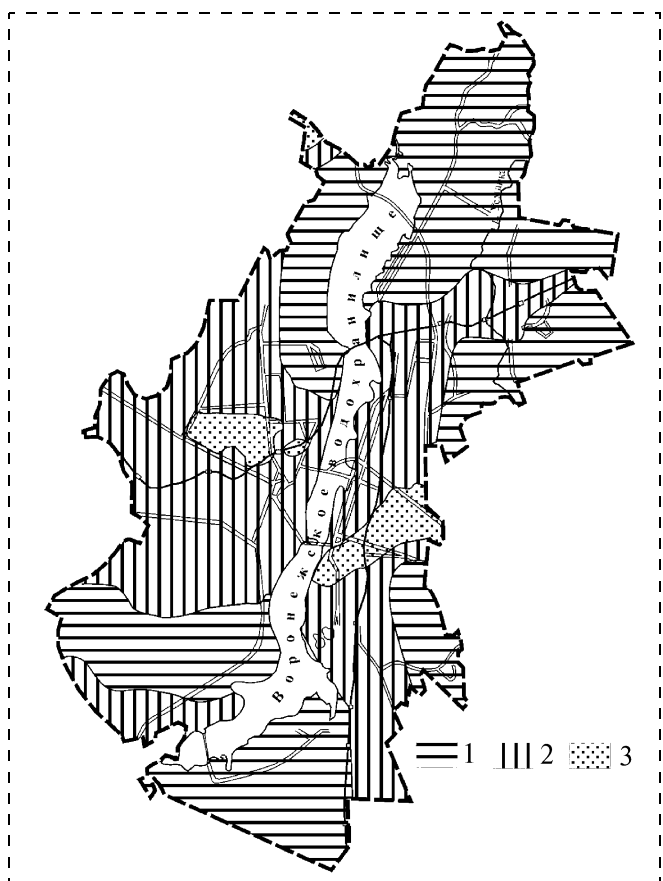


Рис. 1. Схема оценки состояния растительного покрова территории г. Воронежа

1 — низкий уровень асимметрии листовых пластин ( $K_c > 0,95$ );  
2 — средний уровень асимметрии листовых пластин ( $0,85 < K_c < 0,95$ );  
3 — высокий уровень асимметрии листовых пластин ( $0,75 < K_c < 0,85$ )

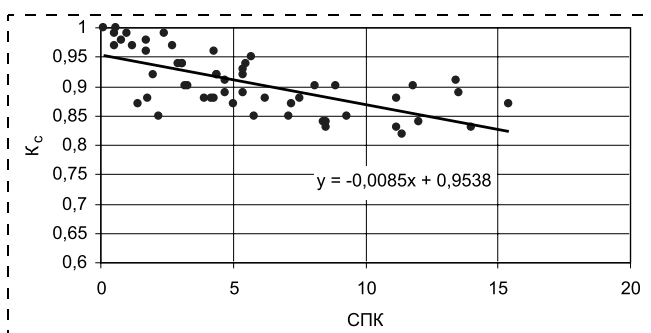


Рис. 2. Зависимость состояния растительного покрова от состояния снежных выпадений

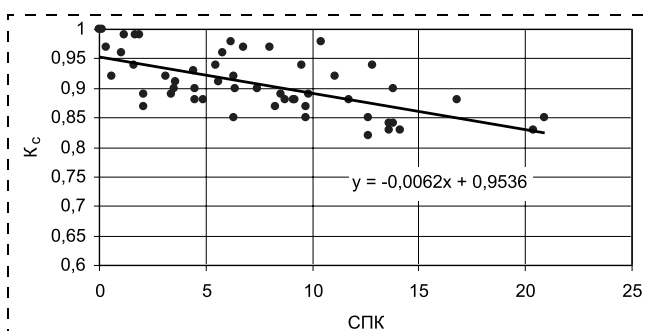


Рис. 3. Зависимость состояния растительного покрова от состояния приповерхностных отложений

нений азота в атмосферных осадках составляет 0,69. Это свидетельствует о том, что с увеличением загрязнения атмосферных осадков, а следовательно, и атмосферного воздуха, увеличивается асимметрия листа. Как указывалось выше, метод изучения симметрии листовых пластин является индикаторным и в значительной мере характеризует общее состояние растительности. Таким образом, состояние растительного покрова напрямую связано с загрязнением атмосферы.

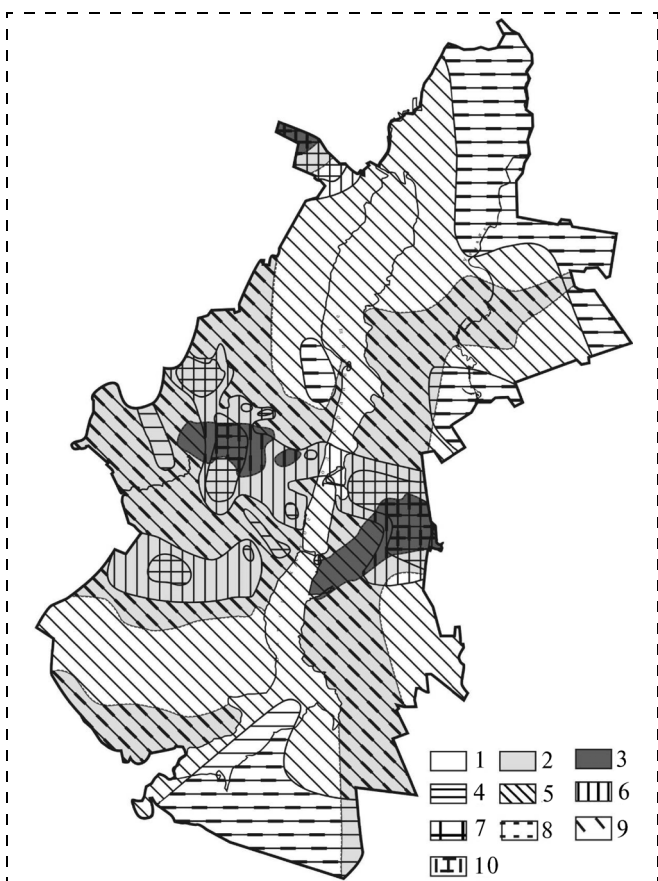
Влияние загрязнения приповерхностных отложений соединениями азота на состояние растительного покрова характеризуется рассчитанными корреляционными зависимостями. Так, коэффициент корреляции между состоянием приповерхностных отложений и симметрией листовых пластин составляет 0,63. Отрицательные значения коэффициента корреляции свидетельствуют о том, что с ростом значений коэффициентов концентраций, а следовательно, с увеличением степени загрязнения приповерхностных отложений в морфологической структуре листовых пластин происходят максимальные изменения. Таким образом, изменение химического состава компонентов среды оказывает значительное влияние на состояние растительного покрова, ведет к нарушению его нормального развития (рис. 3).

### Обсуждение результатов

В пределах города выявлены территории, где состояние растительного покрова обусловлено состоянием приповерхностной части литосферы. Такую взаимосвязь отражают комплексные карты состояния приростной среды и растительного покрова (рис. 4).

Значительное влияние на развитие растительного покрова оказывает состояние атмосферных осадков. На значительной территории города прослеживаются участки, где на растительность влияет состояние атмосферных осадков, при этом в пределах города выделяются зоны экологического бедствия, кризиса, риска и нормы. Территории, характеризующиеся экологическим кризисом, выявлены в центральной части правобережья и районе нефтебазы, а также прослеживаются на значительной части города и приурочены к центральным частям правобережья и левобережья, свалкам бытовых и промышленных отходов, очистным сооружениям, отстойникам.

На исследуемой территории четко прослеживаются локальные участки, в пределах которых состояние биоты обусловлено непосредственно состоянием приповерхностных отложений. Такое воздействие на растительность наблюдается в пределах зоны воздействия нефтебазы, где формируется зона экологического кризиса.



**Рис. 4. Комплексная карта состояния снеговых выпадений и растительного покрова:**

1 — низкий уровень асимметрии листовых пластин ( $K_c > 0,95$ ); 2 — средний уровень асимметрии листовых пластин ( $0,85 < K_c < 0,95$ ); 3 — высокий уровень асимметрии листовых пластин ( $0,75 < K_c < 0,85$ ); 4 — зона удовлетворительного состояния снеговых выпадений ( $СПК < 1$ ); 5 — зона условно удовлетворительного состояния снеговых выпадений ( $1 < СПК < 5$ ); 6 — зона неудовлетворительного состояния снеговых выпадений ( $5 < СПК < 7,5$ ); 7 — зона катастрофического состояния снеговых выпадений ( $7,5 < СПК$ ); 8 — экологическая норма; 9 — экологический риск; 10 — экологический кризис

Зоны экологического риска выявлены в южной части правобережья города, а также в северной и южной частях левого берега и обусловлены состоянием приповерхностных отложений. На правом берегу такие зоны приурочены к пос. Тенистый, правобережным очистным сооружениям, пос. Малышево, пос. Шилово, на левом берегу — к пос. Отрожка, пос. Алексеевка. Эти зоны сформированы в результате условно удовлетворительного состояния приповерхностных отложений.

Территории, расположенные в северной и южной частях города, характеризуются экологической нормой. Такая оценка обусловлена как состоянием растительного покрова, так и состоянием приповерхностных отложений.

### Заключение

Анализ загрязнения природных сред соединениями азота и экологической ситуации в пределах города позволяет сделать следующие выводы.

1. Основным индикатором всех негативных преобразований в приповерхностной части литосферы и ее компонентах является растительность. Это обусловлено тем, что значительную долю всех поступающих веществ растения получают из приповерхностной части литосферы. В результате того, что они находятся в основании экологической пирамиды, разнообразные комплексы элементов и химических соединений по трофическим цепям мигрируют к высшим ее ступеням, в конечном счете к человеку.

2. Выявленные корреляции зависимости между состоянием атмосферных выпадений и состоянием растительного покрова подтверждают такую взаимосвязь.

3. Предлагаемая методика, учитывающая составление комплексных карт, позволила подтвердить взаимосвязь состояния растительного покрова от состояния приповерхностной части литосферы.

4. Основная часть изучаемой территории характеризуется комплексным воздействием внешних и внутренних факторов на состояние экогеосистемы города.

Таким образом, исследования показали, что растения можно использовать как тест-объекты для проведения мониторинга. По их различным характеристикам оценивают состояние окружающей среды и отслеживают изменения в течение ряда лет. Для оценки состояния среды подходят физиологические, биохимические, генетические, цитологические, а также морфологические характеристики. Выявляя изменения характеристик у растительных объектов, можно говорить о загрязнении среды и прогнозировать опасность для человека.

### Список литературы

1. Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И. Здоровье среды: методика оценки. — М.: Урбоэкология, 2000. — 68 с.
2. Соколов О. А., Семенов В. М., Агеев В. А. Нитраты в окружающей среде. — Пушино: Экология, 1988. — 316 с.
3. Косинова И. И., Небольсина М. А. Биондикационные методы наблюдений как элемент геоэкологического мониторинга // Вестник ВГУ. — 2003. — № 1. — С. 149–152.
4. Косинова И. И., Базарский О. В., Воронкова С. С., Межова Л. А. Интегральная экологическая модель состояния литосферы и атмосферы вблизи дорог // Вестник Воронежского гос. техн. ун-та. Т. 1. — 2005. — № 7. — С. 49–55.

УДК 551.501.777

**М. Т. Абшаев**, д-р физ.-мат. наук, проф., **А. М. Абшаев**, канд. физ.-мат. наук,  
**А. М. Малкарова**, канд. физ.-мат. наук, **Ж. Ю. Мизиева**,  
ГУ "Высокогорный геофизический институт" (ВГИ), г. Нальчик

## О водозапасах кучево-дождевых облаков

*Рассмотрены метод и результаты радиолокационных исследований приведенной и интегральной водности мощных кучево-дождевых облаков, особенностей распределения приведенной водности по площади, временного хода интегральной водности, а также повторяемости значений интегральной водности всей толщи облака и переохлажденного слоя.*

Интегральная и приведенная водность являются важнейшими параметрами мощных конвективных облаков, определяющими интенсивность их градовой и грозовой деятельности, количество генерируемых осадков, а также возможность формирования паводков и селей ливневого происхождения. Значения этих параметров могут использоваться для оценки оптической плотности облаков при изучении их радиационных свойств, ослабления радиоволн разного диапазона и расчета радиояркостной температуры облаков для интерпретации спутниковых наблюдений.

Измерения интегрального водосодержания облаков и их переохлажденной части важны также для исследования водозапасов облаков для целей искусственного увеличения осадков, оценки осадкообразующей эффективности облаков, разрушительного потенциала градовых облаков, оценки градоопасности облаков и эффективности активного воздействия на них.

Целью настоящей работы является исследование пределов вариации, временного хода этих параметров в мощных кучево-дождевых облаках.

### 1. Методика и аппаратура исследований

На основе теоретических и экспериментальных исследований рассеяния и ослабления радиолокационного излучения отдельными гидрометеорами (капли воды, град, снег), а также полидисперсными системами гидрометеоров ранее были разработаны одноволновые и двухволновые методы радиолокационного измерения водности облаков, а также дождевых и градовых осадков [1, 4–6 и др.]. Водность облаков различного генезиса, не содержащих частиц осадков, достаточно детально изучена авиационными и радиолокационными методами и приводится даже в справочной литературе [7]. Значительно менее изучено содержание воды в облаках в виде крупнодисперсных частиц осадков (капель дождя, градин, снежинок), его пространственное распределение и интегральные значения.

Как известно, осадкообразующие облака представляют собой полидисперсную систему, состоящую из облачных капель, кристаллов и частиц осадков размером более 100 мкм. Водности мелкодисперсной (об-

лачной) и крупнодисперсной (осадковой) фракций в кучево-дождевых облаках могут быть величины одного порядка (от 0,1 до 3...5 г/м<sup>3</sup>). Но радиолокационная отражаемость мелкокапельной фракции в 10<sup>4</sup>...10<sup>7</sup> раз меньше отражаемости градовой и дождевой фракций и не превышает  $Z = -10$  dBZ даже при предельно больших значениях водности мелкокапельной фракции. Благодаря этому при измерении содержания воды в виде капель дождя и градин вода может быть отсечена значением радиолокационной отражаемости  $Z \geq 0$  dBZ.

Создание автоматизированных систем обработки радиолокационной информации типа "АСУ-МРЛ" и "TITAN" дало возможность получения пространственного распределения водности облака по всему объему облака, а также измерения двумерных и трехмерных параметров облаков, включая интегрированное по вертикали и по всему объему облака содержание воды.

Автоматизированная радиолокационная система "АСУ-МРЛ" обеспечивает [2] трехмерный обзор пространства с периодичностью 3 мин, аналого-цифровое преобразование, осреднение и ввод радиолокационных сигналов в компьютер по 360 дискретным значениям азимута и 400 ячейкам дальности протяженностью 0,5 км. В ней программно реализовано измерение содержания воды в единице объема (водности) в виде капель дождя  $q_R$  и града  $q_H$ . Их значения в  $n$ -й ячейке объема облака рассчитываются [2, 9] по формулам:

$$\left. \begin{aligned} q_{Rn} &= 10^{0,05Z_{10n}-2,4} \\ q_{Hn} &= 10^{0,058Z_{10n}-3,25} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $Z_{10n}$  — радиолокационная отражаемость на длине волны  $\lambda = 10$  см в  $n$ -й ячейке площади радиолокационного обзора;  $q_{Rn}$  и  $q_{Hn}$  — содержание воды, г/м<sup>3</sup>, в виде дождя и града соответственно в  $n$ -й ячейке площади обзора.

В смешанных осадках суммарное содержание воды в виде града и дождя в единичном объеме рассчитывается [2, 9] по алгоритму:

$$q_n = \begin{cases} q_{Rn} & \text{при } Z_{10n} < 40 \\ (1 - k) \cdot q_{Rn} + k \cdot q_{Hn} & \text{при } 41 < Z_{10n} \leq 75, \\ q_{Hn} & \text{при } Z_{10n} > 75 \end{cases} \quad (2)$$

где  $k$  — параметр, зависящий от соотношения дождевой и градовой воды, эмпирически получено выражение:  $k = 0,02853Z_{10n} - 1,14$ .

Суммирование значения водности  $q_n$  по всей толще облака позволяет получить карты вертикально интегрированного содержания воды (приведенной водности) во всей толще облака  $q_\Sigma$  (кг/м<sup>2</sup>), а также в слое зарождения и роста града выше изотерм 0 °С и -6 °С



( $\Delta q_{\Sigma 0}$  и  $\Delta q_{\Sigma -6}$ ). Для получения карты распределения  $q_{\Sigma}$  по площади рассчитывается водосодержание каждого единичного объема облака  $q_{ni}$ , строятся карты распределения водности в горизонтальной плоскости на всех высотах от основания до вершины облака (с шагом 0,5 км) и производится суммирование водности по всем слоям облака по формуле:

$$q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m q_{ni} \cdot \Delta H_i \quad (3)$$

где  $q_{ni}$  — водность  $n$ -го единичного объема облака на  $i$ -й высоте;  $\Delta H_i$  — вертикальная протяженность  $i$ -го слоя облака, равная 0,5 км.

Получение карт приведенной водности облачных слоев выше уровней изотерм 0 °С и –6 °С осуществляется аналогичным образом путем суммирования водности в толще облака выше этих уровней.

В радиолокационной системе "АСУ-МРЛ" также предусмотрен [2] расчет объемов облака ( $V_{Zi}$ ), ограниченных изолиниями  $Z > 15, 25, 35, 45, 55$  и  $65$  dBZ, а также расчет интегрального водосодержания воды в этих объемах облака  $M_{Zi}$  (т). Эти же параметры рассчитываются также для облачного слоя выше изотерм 0 °С и –6 °С ( $\Delta V_0, \Delta V_{-6}, \Delta M_0, \Delta M_{-6}$ ).

Интегральная водность (интегральное водосодержание) всего объема облака  $M_{Zi}$  и его переохлажденной части  $\Delta M_{Zi}$  (т) рассчитывается путем интегрирования водности  $q_n$  по всей площади радиоэха и всем слоям облака от его основания до вершины, а также от уровня изотермы –6 °С до вершины:

$$\left. \begin{aligned} M_{Zi} &= \sum_{i=1}^m q_n(Z_i) \cdot S_n(Z_i) \\ \Delta M_{Zi} &= \sum_{i=1}^m \Delta q_n(Z_i) \cdot S_n(Z_i), \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $q_n(Z_i)$  — значение водности в  $n$ -й ячейке площади обзора внутри изоконтур с заданной отражаемостью  $Z_i = 15, 25, 35, 45, 55$  и  $65$  dBZ;  $S_n(Z_i)$  — площадь  $n$ -й ячейки площади обзора, внутри изоконтур с заданным значением  $Z_i$ .

Значения  $M_{15}, M_{25}, M_{35}$  характеризуют водосодержание ливневых облаков, а значения  $M_{45}, M_{55}, M_{65}$  — суммарную массу града ( $Z_i = 45$  dBZ), более крупного града ( $Z_i = 55$  dBZ) и града катастрофической интенсивности ( $Z_i = 65$  dBZ) соответственно. По аналогии, значения  $\Delta M_{45}, \Delta M_{55}$  и  $\Delta M_{65}$  характеризуют массы такого же града, растущего в области отрицательных температур.

Оценка инструментальных и методических ошибок измерений показала, что среднеквадратическая ошибка измерения приведенной ( $q_{\Sigma}$  и  $\Delta q_{\Sigma}$ ) и интегральной водности ( $M_{Zi}$  и  $\Delta M_{Zi}$ ) составляет 32 и 41 % соответственно [2]. Экспериментальная проверка точности измерений затруднительна из-за отсутствия эталона. Однако сравнение результатов аналогичного измерения количества осадков с данными сети pluвиографов показало, что среднеквадратическая погрешность измерений составляет 38 % с коэффициентом

корреляции между данными радиолокационных и наземных измерений 0,92. Следует также отметить, что данные авиационных измерений спектра и концентрации градин и крупных дождевых капель, проведенных в США и Канаде с помощью двумерных оптических датчиков 2-Д ОАП корпорации PMS [11], дают значения водосодержания единицы объема такого же порядка величины, что и рассматриваемый радиолокационный метод.

## 2. Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на Северном Кавказе на автоматизированных радиолокаторах научно-исследовательского полигона ВГИ и Ставропольской противоградовой службы Росгидромета. На основе анализа обширного экспериментального материала, включающего более 12 тысяч файлов радиолокационного обзора пространства, получены статистические данные о пределах вариации объема облаков ( $V_{Zi}$ ), водности ( $q$ ), приведенной ( $q_{\Sigma}$ ) и интегральной водности ( $M_{Zi}$ ) мощных кучево-дождевых облаков, из которых выпадали градовые и ливневые осадки.

2.1. По данным этих исследований установлено, что водность единицы объема кучево-дождевых облаков варьирует в пределах  $0,1 < q < 8$  г/м<sup>3</sup>. Водность максимальна в центральной части осесимметричных облаков и убывает к их периферии. В несимметричных конвективных ячейках многоячейковых и суперячейковых облаков максимум водности отмечается на правом наветренном фланге. В случае мощных градовых облаков максимальные значения водности достигают 4...8 г/м<sup>3</sup>, что приводит к выпадению осадков интенсивностью более 100 мм/ч.

2.2. На рис. 1 (см. 2-ю стр. обложки) представлен пример карты приведенной водности всего облачного слоя ( $q_{\Sigma}$ ) и облачного слоя выше изотермы 0 °С ( $\Delta q_{\Sigma 0}$ ) в градовом облаке 29.08.2006 в 18:38. Из этого рисунка следует, что приведенная водность всего облачного слоя в этот момент превышает 30 кг/м<sup>2</sup>. Сравнение карт  $q_{\Sigma}$  (см. рис. 1, а) и  $\Delta q_{\Sigma 0}$  (см. рис. 1, б) указывает на то, что значительная часть водности облака в этот момент времени сосредоточена в переохлажденной части облака, в зоне роста града.

Соотношения значений приведенных водностей  $q_{\Sigma}$ ,  $\Delta q_{\Sigma 0}$  и  $\Delta q_{\Sigma -6}$  градовых облаков зависят от стадии их эволюции:

— в стадии развития градоопасных облаков значения этих параметров близки друг к другу, так как основная водность на этой стадии сосредоточена в переохлажденной части облака, где может расти град;

— в стадии зрелости градового облака водность переохлажденного слоя  $\Delta q_{\Sigma 0}$  и  $\Delta q_{\Sigma -6}$  составляет около половины значения  $q_{\Sigma}$ ;

— после начала выпадения града основное водосодержание облака смещается вниз — в область положительных температур;

— в стадии диссипации сначала наблюдается быстрое уменьшение до нуля значений  $\Delta q_{\Sigma -6}$ , несколько позже значений  $\Delta q_{\Sigma 0}$ , а потом и значений  $q_{\Sigma}$ .

Таким образом, карты приведенной водности  $\Delta q_{\Sigma 0}$  и  $q_{\Sigma}$  (см. рис. 1) являются показателями стадии развития градовых облаков. Уменьшение значений приведенной водности до  $\Delta q_{-6} < 2 \text{ кг/м}^2$  свидетельствует о переходе облака в неградовое состояние и отсутствии града в зоне роста града даже тогда, когда в приземном слое град еще продолжает выпадать и приведенная водность теплого слоя облака ( $\Delta q_{\Sigma 0}$ ) достаточно большая.

Статистический анализ показал, что приведенная водность кучево-дождевых облаков Северного Кавказа варьирует в пределах  $0,1 < q_{\Sigma} < 50 \text{ кг/м}^2$ , что хорошо согласуется с результатами аналогичных измерений вертикально проинтегрированной водности (VIL) в США [10]. Приведенная водность градовых облаков варьирует в пределах от  $8 < q_{\Sigma} < 50 \text{ кг/м}^2$  при часто встречающихся значениях  $15...30 \text{ кг/м}^2$ . В ливневых дождях  $0,5 < q_{\Sigma} < 12 \text{ кг/м}^2$ , в дождях из слоисто-дождевой облачности  $q_{\Sigma} \leq 0,5 \text{ кг/м}^2$ , а при мороси  $q_{\Sigma} \leq 0,05 \text{ кг/м}^2$ .

2.3. На рис. 2 показан временной ход объемов и интегральной водности всей толщи облака ( $V_{Zi}$  и  $M_{Zi}$ ) с 14:06 до 17:14 в наблюдавшемся 06.07.2003 упорядоченном многоячейковом градовом процессе. Из этого рисунка следует, что в рассматриваемый период развивалось четыре конвективных ячейки (КЯ), из которых две последние достигли градового состояния. Значения  $V_{Zi}$ ,  $M_{Zi}$ ,  $\Delta V_{Zi}$  и  $\Delta M_{Zi}$  имели периодические изменения по мере развития новых КЯ, достигли абсолютного максимума в 15:47, а с 16:40 уменьшались по мере диссипации КЯ. С 15:20 до 17:00, по наземным данным, выпадал интенсивный град размером до 5 см.

В период максимального развития третьей КЯ трехмерные параметры облака достигли значений  $V_{15} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ км}^3$ ,  $M_{15} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ т}$ ,  $\Delta V_{15} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ км}^3$  и  $\Delta M_{15} = 4,6 \cdot 10^5 \text{ т}$ . Объем градового очага обычно значительно меньше объема всего облака. Например, в 15:47 объем области локализации града  $V_{45} = 7,7 \cdot 10^2 \text{ км}^3$  и составляет 21 % от объема  $V_{15}$ . Объем локализации более крупного града составляет и того меньше ( $V_{55} = 358 \text{ км}^3$ , а  $V_{65} = 65 \text{ км}^3$ ). Объем зоны роста града выше уровня изотермы  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  составляет  $\Delta V_{45} = 4,3 \cdot 10^2 \text{ км}^3$ ,  $\Delta V_{55} = 130$ , а  $\Delta V_{65} = 18 \text{ км}^3$ . Следовательно, большая часть зоны локализации града и крупного града в этот момент расположена в переохлажденном слое.

Следует также отметить, что, несмотря на то, что объем локализации значительно меньше объема градового облака, его вклад в интегральную водность облака может достигать 60 % и более. Даже вклад круп-

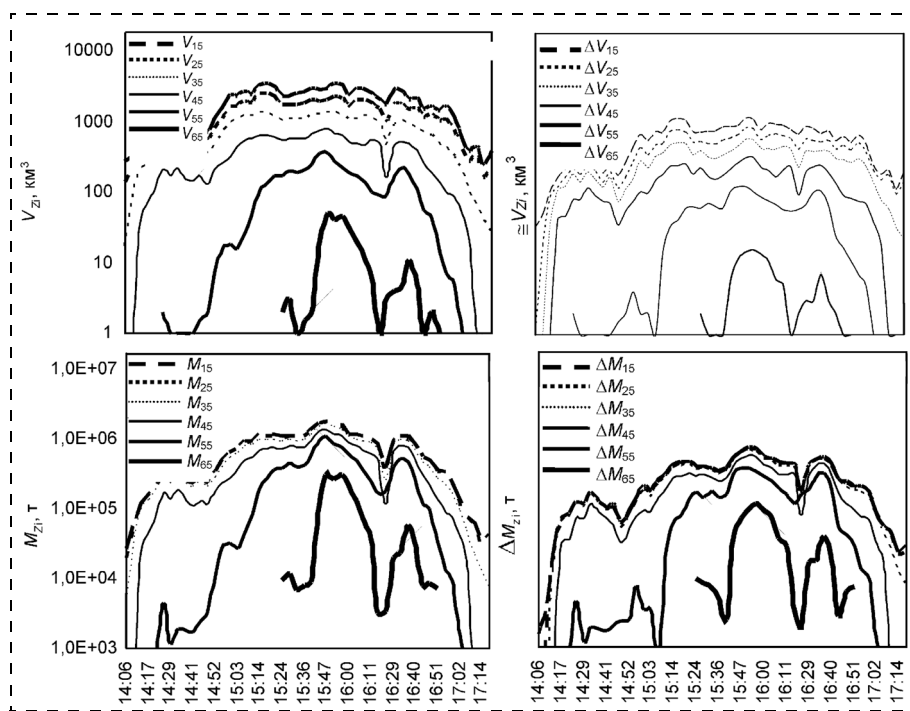


Рис. 2. Временной ход объемов и интегральной водности всего градового облака ( $V_{Zi}$  и  $M_{Zi}$ ) и его переохлажденной части ( $\Delta V_{Zi}$  и  $\Delta M_{Zi}$ ). 06.07.2003

ного града и града катастрофической интенсивности ( $M_{55}$  и  $M_{65}$ ) в интегральную водность облака может достигать 30...40 %. Например, в одной из КЯ градового процесса, наблюдавшегося 17.06.2003, значение  $M_{15}$  достигло  $3,4 \cdot 10^6 \text{ т}$ , а интегральная водность области локализации града составила  $M_{45} = 2,0 \cdot 10^6 \text{ т}$ , или 58 % от общего водосодержания ячейки. Масса крупного града достигает  $M_{55} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ т}$ , а града катастрофической интенсивности  $M_{65} = 8,2 \cdot 10^4 \text{ т}$ . Отмечается устойчивая закономерность: чем мощнее градовое облако, тем больше вклад града в его интегральную водность.

2.4. На рис. 3 приведены статистические данные о повторяемости значений интегральной водности  $M_{Zi}$

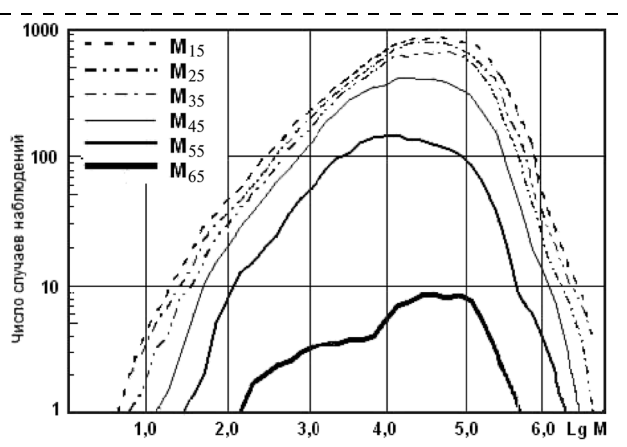


Рис. 3. Повторяемость интегральной водности ливневых и градовых облаков



в 11 500 случаев измерений в течение летних сезонов 2003...2006 гг. Эти данные свидетельствуют о том, что максимум повторяемости интегральной водности кучево-дождевых облаков Северного Кавказа приходится на значения  $4,7 < \lg M_{Zi} < 5,7$  ( $5 \cdot 10^4 < M_{Zi} < 5 \cdot 10^5$  т). В градовых облаках, приводящих к выпадению града катастрофической интенсивности, значения интегральной водности достигают  $M_{Zi} \approx 6 \cdot 10^6$  т. Но такие значения  $M_{Zi}$  отмечаются относительно редко (в нескольких облаках в радиусе 100 км в одном сезоне).

### 3. Обсуждение результатов

3.1. Из экспериментальных данных следует, что приведенная водность мощных кучево-дождевых облаков может достигать  $q = 50$  кг/м<sup>2</sup>. При осаднении этой воды на поверхности земли образуется слой воды толщиной 50 мм, а при длительном процессе осадкообразования слой воды может достигать 100 мм и способствовать формированию ливневых паводков.

В развивающихся градоопасных облаках большая часть  $q_{\Sigma}$  находится в зоне роста града в области отрицательных температур, в стадии зрелости градовых облаков значения  $\Delta q_{\Sigma}$  примерно равны половине  $q_{\Sigma}$ , а на стадии диссипации основная водность сосредоточена в приземном слое. В облаках, которые не перерастают в градовое состояние, на всех стадиях развития  $q_{\Sigma}$  в основном сосредоточена ниже уровня изотермы  $-6$  °С. Следовательно, соотношение приведенной водности переохлажденной и теплой частей облака позволяет оценить градоопасность облаков и стадию их развития, а также усовершенствовать методику распознавания категорий объектов воздействия с целью предотвращения градообразования в развивающихся облаках и прерывания выпадения града из зрелых градовых облаков. Более информативными показателями градовой опасности являются значения приведенной водности переохлажденной части облака ( $\Delta q_{\Sigma-6}$ ), а также соотношение приведенной вод-

ности выше и ниже изотермы  $-6$  °С  $\left( \frac{\uparrow \Delta q_{\Sigma-6}}{\downarrow \Delta q_{\Sigma-6}} \right)$ . Это

обусловлено тем, что необходимым условием образования града является высокое водосодержание переохлажденной части облака, расположенной выше уровня изотермы  $-6$  °С (использование этого уровня обусловлено тем, что в восходящем потоке, где растет град, температура воздуха по данным авиационного [11] и ракетного [3] зондирования градовых облаков выше, чем в окружении, в среднем на 6 °С).

3.2. Объем градовых облаков Северного Кавказа варьирует в пределах  $10^3 < V_{15} < 5 \cdot 10^4$  км<sup>3</sup>. Объем области локализации града  $V_{45}$  составляет около 5...25 % от объема всего облака, но ее вклад в интегральную водность может достигать 30...60 %, так как водность области локализации града значительно превышает водность ее окружения. Область максимума интегральной водности несимметричных КЯ суперячейковых и

многоячейковых градовых облаков сдвинут на наветренный фланг, где отмечается наибольшая градообразующая активность и расположен навес радиоэха (указатель наличия мощной струи восходящего потока [2]).

3.3. В мощных кучево-дождевых облаках максимум повторяемости интегральной водности приходится на значения  $4,7 < \lg M_{Zi} < 5,7$  ( $5 \cdot 10^4 < M_{Zi} < 5 \cdot 10^5$  т), а при катастрофических градобитиях может превышать  $10^6$  т. Анализ временного хода интегральной водности позволяет оценить скорость осадко-

образования кучево-дождевых облаков  $\frac{dM_{15}}{dt}$ . Из рис. 2

следует, что в градовом облаке, наблюдавшемся 6.07.2003, с 14:48 до 15:14 значение  $M_{15}$  увеличилось с  $2,5 \cdot 10^5$  до  $1,25 \cdot 10^6$ . Таким образом, за 26 мин интегральная водность облака увеличилась на  $10^6$  т, благодаря быстрому процессу осадкообразования. Скорость осадкообразования составила около  $3,8 \cdot 10^4$  т/мин. В момент максимального развития третьей КЯ за 10 мин 15:36 до 15:47 значение  $M_{15}$  увеличилось от  $1,1 \cdot 10^6$  до  $1,8 \cdot 10^6$  т. Это означает, что скорость осадкообразо-

вания составила  $\frac{dM_{15}}{dt} = 8 \cdot 10^4$  т/мин. Максимум

скорости роста наиболее крупного града отмечался на 3 мин позже (с 15:39 до 15:47). За этот период значение  $M_{65}$  увеличилось от  $9 \cdot 10^3$  до  $3 \cdot 10^5$  т, т. е. скорость увеличения интегральной массы крупного гра-

да составила  $\frac{dM_{65}}{dt} \approx 3,6 \cdot 10^4$  т/мин. В градовом облаке,

наблюдавшемся 17.06.2003, максимальная скорость осадкообразования достигала  $10^5 \dots 5 \cdot 10^5$  т/мин.

Быстрое осадкообразование в мощных кучево-дождевых облаках обусловлено наличием в них обширной струи мощного восходящего потока. При площади восходящих потоков  $S_{BP} = 100$  км<sup>2</sup> (отмечены случаи с  $S_{BP} = 200$  км<sup>2</sup>) и средней их скорости в основании облака 3 м/с в облако втекает  $3 \cdot 10^{10}$  м<sup>3</sup>/с влажного воздуха. С уровня основания облака начинается конденсация водяного пара, и при его содержании около  $8 \dots 10$  г/м<sup>3</sup> в облаке может конденсироваться около  $2 \cdot 10^5$  т/с мелкокапельной влаги. Это количество воды, втекающее в мощное градовое облако, сравнимо с количеством воды, протекающим в крупной реке, например Волге. При этом за счет фазовых переходов (конденсации водяного пара и замерзания облачных капель) выделяется энергия порядка  $3 \cdot 10^{15}$  Дж/мин. Таким образом, энергетика мощного градового облака сравнима с энергией ядерного взрыва.

Большая часть мелкодисперсных частиц выбрасывается восходящими потоками в наковальню облака, не принимая участия в осадкообразовании. Однако, учитывая, что осадкообразующая эффективность мощных градовых облаков составляет 17...30 % [12 и др.], скорость осадкообразования может достигать более  $1 \cdot 10^4$  т/с, или  $6 \cdot 10^5$  т/мин. Измеренные значения



интегральной водности и скорости осадкообразования вполне согласуются с этими оценками.

Водность облака непрерывно возобновляется входящими потоками в течение всего периода осадкообразования. Поэтому при интенсивных ливнях с градом на отдельных участках земной поверхности может образоваться слой воды более 50...100 мм. Такое количество воды не может впитаться почвой, большая ее часть стекает в русла рек низины, повышает уровень воды и приводит к формированию паводков и селей. Наблюдения показали, что на Северном Кавказе причиной формирования большинства разрушительных паводков и селей ливневого происхождения являются интенсивные ливневые осадки с градом. Они же провоцируют формирование гляциально-ливневых селей.

#### Список литературы

1. **Абшаев М. Т.** Радиолокационное обнаружение града. Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана. — 1982. — Т. 18. — № 5. — С. 483—494.
2. **Абшаев М. Т., Малкарова А. М.** Оценка эффективности предотвращения града. — СПб.: Гидрометеоздат, 2006. — 280 с.

3. **Абшаев М. Т., Жубоев М. М.** Ракетные исследования структуры воздушных потоков в кучево-дождевых облаках // Труды ВГИ, 1976. — № 33. — С. 57—66.
4. **Атлас Д.** Успехи радарной метеорологии. Пер. с англ. — Л.: Гидрометеоздат, 1967. — 194 с.
5. **Довиак Р., Зрнич Д.** Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. — Л.: Гидрометеоздат, 1988. — 512 с.
6. **Боровиков А. М., Костарев В. В., Мазин И. П., Черников А. А.** Радиолокационные измерения осадков. — Л.: Гидрометеоздат, 1967. — 140 с.
7. **Справочник.** Облака и облачная атмосфера / Под ред. И. П. Мазина и А. Х. Хогиана. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. 47 с.
8. **Степаненко В. Д.** Радиолокация в метеорологии. — Л.: Гидрометеоздат, 1973. — 343 с.
9. **Abshaev M. T., Malkarova M.** Radar estimation of hail damage // Proc. 8th WMO Sci. Conf. On Weather Modif. — Casablanca, Morocco, 2003. — P. 471—474.
10. **Green D. R., Clark R. A.** VIL as indicator of explosive development in sever storm // Proc. 7<sup>th</sup> Conf. on Severe Local Storms. — AMS, 1971. — P. 97—104.
11. **Heysfield A. I.** Processes of hydrometeor development in Oklahoma convective clouds // J. Atm. Sci. — 1984. — Vol. 41. — N 19. — P. 2811—2835.
12. **Report** of the Meeting of experts to review the present status of hail suppression. WMO. Weather Modification Program. Hail Suppression Research. Nalchik, Russia, 27 September—2 October 2003. — P. 140.

УДК 551.465.553

**В. А. Шлычков**, д-р физ.-мат. наук,  
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Новосибирск

## Плановая модель русловых водотоков как инструмент обеспечения безопасности городского водоснабжения в период шугохода

*В целях изучения шуголедового режима на северных реках, разработки рекомендаций по возведению защитного дамбового сооружения для очистки воды от льда представлена математическая модель шугохода. Модель ориентирована на воспроизведение шугохода экстремальной плотности с риском обледенения и забивания защитных решеток водоприемных устройств.*

### Введение

В период осеннего понижения температуры в речной воде происходит образование шуги — внутриводного льда в виде множества взвешенных и движущихся в потоке одиночных и агрегированных ледяных кристаллов. При высокой концентрации шугового материала он забивает защитные решетки и ограничивает поступление воды в аванкамеры водозабора. Возникает опасность снижения производительности водозабора, а в случаях особенно значительной густоты шугохода — полного блокирования подачи воды и оста-

новки насосов. Так случилось, например, в ноябре 2004 г. на городском водозаборе, расположенном на реке Кондома (Кемеровская область), когда на несколько дней был приостановлена подача воды в город.

Одним из способов предотвращения вероятного засорения водоприемников при шугоходе является механический отвод водных масс с высоким содержанием внутриводного льда путем возведения струенаправляющей дамбы. При этом возникает проблема определения оптимальной формы и размеров защиты, обеспечивающей надежный отвод шуги и не создающей возвратного течения, которое может подсасывать к окнам водоприемника ледяную суспензию с нижней стороны шугоносного потока. Следует также оценить параметры отжимного течения, которое формируется под влиянием защитного сооружения.

Эти проблемы решаются с применением аппарата математического моделирования течений как эффективного инструмента воспроизведения скоростного и уровня режимов, переноса субстанции в открытых водотоках сложной конфигурации.



Для расчета гидравлических параметров потока использовалась численная гидродинамическая модель плановых течений [5]. Модель предназначена для расчета поля течений, расходов, уровней, характеристик турбулентности, концентрации примеси в природных водоемах произвольной геометрии. В основу алгоритма положены фундаментальные законы механики жидкости, обеспечивающие возможность получения надежных количественных оценок. Базовые уравнения, описывающие скоростной режим потока, выводятся в предположении гидростатики путем осреднения параметров водотока по вертикали. Решение полученных уравнений позволяет воспроизвести пространственную структуру течений в горизонтальной (плановой) плоскости с учетом заданных морфометрических характеристик (донный рельеф, наличие рукавов и проток, инженерные сооружения) и гидравлических параметров (динамики расхода воды, сопротивления русла).

### Модель переноса шуги

С понижением температуры до  $0^\circ\text{C}$  и переохлаждением водных масс в потоке появляются отдельные кристаллы внутриводного льда. Число их быстро возрастает. Участвуя в турбулентном движении, отдельные частицы сталкиваются друг с другом и коагулируют в агрегаты большего размера. Крупные комья шуги уже не могут удерживаться турбулентными пульсациями в потоке и всплывают на поверхность. Образование шуги связано с интенсивным вертикальным перемешиванием, в результате которого переохлажденная вода вовлекается вглубь потока, где и происходит выделение льда.

При малых скоростях течения вертикальное перемешивание невелико, и переохлаждаются только поверхностные слои воды, где образуется шуговые венки и ковры. Таким образом, характер процессов ледообразования определяется соотношением механизмов вертикального перемешивания воды и всплывания внутриводного льда. Когда хорошо перемешанная ледяная суспензия из быстрого потока попадает в область медленных течений, создаваемых, например, защитным сооружением, силы, удерживающие внутриводный лед во взвешенном состоянии, ослабевают, лед начинает всплывать, и основная толща воды очищается от шугового материала. Это обстоятельство используется при оценке параметров защитной дамбы, обеспечивающей понижение скоростей вблизи водозабора и очищения воды ото льда. Интенсивность этих процессов зависит от гидравлической крупности льда, интенсивности турбулентного перемешивания, пройденного расстояния и концентрации кристаллов.

Обозначим  $c$  среднюю по вертикали объемную концентрацию шуги (отношение объема взвешенных кристаллов к общему объему смеси),  $c_i$  — частную концентрацию отдельной фракции, при этом считается  $c = \sum_i c_i$ . Для описания перераспределения шу-

гового материала по руслу применяется уравнение переноса и диффузии для примеси с плотностью, меньшей плотности воды. Шуга стилизуется в виде полидисперсной непрерывно распределенной субстанции. Уравнения переноса взвешенных фракций льда в речной воде формулируются в рамках плановой модели, описывающей динамику двумерного потока

$$\frac{\partial hc}{\partial t} + \frac{\partial huc}{\partial x} + \frac{\partial hvc}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} hE_x \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} hE_y \frac{\partial c}{\partial y} - w_g c - s_n q_n c + F_p, \quad (1)$$

где  $x, y$  — декартовы координаты в горизонтальной плоскости;  $t$  — время;  $u, v$  — компоненты вектора скорости течения вдоль осей  $x, y$ ;  $h$  — глубина потока; величина  $s_n q_n c$  описывает интенсивность поглощения примеси за счет забора воды;  $w_g$  — гидравлическая крупность шуги;  $E_x, E_y$  — коэффициенты дисперсии;  $F_p$  — скорость генерации кристаллов внутриводного льда в единице объема за счет переохлаждения воды.

Величина  $F_p$  зависит от интенсивности теплоотдачи с поверхности воды, ветра и температуры воздуха, притоков теплоты от грунта, глубины потока, турбулентного перемешивания, скорости взаимного сближения и микрофизических процессов коагуляции и других факторов. Учесть все эти факторы в явном виде не представляется возможным хотя бы по причине отсутствия данных натурных измерений и невозможности калибровки модели. В контексте рассматриваемой проблемы существенной является зависимость  $F_p$  от интенсивности вертикального турбулентного обмена, которую, следуя работе [3], зададим в виде

$$F_p = u_* \cdot P(x, y), \quad (2)$$

где  $u_*$  — скорость трения;  $P$  — безразмерная функция, интегрально учитывающая влияние перечисленных выше факторов. Вид этой функции априори неизвестен, и в данном подходе определение  $P$  основано на гипотезе стационарности поля концентрации в пределах расчетной области. Считается, что на небольших характерных отрезках времени (часы) и расстояниях (километры) концентрация ледяных кристаллов в воде не меняется существенно и система находится в состоянии динамического равновесия, т. е. количество всплывшего внутриводного льда компенсируется массой вновь образовавшихся кристаллов. Следствием этого предположения является соотношение

$$w_g c \approx u_* \cdot P, \quad (3)$$

которое служит основой для определения функции  $P(x, y)$  по заданному полю концентрации. Функции  $P$  рассчитываются индивидуально для каждой фракции  $i$  и отражают влияние метеорологических, микрофизических и морфологических факторов, обеспечивая настройку модели к конкретным натурным условиям. Следовательно, при фиксированной структуре функций  $P$  сценарные расчеты позволят оценить влияние поля скоростей за счет изменения  $u_*$  в рамках разных вариантов конструкции защитного сооружения на ха-



рактик перераспределения шугового материала в различных гидравлических условиях.

Для описания механизма гравитационной коагуляции необходимо задать скорость всплывания шуговых частиц. Величина  $w_g$  существенно зависит от диаметра частиц. Согласно обзору [2] для кристаллов шарообразной формы выражение для гидравлической крупности имеет вид

$$w_g = 1,96 \cdot 10^6 \nu d_s^{0,69}, \quad (4)$$

где  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости воды при 0 °С;  $d_s$  — диаметр кристалла в метрах.

Рассмотрим распределение размеров ледяных кристаллов по фракциям. Систематические исследования по этому вопросу в литературе отсутствуют, поэтому будем опираться на описание дисперсного состава на качественном уровне и воспользуемся результатами работы [1], верифицированными по данным измерений. Построенную в виде графика в упомянутой работе [1] теоретическую зависимость счетной концентрации кристаллов как функцию глубины и размера ледяных частиц на высоте 1,8 м от дна можно аппроксимировать параболой вида

$$\lg f_c = 0,0165 r_s^2 - 0,725 r_s + p_c, \quad (5)$$

где  $f_c$  — функция распределения,  $1/\text{м}^3$ ;  $r_s$  — радиус частицы, м;  $p_c$  — величина, задающая плотность шуги.

Графически зависимость (5) представлена на рис. 1 кривой 1. Связь счетной и объемной концентрации (в предположении шарообразности частиц) выражается формулой:

$$c = \frac{4}{3} \pi r_s^3 f_c(r_s). \quad (6)$$

Фракционное распределение объемной концентрации  $c(r_s)$  показывает кривая 2 на рис. 1. Анализ кривой 2

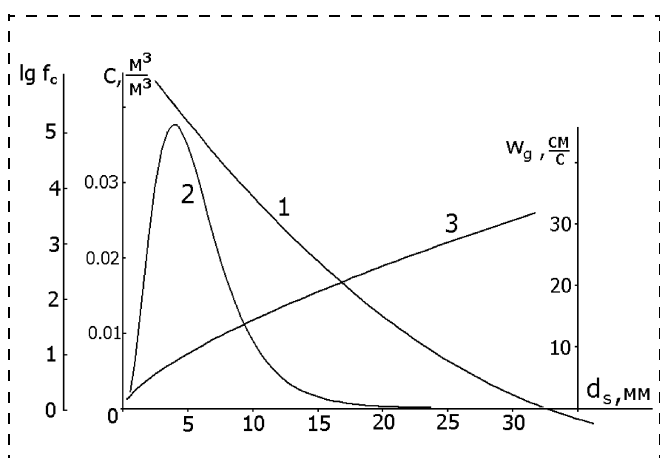


Рис. 1. Распределение параметров шугового материала в зависимости от диаметра ледяных частиц ( $d_s$ ):

1 — логарифм счетной концентрации  $f_c$ ; 2 — объемная концентрация  $c$ ; 3 — гидравлическая крупность фракций  $w_g$

#### Параметры компонентов водно-ледяной смеси

Параметры	Диаметр $d_s$					
	2	3	5	7	10	15
$c_i$	0,0020	0,031	0,0321	0,0208	0,0080	0,00013
$w_g$ , м/с	0,048	0,044	0,091	0,11	0,14	0,19

показывает, что максимальное содержание внутриводного льда приходится на диаметр кристаллов  $d_s = 5$  мм, что близко к данным наблюдений [6], согласно которым характерное значение размеров шуговых частиц составляет 2...8 мм.

В качестве начальных условий задавалось постоянное значение плотности шуги, равномерно распределенной по акватории водотока. Рассматривалась полидисперсная смесь, состоящая из фракций ледяных кристаллов размеров 2, 3, 5, 7, 10, 15 мм с парциальными концентрациями, рассчитанными по формуле (5). Размеры фракций выбраны из соображений оптимального описания спектрального пика, представленного на рис. 1. Числовые значения параметров приведены в таблице.

Суммарная плотность шуги в данной спектральной реализации, вычисленная по формуле  $c = \sum_i c_i$ , составляет 0,114, т. е. в  $1 \text{ м}^3$  водно-ледяной суспензии содержится  $0,114 \text{ м}^3$  льда.

#### Подготовка исходной информации и параметры модели

В качестве примера расчета рассмотрим моделирование шугохода на реке Кондома, по которой имеется комплектный набор натуральных данных. При задании морфометрии русла использовались материалы русловой съемки в районе водозабора на реке Кондома. Батиметрическая информация представлена в виде изобат, проведенных с шагом 0,5 м по глубине. Эти данные служили для получения цифровой модели рельефа, представляющей прямоугольную матрицу высот в каждой точке сеточной области. Эта матрица записывается на магнитный носитель и служит исходной при задании батиметрии для математической модели.

Локальную систему координат в горизонтальной плоскости введем таким образом, чтобы ось  $x$  была ориентирована примерно вдоль русла, а ось  $y$  — вдоль поперечника входного створа. Ориентация координаты  $y$  по нормали к динамической оси потока необходима для корректного задания вектора граничных расходов с отсутствием касательного (косого) компонента на границе. Принятое пространственное разрешение при численном решении задачи составляет  $\Delta x = 2,5$  м вдоль оси  $x$  и  $\Delta y = 2$  м по  $y$ , что соответствует сеточной структуре, содержащей более 33 000 элементарных боксов в расчетной области.

Моделирование скоростного режима реки проводилось на основе гидрологических данных за ноябрь



2004 г. Величина расхода воды  $q_1$  в расчетах составляла  $138 \text{ м}^3/\text{с}$ , для уровня принято значение  $49,5 \text{ м}$  Балтийской системы, что соответствует глубинам  $3,8 \dots 4,4 \text{ м}$  по динамической оси.

Величина параметра шероховатости русла  $n$  оценивалась предварительно по среднему уклону  $i_0 = 3 \cdot 10^{-5}$  согласно следующей формуле [4]:

$$C_s = \frac{q_1}{\omega \sqrt{Ri_0}},$$

где  $R$  — гидравлический радиус, вычисляемый как отношение площади живого сечения  $\omega$  к смоченному периметру  $\chi$ . Проводя вычисления по морфометрическим данным, например, для входного створа, получим  $\omega = 259 \text{ м}^2$ ,  $\chi = 140,2 \text{ м}$ ,  $R = 1,85 \text{ м}$ . Коэффициент шероховатости  $n$ , рассчитанный с помощью формулы Маннинга по значению  $C_s$ , был равен  $0,043$ .

Интенсивность отвода воды насосами из аванкамеры составляет  $q_n = 2,2 \text{ м}^3/\text{с}$ . В соответствии с конструкцией водоприемников функцию  $s_n$  зададим в виде равномерно распределенных значений в сеточных узлах, попадающих на 12-метровую нитку водоприемных труб и ориентированных вдоль потока. Положение водозабора и насосной станции с аванкамерой относительно русла реки можно видеть на рис. 2.

### Результаты расчетов

Расчеты проводились по следующей схеме. На *первом этапе* путем интегрирования уравнений гидродинамики до момента установления определяются искомые поля скоростей и уровней в бытовом режиме. На основе принятых предположений о постоянстве расхода внутриводного льда и с учетом пространственного распределения динамической скорости из (3) рассчитываются функции  $P_i(x, y)$ , которые являются основным результатом этапа 1 и далее считаются известными.

На *втором этапе* изучается влияние шугоотводящего сооружения. Расчетными методами определяются новые гидравлические параметры потока, обусловленные влиянием сооружения, которые служат базой для интегрирования уравнения переноса шуги (2) с подготовленными функциями  $P_i$ . Результирующие поля концентрации используются для сопоставительного анализа эффективности различных вариантов конфигурации защитного сооружения.

Рис. 2 дает представление о плановой структуре поля продольной скорости в бытовых условиях. Значение скорости не превышает  $0,35 \text{ м/с}$ .

В качестве основного варианта струеотводящего сооружения рассматривалась сплошная конструкция, берущая начало на правом берегу и охватывающая оголовки со стороны натекающего потока по периметру на расстоянии  $20 \text{ м}$  от водоприемников. Дамба схематизирована в виде двузвенной ломаной линии, причем длина внешнего борта (со стороны судового хода)  $l_d$  варьировалась в пределах  $30 \dots 150 \text{ м}$ . Высота насыпи над меженным уровнем свободной поверхности задавалась равной  $1,6 \text{ м}$ .

Рис. 3 иллюстрирует влияние дамбы на поле  $u$  при  $l_d = 30 \text{ м}$ . Сопоставляя рис. 2 и 3, отметим эффект торможения потока перед фронтальным сегментом дамбы с отжимом течения к левому берегу. Максимум скорости, равный  $0,5 \text{ м/с}$ , расположен вблизи углового сочленения элементов дамбы, причем увеличение скорости за счет стеснения потока составляет в среднем в районе дамбы  $0,14 \text{ м/с}$ , а в максимуме —  $0,2 \text{ м/с}$ . При обтекании выступа дамбы развиваются заметные амплитуды поперечной скорости с экстремальными значениями до  $0,25 \text{ м/с}$ , так что максимум модуля скорости  $|u|$  как векторной величины фактически составляет  $0,52 \text{ м/с}$ .

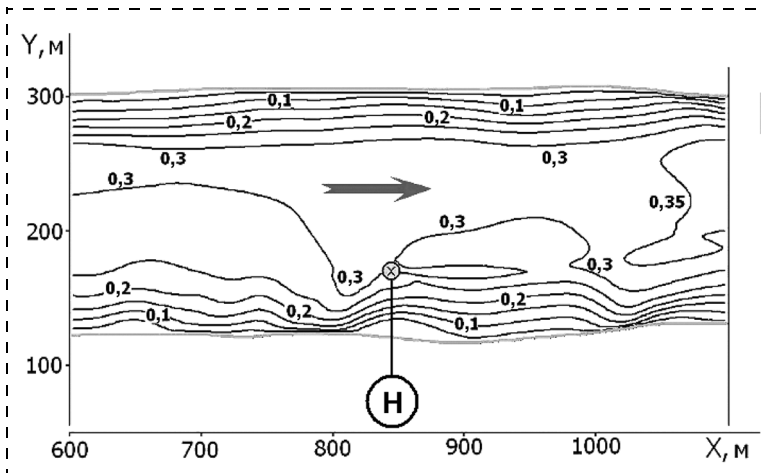


Рис. 2. Изоахи (м/с) продольной скорости в бытовых условиях. Символом  $\otimes$  обозначено местоположение водозабора, символ "Н" показывает расположение насосной станции на берегу

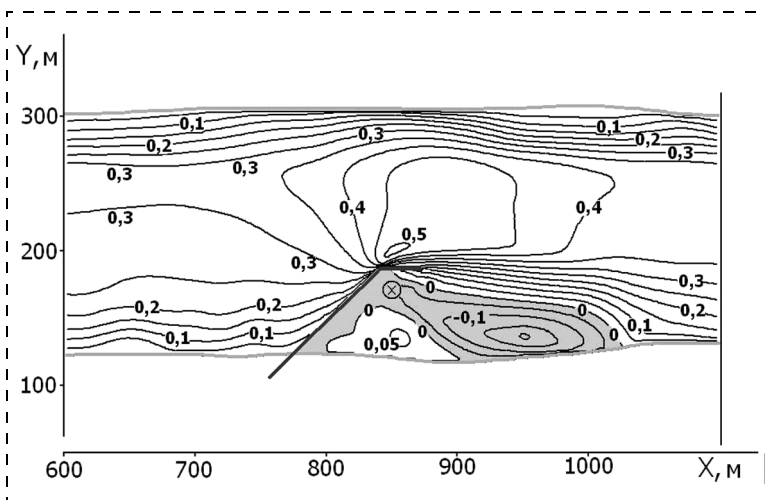


Рис. 3. Изоахи (м/с) продольной скорости при возведении шугозащиты с  $l_d = 30 \text{ м}$ . Область возвратных скоростей ( $v < 1$ ) отмечена заливкой

В тыльной части дамбы образуется зона гидродинамической тени, где скорости течения падают до нуля — здесь начинает сказываться эффект подсоса массы за счет собственного расхода водозабора. Появляются наведенные отрицательные скорости с характерным значением  $u = -0,1$  м/с (экстремальные значения  $u$  составляют  $-0,2$  м/с), направленные против вектора основного потока к водоприемникам.

Увеличение внешнего борта дамбы до 100 м и более обуславливает более спокойный характер течения. Этот вывод является важным при разработке инженерных решений, так как малые скорости течения в ковше обуславливают увеличение времени нахождения шугового материала в спокойной воде. Это обстоятельство наряду с ослаблением турбулентного перемешивания способствует всплыванию основной массы шуги на поверхность и очищению внутриводного пространства при подходе потока к водоприемным трубам.

Альтернативный вариант конструкции предусматривал сооружение подковообразного экрана перед водоприемником, не примыкающего к берегу и открытого снизу. Анализ структуры течения показывает, что этот вариант оказывается менее эффективным, чем рассмотренные выше. Это связано с тем, что возвратное течение достигает в 2—2,5 раза больших значений, что приведет к быстрому перемещению шуги к водоприемникам. На боковинах ограждения также развиваются большие амплитуды скорости ( $u$  внешнего борта 0,66 м/с против 0,5 м/с на рис. 3), что связано с риском размыва неукрепленного левого берега. Часть потока перенаправляется к правобережному урезу воды, где за счет сужения русла формируется локальное усиление скорости до 0,32 м/с. В силу этих причин подковообразный вариант экрана является гидродинамически невыгодным и практически неприемлемым.

Перейдем к рассмотрению результатов расчета шугохода при возведении дамбы. Защитное сооружение формирует новую гидравлическую структуру потока, что приводит к перераспределению концентрации льда. Расчеты проводились для всех рассмотренных размеров борта дамбы  $l_d$ . На рис. 4 показано поле

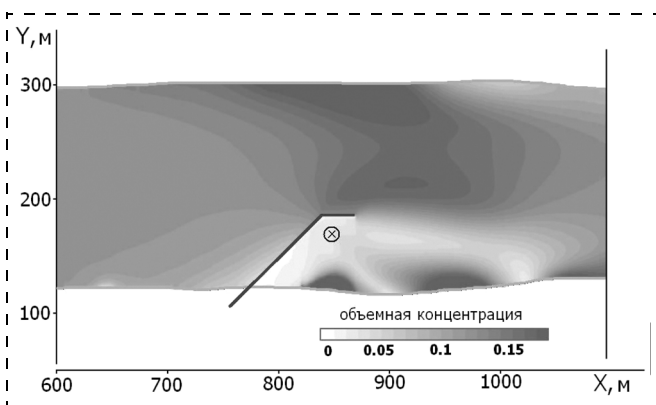


Рис. 4. Поле объемной концентрации внутриводного льда при возведении шугозащиты с  $l_d = 30$  м

концентрации внутриводного льда с минимальным  $l_d = 30$  м. На входном створе концентрация близка к исходному равновесному значению  $c = 0,114$ , ниже по течению поле  $c$  деформируется вследствие динамической неоднородности, создаваемой дамбой. В основном русле в районе дамбы и ниже концентрация возрастает до 0,18. Это очевидно происходит в результате отвода массы льда от берега за счет поперечного сегмента защиты. На внутреннем пространстве дамбы вблизи водоприемных устройств концентрация уменьшается более чем в 5 раз по сравнению с равновесной и становится равной 0,020. Это свидетельствует о том, что предложенная конструкция оправдывает свое функциональное предназначение как средства ослабления динамических процессов в водотоке и отвода шуги.

Дисперсный анализ показывает, что ослабление концентрации наиболее заметно в "несущих" фракциях с  $d_s = 3...7$  мм, которые и определяют пятикратное уменьшение  $c$ . Локальные повышения концентрации до  $c = 0,16$  наблюдаются в береговой зоне (см. рис. 4). Это связано с известным феноменом аккумуляции пассивной субстанции любой природы в застойных зонах с малыми скоростями обмена, обычно располагающимися на мелководье. Механизм аккумуляции в данном случае доминирует над механизмом очищения воды за счет всплывания льда, что и приводит к формированию береговых максимумов. Следует отметить, однако, что вследствие малых глубин у берегов суммарное содержание шуги в слое воды невелико и не оказывает серьезного влияния на содержание шуги. Накопление всплывающего шугового материала на поверхности может привести к образованию ледяной корки. Ледяной покров с большой вероятностью сформируется и в тыльной части защитного сооружения (на берегах и ниже зоны влияния дамбы).

Представленные материалы показывают, что численное моделирование является эффективным средством разработки оптимальной конструкции шугозащиты в целях обеспечения бесперебойной работы городских водозаборов.

#### Список литературы

1. **Абраменков Н. М.** Моделирование процесса замерзания шугоносных рек // Труды САНИИ им. В. А. Бугаева. — М.: Гидрометеоздат, 1984. — Вып. 101 (182). — С. 3—100.
2. **Донченко Р. В.** Физические свойства внутриводного льда (шуги) // Труды ГГИ. — 1956. — Вып. 55. — С. 5—40.
3. **Рымша В. А.** Распределение тепла кристаллизации переохлажденной воды по глубине в потоках и водоемах // Труды ГГИ. — 1962. — Вып. 93. — С. 3—23.
4. **Спицын И. П., Соколова В. А.** Общая и речная гидравлика. — Л., Гидрометеоздат, 1990. — 360 с.
5. **Шлычков В. А.** Математическая модель динамики водотоков в областях со сложной геометрией // Материалы конференции "Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов". — Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. — С. 248—250.
6. **Clark S., Doering J. C.** A laboratory study of frazil ice size distributions // 17-th International Symposium on Ice. — SPb. — 2004. — Vol. 1. — P. 291—297.

УДК 658.382.3:331.108

**Т. С. Титова**, д-р техн. наук, проф., **Г. В. Пигарева**,  
Петербургский государственный университет путей сообщения

## Тренинг-программа для формирования навыков эффективной и безопасной работы

*Описана тренинг-программа формирования навыков эффективной и безопасной работы с целью снижения случаев производственного травматизма, основные причины которого ежегодно повторяются. Предложены алгоритмы написания компьютерной программы и выполнения упражнений тренинг-программы.*

Анализ производственного травматизма на сети железных дорог ОАО "РЖД" показал, что основной причиной несчастных случаев является либо нарушение работником правил техники безопасности во время выполнения отдельной операции технологического процесса, либо нарушение им безопасной последовательности операций в технологическом процессе.

Поскольку для обучения и проверки знаний работающих по безопасности труда обычно используется кабинет по охране труда, имеющий в своем распоряжении персональные ЭВМ, возникает необходимость создания специальной компьютерной тренинг-программы для обучения работающих по безопасности труда, учитывающей специфику технологических процессов на конкретном предприятии.

Эта программа должна учитывать следующие ключевые моменты обучения [1]:

- *мотивация или ощущение цели* — люди лучше обучаются, когда они видят полезный конечный продукт этого процесса;
- *уместность с точки зрения личного интереса и выбора* — обучение будет лучше мотивировано, если обучающийся считает его уместным;
- *обучение практикой* — "Я слышу, и я забываю. Я вижу, и я забываю. Я делаю, и я понимаю"; понимание существенно для эффективного выполнения работы, и добиться реального понимания можно, только делая что-то;
- *обратная связь* — наилучший способ для обучающихся узнать, что они делают, и увидеть собственный прогресс;
- *предоставление возможности ученикам обучаться в удобное для них время и в удобном для них темпе* — обучение будет эффективнее, если обучающиеся будут сами управлять им в соответствии с собственными предпочтениями и представлениями об успехах.

В настоящее время обучение и инструктаж работающих по безопасности труда проводятся либо в виде устного обучения и инструктажей на базе инструкций, либо в виде компьютерных программ, в сущности повторяющих те же инструкции, но разнообразящих их

так называемыми мультимедийными приложениями в виде натуральных или мультипликационных видеофрагментов, картинок и т. п. Сам принцип обучения в этих мультимедийных программах остается прежним, так как не ликвидирует перечисленных ниже основных недостатков существующих инструкций по охране труда.

1. В инструкциях содержится большая часть сведений, не имеющих отношения к действиям самого работника. Эти сведения перегружают объем требуемого к усвоению материала и отвлекают внимание работника от конкретных задач, так как относятся не к нему, а к его непосредственному руководителю (бригадиру, мастеру и т. п.). Это требования к помещению в целом, вентиляции, отоплению, устройству ограждений и т. п.

2. В инструкциях не обращается внимания на обязательную последовательность выполнения тех или иных операций, которая должна соблюдаться с целью обеспечения безопасности работника.

3. В инструкциях не подчеркивается и не учитывается значимость данной операции и правильности ее выполнения с точки зрения безопасности.

Как известно, существуют три области обучения:

- знания — что обучаемым нужно знать (познавательное обучение);
- навыки — что обучаемым нужно уметь делать;
- установки — какие чувства люди испытывают по отношению к своей работе.

Обучение представляет собой непрерывное и естественное явление, и самое хорошее обучение тесно связано с практическим опытом — выполнением чего-либо.

В предлагаемой компьютерной программе сеанс обучения поделен на два этапа:

— упражнение 1 — для обучения правильности выполнения отдельных операций технологического процесса;

— упражнение 2 — для обучения правильной очередности выполнения операций в технологическом процессе.

Наличие упражнения 2 обусловлено тем, что очередность выполнения операций во многих технологических процессах определяет их безопасность. Например, при работе электромеханика должна соблюдаться следующая последовательность: наложение временного заземления вначале к шине заземления, а потом к токоведущим частям для исключения при случайной подаче напряжения поражения электрическим током.

Разрабатываемая тренинг-программа должна позволить тренировать работника как безопасному выпол-

нению отдельных операций, так и безопасной их последовательности.

В связи с изложенным выше сценарий обучающей программы компьютерного тренажера-имитатора выглядит следующим образом.

Занятие начинается с выполнения упражнения.

1. На экране монитора компьютера в случайном порядке последовательно появляются статические иллюстрации, изображающие ту или иную фазу или операцию технологического процесса — правильно выполняемую или неправильно выполняемую. Иллюстрации сопровождаются текстом, описывающим данную операцию.

2. Обучаемый с помощью мыши указывает, правильно или неправильно выполняется изображенная операция с точки зрения безопасности. Если обучаемый считает, что она показана правильно, он щелкает мышью в левом верхнем углу по надписи со словом "правильно", если считает, что неправильно, — по надписи со словом "неправильно".

3. Операции, которые выбрал обучаемый в качестве правильных или неправильных, больше на экране не появляются.

4. Если обучаемый ошибся хотя бы в одной операции, программа начинает работу с п. 1, количество времени, затраченного на обучение, фиксируется счетчиком и показывается в конце сеанса обучения.

5. После того как обучаемым распределены все операции, на экране загорается количество неправильных ответов, выделенных красным цветом.

Если обучаемый все операции распределил правильно, программа продолжает работу, переходя к выполнению упражнения 2.

6. На экране в нижней части в случайной последовательности располагаются все правильные иллюстрации, выбранные обучаемым в ходе выполнения упражнения 1. В верхней части — пустые квадраты по числу операций.

7. Обучаемый должен мышью перетащить иллюстрации в пустые квадраты в той последовательности, которую он считает правильной (рис. 1).

8. Если операция выбрана в неправильной последовательности хода технологического процесса, она возвращается в нижний ряд.

Количество неправильных ответов фиксируется счетчиком и показывается в конце сеанса обучения. На каждом этапе фиксируется время, в течение которого обучаемый добился правильного ответа. После окончания последнего задания автоматически суммируется время, затраченное на выполнение каждой операции. Алгоритм программы представлен на рис. 2.

В связи с тем, что блоки алгоритма, представленного на рис. 2, образуют достаточно сложную структуру, целесообразно представить их как отдельные алгоритмы. Так, на рис. 3 представлен алгоритм выполнения упражнения 1, а на рис. 4 — алгоритм выполнения упражнения 2.

Вся информация о ходе выполнения упражнений содержится в текущем протоколе программы. Эта ин-

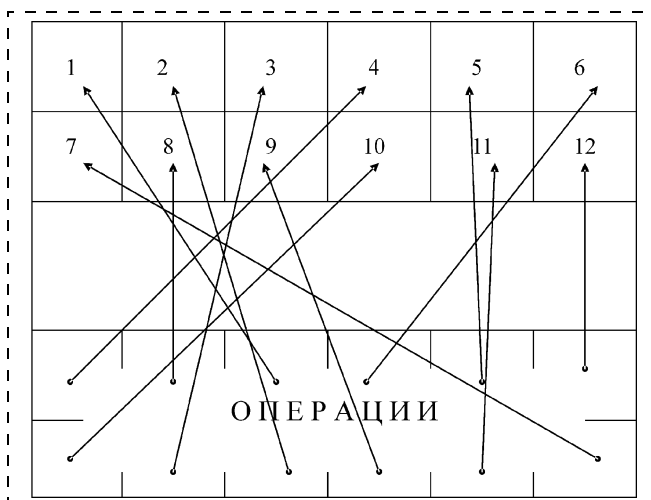


Рис. 1. Вид экрана монитора при выполнении упражнения 2

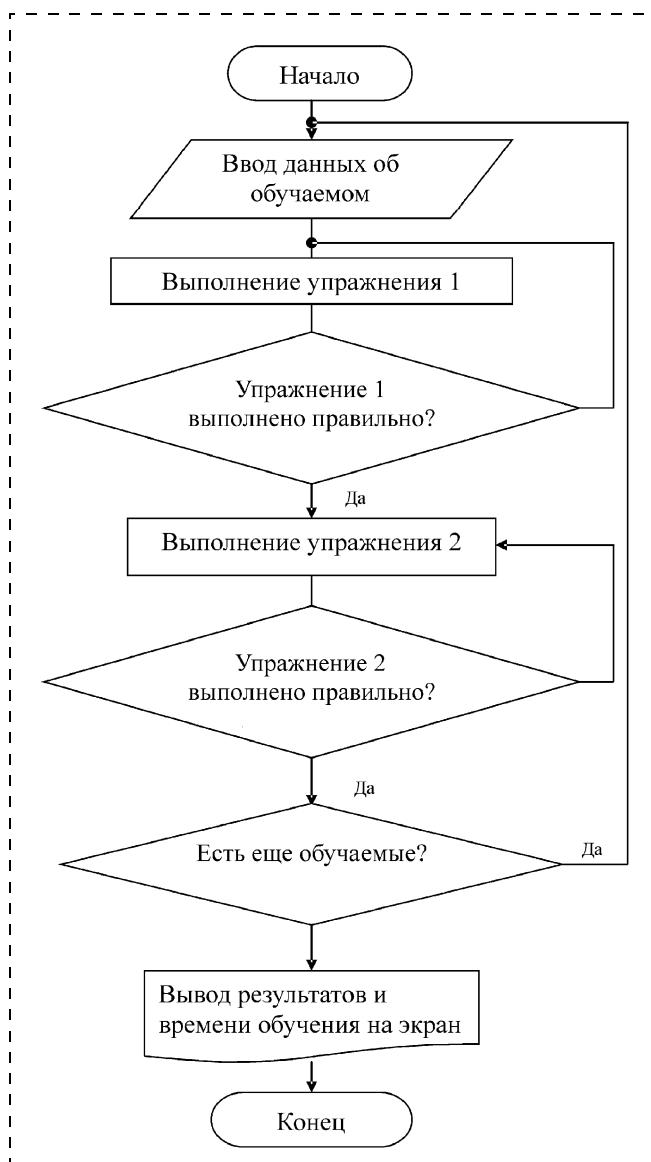


Рис. 2. Обобщенный алгоритм тренинг-программы

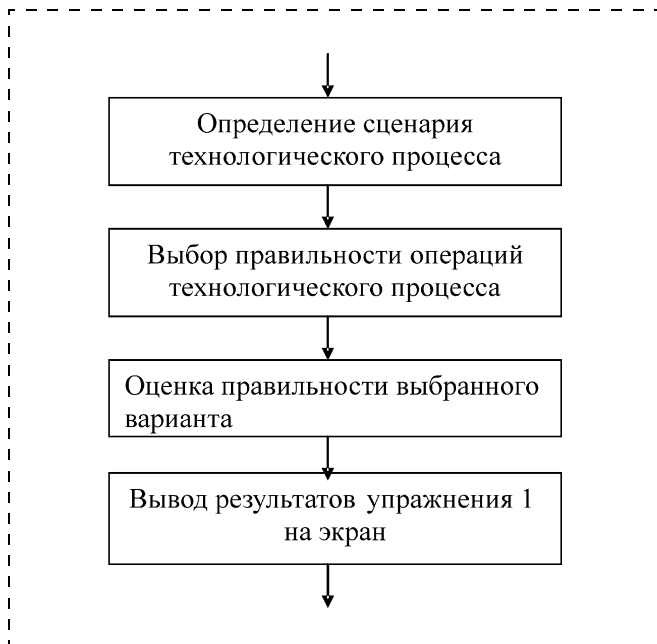


Рис. 3. Алгоритм выполнения упражнения 1

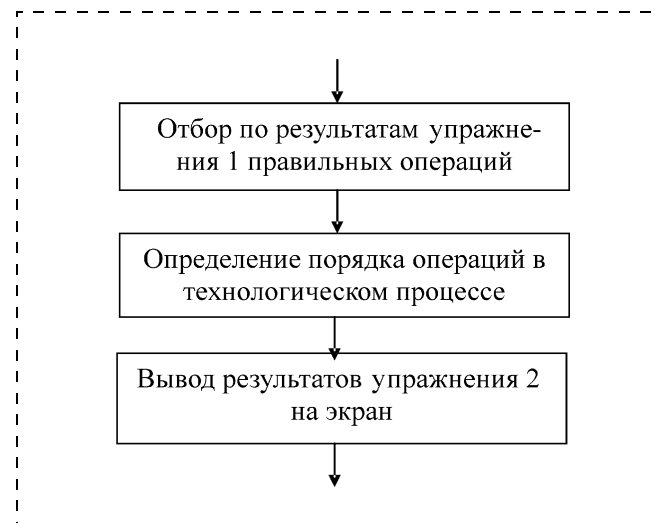


Рис. 4. Алгоритм выполнения упражнения 2

формация включает в себя количество попыток по каждому из упражнений, время, затраченное на выполнение упражнений, код завершения упражнения (успешное, неуспешное, принудительное и т. п.).

Текущий журнал формируется в начале некоторого календарного периода обучения и существует до его окончания. По окончании такого периода учетные данные могут подвергнуться необходимой коррекции. Данные, содержащиеся в протоколах, по завершении текущего сеанса помещаются в базу данных на длительное хранение.

На основе выполненных исследований предлагается соответствующая последовательность написания

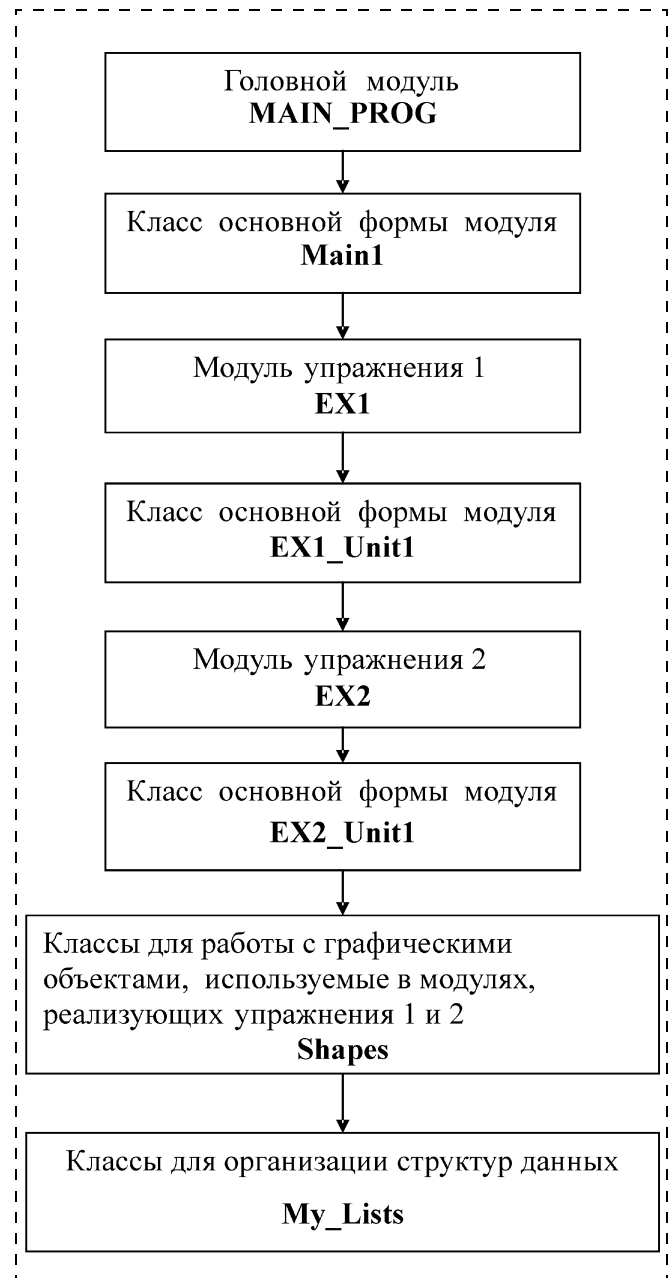


Рис. 5. Алгоритм написания компьютерной программы

текста компьютерной программы (рис. 5). Тип используемого ЭВМ — IBM PC, язык программирования операционная система Windows 2000, Windows XP.

Таким образом, разработанная тренинг-программа, позволяет обеспечить выполнение следующих функций:

- формирование у обучаемых навыков выполнения в технологических процессах только тех операций, которые не представляют явной опасности для работника;
- тренировка работника выполнять операции в очередности, не влекущей за собой опасных последствий;
- фиксирование на каждом этапе времени выполнения упражнений и количества допущенных ошибок.

УДК 001.25.001.4

С. В. Белов, д-р техн. наук, проф., В. С. Ванаев, канд. техн. наук, доц.,  
А. Ф. Козьяков, канд. техн. наук, проф., МГТУ им. Н. Э. Баумана

## Безопасность (семантика)

*Предпринята инженерно-лингвистическая попытка семасиологического исследования семантики слова "Безопасность" применительно к научной дисциплине "Безопасность жизнедеятельности". Выбор методов и интерпретация результатов исследования авторов статьи могут не совпадать с мнением и точкой зрения на них редакции журнала.*

Процесс понимания глобальности вопросов безопасности сопровождается тенденцией все более углубляющегося непонимания семантической сущности слова *безопасность*. Это подтверждается тем, что большинство публикаций, так или иначе связанных с *безопасностью*, не содержат необходимых пояснений того, какой смысл авторы вкладывают в значение этого слова, что зачастую очень затрудняет понимание содержания изложения. Такое пояснение должно заканчиваться четким определением, которое в принципе может быть полностью заимствованным (с обязательной ссылкой на первоисточник), адаптированным (с пояснением причины изменения текста определения известного адресанта) или иметь полностью оригинальную редакцию (что желательно довести до сведения читателя). Авторы данной статьи предпринимают попытку высказать свое собственное мнение в отношении семантики слова *безопасность*, полностью отдавая себе отчет в сложности поставленной задачи.

Важным является то, что слово *безопасность* является частью словосочетания *безопасность жизнедеятельности*. Рассмотрим сначала *безопасность* как **слово**!

### 1. Анализ

Когда статьи о *безопасности* пишут и читают люди традиционной технической ориентации, далекие от филологии и лингвистики, первое, с чем им приходится сталкиваться, это с фактом, что *безопасность* в разных ипостасях может иметь различный статус, т. е. в языково-понятийной сфере *безопасность* может выступать как:

- 1) **знак** или **символ** в информационной деятельности;
- 2) **лексическая единица** в языково-информационной области;
- 3) **слово** — вербальный коммуникативный знак естественного языка;
- 4) **лексэма** — слово в одном из его конкретных значений;
- 5) **понятие** — форма мышления;
- 6) **термин** — строго определенное научное название;
- 7) **дескриптор** в области информационно-поисковых языков.

Определения перечисленных терминов приведены в Приложении к статье.

Прежде чем определиться с **термином** *безопасность*, что является конечной целью данной статьи, попробуем разобраться со **словом** *безопасность*. Как следует из определения термина, **слово** является основной лексической единицей естественного языка, поэтому вначале целесооб-

разно выяснить морфологию слова *безопасность*. Получить самое общее представление о морфологической структуре слова *безопасность* и о его местоположении в системе однокоренных слов различных форм частей речи можно из словообразовательного словаря русского языка А. Н. Тихонова [1]. В нем дается опорное слово *опасаться* со всеми вариантами однокоренных слов, откуда видно, что имя существительное *опасность* образовано от прилагательного *опасный*. В свою очередь, прилагательное *безопасный* образовано с помощью приставки **БЕЗ-**, в значении, не имеющем ничего общего с существительным *опасность*. *Безопасность* как часть речи представляет собой отвлеченное имя существительное с суффиксом **-ОСТЬ**, производное от имени прилагательного, имеющего значение качества, свойства и состояния в широком смысле [2]. В одной корневой связке могут находиться существительные *опасность—безопасность*, прилагательные *опасный—безопасный* и наречия *опасно—безопасно*.

Слово как основная лексическая единица естественного языка может быть моносемом, т. е. иметь одно значение, или полисемом — иметь множество различных значений, каждое из которых реализуется в конкретном контексте как лексема. Совокупность этих различных значений может быть представлена либо синонимическим рядом, включающим в себя помимо прямых синонимов родственные слова, либо рядом противоположных по значению слов и ярко выраженных антонимов. Чтобы корректно, с точки зрения нормативного языка, очертить лингвистическое поле значений слова *безопасность*, обратимся к традиционным словарям русского языка. Анализ полученной информации говорит о том, что, по различным источникам, слово *безопасность* является полисемом, и его значения можно сгруппировать в три различные позиции, в которых эти значения организуют смысловую оболочку слова.

1. Через прямой антоним словарного гнезда БЕЗОПАСНОСТЬ—ОПАСНОСТЬ, где слово *безопасность* является первым членом антонимической пары, а слово *опасность* — вторым, противопоставляемым ему членом антонимической пары [3].

2. Через синонимический ряд лексем, каждая из которых может быть реализована в конкретном контексте [4].

3. Как качество, свойство и состояние по значению соответствующего прилагательного [5].

Выявленная совокупность значений слова *безопасность* представлена в табл. 1.

Таблица 1

Безопасность	I. Отсутствие опасности [6, 7]
	II. Надежность, сохранность [6, 7] Гарантия, невредимость, сохранность [8] (Защищенность [9, 10, 11, 12])
	III. Безвредный, защищенный, неопасный [4] Безвредный, верный, надежный, сохранный [6] Безвредный, защищенный, огражденный [7] Надежный, невредимый [13]



Рассмотрим отдельно каждый комплекс из трех позиций представленных значений, которые может принимать слово *безопасность* в различных контекстах.

I. Семантика первого, основного, главного значения слова *безопасность* (см. табл. 1) полностью определяется его этимологией морфологического свойства. Это значение приводится в словаре В. И. Даля [6] и в 17-томном Словаре современного русского литературного языка [7].

В левой и правой частях представленной словесной конструкции мы видим два альтернативных слова *безопасность* и *опасность*. Такие слова с противоположными, исключаящими друг друга значениями древнегреческие грамматики называли *антонимами*. Антонимы представляют собой разнозвучные слова, объединяющиеся в пары, члены которых противопоставляются друг другу в каком-либо одном отношении. От двух противопоставляемых основ могут быть образованы слова разных грамматических классов: существительное, прилагательное, наречие. Оба слова антонимической пары составляют заголовок словарного гнезда [3]:

### БЕЗОПАСНЫЙ—ОПАСНЫЙ.

Данное структурное словарное гнездо состоит из двух частей:

а) первого члена антонимической пары и его толкования:

**безопасный** — такой, который не грозит опасностью; не причиняющий вреда.

б) противопоставляемого ему второго члена антонимической пары и его толкования:

**опасный** — содержащий в себе опасность; способный причинить зло, вред, ущерб.

Аналогичную антонимическую пару противопоставляемых основ можно составить из существительных:

**безопасность** — отсутствие опасности [6, 7];

**опасность** — угроза, риск, гроза [4]; возможность, угроза бедствия, несчастья, катастрофы [14].

Лексические единицы, имеющие противоположные значения, образуют тип семантических отношений, называемый *антонимией*. Существенные различия и явления объективного мира отражаются в языке как противоположность. Антонимия представляет противоположность внутри одной сущности. Ее логическую основу образуют противоположные видовые понятия, представляющие собой предел появления качества (свойства), определяемого родовым понятием. В свою очередь, эту логическую основу образуют два вида противоположности: комплементарная и контрарная.

Комплементарную противоположность образуют видовые понятия, которые дополняют друг друга до родового понятия и являются предельными по своему характеру.

Рассматриваемая антонимическая пара *безопасность* — *опасность* является примером контрарной противоположности, выражающейся видовыми понятиями, между которыми есть средний промежуточный член [15]: "опасность" — "максимально допустимая опасность", "допустимая опасность", "минимальная опасность"... — "безопасность". Эта градация степени *опасности* взята из Словаря терминов и определений [12], который является собранием не столько терминов, сколько понятий и просто слов с соответствующими пояснениями и значениями.

Обычно к антонимам относят разнокоренные слова. В рассматриваемом случае антонимическая пара образо-

вана посредством отрицательной приставки "без". В русском языке качественные прилагательные с приставками **не-**, **без-** являются антонимами только в том случае, если они представляют собой предельные, крайние члены антонимической парадигмы: "опасный" — ("не совсем опасный") — "безопасный".

В некоторых источниках утверждается, и это обращает на себя внимание, что опасности многочисленны [16]. Для таких утверждений есть основания, поскольку количественные градации значений слова *опасность* полностью заполняют смысловое пространство между предельными, крайними значениями антонимической пары, как было показано выше.

*Безопасность* же, как второе предельное, крайнее значение, — всегда одна, единственная и абсолютная, говорящая только о полном отсутствии опасности. В своей предельности и крайности *безопасность* как часть антонимической связки это просто констатация факта полного отсутствия опасности, и все [17]. *Безопасность* или есть, или ее нет. *Опасность* всегда может быть идентифицирована, классифицирована, оценена количественно. *Безопасность* же не имеет никаких качественных или количественных степеней. Она есть, когда полностью отсутствует опасность, и ее нет, когда опасность присутствует в любом виде и в любом количестве, хоть в недопустимом, хоть в допустимом. Такова лингвистическая логика нормативного русского языка.

В словаре [12] можно встретить выражение значения слова *безопасность* в следующей интерпретации: "**безопасность** — гипотетическое отсутствие опасности". Во-первых, такого значения слова *безопасность* мы не найдем ни в одном толковом словаре нормативного русского языка, а значит, это выражение не имеет отношения к лингвистике и к семантике самого слова. Поэтому, во-вторых, придется самим догадываться о смысле такого определения. А смысл этой логической дефиниции, видимо, сводится к тому, что *безопасность* как практическое воплощение существует лишь в воображении субъекта и рассматриваться может только как гипотеза, поскольку реально не существует. Другими словами, *безопасность* по своей природе как отсутствие опасности нереальна, ирреальна, вымышленна, мнима и, наконец, номинальна. Практически декларируется тезис: "Безопасности нет, она не существует"!

Гипотетичность отсутствия опасности заставляет свести на нет значение *безопасности* как слова так или иначе, лексически связанного со словом *опасность*. *Безопасность* становится важнейшей, но только гипотетической потребностью человека, которую никогда нельзя реализовать. Тогда вообще зачем говорить о том, что реально невозможно? По мнению авторов, статьи здесь неправомерно смешиваются, путаются два независимых подхода к анализу слова, различные пути исследования.

Первый заключается в выявлении семантики слова, в рамках семасиологического исследования. При этом слово рассматривается в самом широком смысле, т. е. вне контекста. Второй подход является попыткой анализа реальной ситуации, характеризуемой неким определением, которое на практике всегда контекстуально в своем реальном выражении, например, в рамках безопасности жизнедеятельности. Семантико-лингвистическая специфика значения слова подменяется его логико-гносеологической дефиницией, обусловленной практическими реалиями кон-



кретной жизненной ситуации. Определяется предположительное качество чего-то, а не фактическое значение слова вне контекста.

II. Вторая позиция комплекса значений слова *безопасность*, представленная синонимическим рядом (см. табл. 1).

Как известно, **синонимы** — это слова одной и той же части речи, имеющие полностью или частично совпадающие значения. В принципе информационно-лингвистический объем значений слова *безопасность* может быть существенно расширен за счет трансформации аналогов других частей речи в соответствующие существительные. Авторы посчитали целесообразным этого не делать, используя только те синонимы одной части речи, которые были найдены в словарях, перечисленных в списке литературы. Исключение составляет синоним *защищенность* (в круглых скобках), который взят из словаря не филологического профиля [12], нормативных документов уровня Законов РФ [9, 10] и стандарта [11], поскольку особенно продуктивно используется в лексической практике в последнее время.

По структуре представленные синонимы в основном являются разнокоренными по отношению к *доминанте* ряда, хотя среди прилагательных, найденных в лингвистических словарях, можно встретить и однокоренной синоним ("безопасный" — "неопасный"), морфологически отличающийся только отрицательной приставкой.

По степени синонимичности (тождеству, близости значений и способности замещать друг друга, нейтрализовать в тексте противопоставляемые семантические признаки) синонимы делятся на *полные* (абсолютные) и *частичные* (относительные).

В некоторых литературных источниках научно-технического профиля можно встретить подмену понятия "относительный синоним слова *безопасность*" непонятным утверждением, что "*безопасность* — понятие условное, относительное". С этим трудно согласиться. Слово не может быть относительным или условным. Оно всегда имеет абсолютное и безусловное значение, реализуемое в конкретном контексте. Но, будучи доминантой синонимического ряда, слово может иметь как полные или абсолютные, так и частичные или относительные синонимы, совокупность которых и определяет лексическую полноту этого ряда.

В соответствии с выполняемыми функциями синонимы подразделяются на *семантические* (идеографические), оттеняющие разные стороны обозначаемого объекта, указывающие на различную степень проявления признака, действия, а также на другое смысловое многообразие слов, и *стилистические*, дающие различную оценочную характеристику обозначаемого объекта. *Семантико-стилистические* синонимы совмещают обе эти функции.

Синонимы, представленные в табл. 1 (вторая позиция) имеют скорее семантические признаки и оттеняют стороны, связанные с сохранностью, невредимостью, защищенностью и гарантированностью. Все эти признаки фактически предполагают наличие опасности. Ибо если опасности нет, как в первом значении слова *безопасность*, то надобность говорить о защищенности отпадает. Если мы принимаем слово *безопасность* в значении *защищенность от опасности*, то мы должны отказать ему в значении *отсутствие опасности*. Получается, что *безопасность* — это медаль, на аверсе которой написано *отсутствие опасности*, а на реверсе — *защищенность от опасности*. Лицезреть одновременно обе стороны медали принципиально

невозможно, так же как и пользоваться одновременно обоими значениями слова *безопасность*.

Переводя эту серьезную тему в шуточную плоскость, можно спросить: "Куда девается *безопасность*, когда появляется *опасность*?" Ответ: "*Безопасность* превращается в защищенность!". А *защищенность* может быть какой угодно: хорошей и плохой, достаточной и недостаточной, эффективной и неэффективной, надежной и безнадежной, не может быть только абсолютной. Ибо на любую защищенность всегда найдется чрезмерная опасность. И в этом ее отличие от *безопасности*, которая может быть только абсолютной, единственной, фактической и никакой больше. В этом заключается самое главное внутреннее противоречие в реализации различных значений слова *безопасность*. Если это противоречие не замечать, не учитывать, игнорировать, не подчеркивать должным образом, можно прийти к лексическим противоречиям и полной потере смысловой нити повествования, а то и просто к абсолютному абсурду.

III. Третья позиция комплекса значений слова *безопасность* (см. табл. 1) представляет собой синонимический ряд прилагательного *безопасный* (*-ая, -ое, -ые*). В речевом обиходе, а также в научной литературе и различных документах зачастую используется краткая форма конструкции, в которой прилагательное *безопасный*, характеризующее конкретный предмет, свойство, ситуацию или состояние, употребляется в форме существительного *опасность*. Здесь встречаются прилагательные, являющиеся синонимами слова *безопасный* как в значении "не несущий в себе, не содержащий опасности или вреда (неопасный, безвредный, невредимый)", так и в значении "защищенный от опасности (сохранный, огражденный, надежный, невредимый)".

В табл. 4 значение существительного *безопасность* представляет собой краткую форму полной словесной конструкции, состоящей из двух и более слов. Изначально эта конструкция несет в себе четко выраженное контекстуальное значение, относящееся к конкретной ситуации или состоянию и характеризующее свойством этой ситуации или этого состояния по значению прилагательного *безопасный*. Например, понятие *безопасность* в Федеральном Законе Российской Федерации (ФЗ РФ "О безопасности" [9] поясняется так: "**Безопасность** — состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз". Здесь понятие *безопасность* фактически является краткой формой многословной конструкции, которая в развернутом виде читается следующим образом: "**Безопасное состояние жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз** — состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз". В качестве синонима слова *безопасность* взята лексема *защищенность*. В полной редакции представленного понятия слово *состояние* является знаменательным, а *безопасность* — служебным, зависимым словом, т. е. может быть определено только в зависимости от знаменательного слова, хотя в принципе имеет и собственное значение. Необходимо отметить, что пояснение слова *безопасность*, как краткой формы понятия, приводится в конкретном документе, в понятных рамках которого и предназначено действовать. За пределы его информационно-текстуального поля дефиниции понятия не распространяются,



хотя могут использоваться другими документами в случае специальной договоренности об их приемлемости.

Аналогичный пример можно привести из энциклопедического словаря [18], где слово *безопасность* как краткую форму, следует читать в полной редакции следующим образом: "**Безопасное состояние деятельности** — состояние деятельности, при котором с определенной вероятностью исключено проявление опасностей".

Это были примеры дефиниций (пояснений) из логико-гностической области языка, где оперируют понятиями (словами), отражающими существенные свойства, связи и отношения предметов и явлений. Можно привести аналогичные примеры и логико-лексического свойства, если взять слово в категории термина при использовании его в научно-языковой практике, где из множества значений оно должно иметь одно единственное в виде определения. Так, в ГОСТ Р 12.0.006—2002 и ГОСТ Р 12.3.047—98 термин *безопасность* фактически является краткой формой терминов-словосочетаний, которые в полном виде должно читать следующим образом: 1. *Безопасное состояние персонала* — состояние, при котором риск для здоровья и безопасности персонала находится на приемлемом уровне [19]; 2. *Безопасное состояние прав граждан, природных объектов, окружающей среды и материальных ценностей от последствий несчастных случаев, аварий и катастроф на промышленных объектах* — состояние защищенности прав граждан, природных объектов, окружающей среды и материальных ценностей от последствий несчастных случаев, аварий и катастроф на промышленных объектах [20].

В рамках *Безопасности жизнедеятельности* абсолютно правомерно использовать термин *безопасность* как краткую форму полного термина *безопасность жизнедеятельности* [21, 22] с соответствующей ремаркой на этот счет.

Когда переходят от слова к термину, из множества синонимов отдают предпочтение одному. Поскольку, чтобы быть термином в научном употреблении, слово должно иметь только одно определенное значение, которое лексемоно фиксируется в определении его как термина. На первый взгляд может показаться, что определений термина *безопасность* сколь угодно много. На самом деле это не так, поскольку, как было показано выше, структурно все возможные определения термина *безопасность* сводятся к трем лексическим конструкциям:

- 1) антонимической, как отсутствие *опасности*;
- 2) синонимической, с доминантой *защищенность*;
- 3) как свойство по значению соответствующего прилагательного.

## 2. Определение, не соответствующее термину в норме

Среди существующих терминологических определений особое внимание обращают на себя определения термина *безопасность*, приведенные в ГОСТ Р 1.0—92 [23] и ГОСТ Р 51898—2002 [24] и воспроизведенные в табл. 2.

Суть определения, состоящего всего из трех слов, интуитивно вызывает настороженность, недоумение и непонимание. Словесная композиция с точки зрения русского языка кажется состоящей из противоречий и нарушений элементарных речевых норм. Создается впечатление, что определение не может относиться к данному термину, поскольку не содержит ничего, кроме логических и семантических противоречий. Вот несколько из них, сразу бросающихся в глаза и режущих ухо.

Таблица 2

<p><b>1. Безопасность</b> — отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью нанесения ущерба [23]. Примечание. В области стандартизации безопасности продукции, работ (процессов) и услуг обычно рассматривается с целью достижения оптимального баланса ряда факторов, включая такие нетехнические факторы, как поведение человека, позволяющие свести риск, связанный с возможностью нанесения ущерба окружающей среде, здоровью людей и сохранности имущества, до приемлемого уровня.</p> <p><b>2. Безопасность:</b> отсутствие недопустимого риска [24].</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. Слово *безопасность* в русской нормативной лексике имеет ярко выраженную этимологию морфологического свойства, которой его семантика определяется как отсутствие *опасности*, а не как отсутствие *риска*. Хотя *опасность* и *риск* являются синонимами, но не абсолютными, а только относительными.

2. Значению *отсутствие риска* соответствует конкретное русское слово *безрисковость*, которое имеет, может быть, и не очень большую частоту употребления, но не вызывает смысловых трудностей вербального восприятия.

3. Использование слова *риск* вместо доминанты синонимического ряда *опасность* ориентирует нас в сторону конкретизации вида, рода, характера опасности, что в принципе не имеет смысла, поскольку речь идет об отсутствии объекта нашего внимания. Нельзя характеризовать качество отсутствующего объекта (опасности, риска, угрозы, грозы, вреда, несчастья и т. д.). Мы не знаем и не можем знать об отсутствующем ничего, кроме того, что оно отсутствует. Мы не можем идентифицировать и классифицировать то, чего нет.

4. Уточнение отсутствующего *нечто* попыткой его количественного описания через прилагательное *недопустимый*, приводит к еще большему недоумению. Сама по себе попытка количественной оценки (измерения) любого предмета, имеющегося в руках исследователя, уже представляет собой достаточно сложную задачу, связанную с точностью измерения, достоверностью получаемых результатов, выбором необходимой методики, приборным обеспечением процедуры и т. д. Совокупность этих трудностей родила сложнейшую научную отрасль — *метрологию*. Более того, существуют ситуации, когда объект измерения находится в руках исследователя, а измерить его количественные характеристики не представляется возможным.

5. В контексте приведенного в табл. 2 определения слово *риск* дано как категория, характеризующая предметы и явления внешнего мира с количественной стороны (**риск:** Сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба [24]). В русском же языке термин *безопасность* является категорией, характеризующей предметы и явления внешнего мира только с качественной стороны. Поэтому такое определение недопустимо с лингвистической точки зрения, поскольку разрушает антонимическую пару "качество—количество" [3]. Фактически нам предлагают такое определение: "качество (безопасность) есть количество (риск)". В русском языке слово *риск* не категоризируется с количественной стороны так, как это имеет место, например, в английском языке [25]. В русском языке, когда хотят сказать о количественном значении *риска*, говорят о его *величине*, *степени*, *вероятности* и т. д.

6. В русской транскрипции по отношению к словесной конструкции, приведенной в табл. 2, можно позво-

лить себе следующие логические последовательности адекватных (релевантных) параллелей:

1) *Безопасность* — отсутствие недопустимого риска (*опасности*).

2) *Безопасность* — присутствие допустимой опасности.

3) *Безопасность* — наличие опасности.

4) *Безопасность* — опасность.

Мы снова пришли к очередному антонимическому противоречию в лексике русского языка.

7. В первом абзаце первой части ГОСТ Р 51898—2002 [24] *Область применения* говорится, что "стандарт может быть применен к любым аспектам безопасности, относящимся к людям или имуществу, или окружающей среде". Во втором абзаце той же части можно узнать, что "правила, устанавливаемые настоящим стандартом, основаны на уменьшении риска, возникающего при использовании *продукции, процессов или услуг*". В частном случае, когда безопасность будет относиться к *субъекту* (одному человеку или людям), а *риск* к *объекту* (продукция, процесс или услуги), возникает противоречие, с точки зрения лингвистики.

1) *Безопасность* — отсутствие недопустимого риска.

2) *Безопасность человека* — безопасность *продукции*.

3) *Качество субъекта* — качество *объекта*.

4) *Субъект* — *объект*.

Это привело к разрушению еще одной антонимической пары *субъект—объект*.

Таким образом, одна словесная конструкция *Безопасность: отсутствие недопустимого риска*, состоящая всего из четырех слов (термин и определение в три слова), содержит, по мнению авторов, шесть лексических недоразумений, связанных, по крайней мере, с тремя вопиющими посягательствами на нормативную лексику русского языка:

а) игнорирование фактической этимологии слова, обусловленной его морфологической структурой:

Безопасность		↘	↙	Отсутствие риска
Безрисковость		↙	↘	Отсутствие опасности;

б) декларативно-принудительная необходимость идентификации *отсутствующей* опасности и ее количественной оценки;

в) недопустимое разрушение антонимических пар нормативного русского языка: качество—количество, безопасность—опасность, субъект—объект.

В упомянутом ГОСТ Р 51898—2002 есть раздел "Аспекты безопасности". Темой данного высказывания является *безопасность*, а ремой\* [3], т. е. компонентом высказывания, собственно содержащим новое сообщение, в данном случае является слово *аспекты*, которое, будучи во множественном числе, как бы предполагает различные взгляды на слово *безопасность*. Но это трудно понять, и с этим невозможно согласиться. Во-первых, потому что в подзаголовке идет уточняющее название "Термины и определения". В рамках стандарта, содержащего основополагающие термины, у термина, определение которого в нем приводится, может быть только один аспект, аспект, характеризующий этим определением. Во-вторых, в той редакции определения термина *безопасность*, которая приведена в стандарте как отсутствие *опасности (риска)*, термин *безопасность* имеет только одно значение, а значит, только один

\* Рема — собственно содержание сообщения, то, что говорящий желает сообщить слушающему относительно темы [4].

аспект, определяемый отсутствием опасности. Других аспектов быть не может, потому что их просто нет. Можно многократно перечитать стандарт, но так и не найти никаких других аспектов *безопасности*, кроме одного — отсутствие *опасности*. Это видимо, связано с тем, что английское слово *aspect* также относится к категории "ложных друзей переводчика" [25] при переводе на русский язык. В русском языке слово *аспект* означает точку зрения, с которой рассматривается понятие [26]. Варианты перевода слова *aspect* с английского, говорящие о более широком диапазоне его значений, чем в русском, представлены в табл. 3.

Пустые окна правого столбца таблицы показывают, что в русском языке данный термин является более узко специальным. Это объясняет несоответствие некоторых английских значений со значениями слова в русском языке. "**Safety aspects**" в английском языке, видимо, имеет более широкую смысловую гамму. В русском переводе фраза "**Аспекты безопасности**" не совсем поддается пониманию в рамках стандарта ГОСТ Р 51898—2002 [24]. Сопоставим определенные рассматриваемого стандарта с английским словом.

**Безопасность** — отсутствие недопустимого риска.

**Safety** — freedom from unacceptable risk.

Эти две лексические конструкции релевантны в отношении дескрипторов двуязычного тезауруса, но не идентичны с точки зрения этимологической семантики тех же разноречивых терминов-аналогов. Полисемическая омонимия термина *safety* допускает помимо перевода *безопасность* ее терминологическую альтернативу в виде синонимической лексики *защищенность*. Кроме того, *отсутствие* на английский язык переводится как *absence*, а сочетание *freedom from* переводится на русский язык как *свобода, независимость от*. С учетом сказанного получается перевод, не совсем идентичный английскому первоисточнику:

**Защищенность** — независимость (свобода) от недопустимого риска.

Игнорирование перечисленных выше нюансов приводит к совершенно непонятному тезису, изложенному во втором абзаце пункта 5.1 части 5 *Концепция безопасности* рассматриваемого стандарта [24]:

"Не может быть абсолютной безопасности"?

Совершенно нелепое выражение. Так и хочется сказать, что такая абсурдистская концепция, заложенная в этом выражении, рождает аляристическую ситуацию вокруг атрибутивной дефиниции русского понятия. В русском языке *безопасность* — это всего лишь факт отсутствия опасности

Таблица 3

АСПЕКТ перевод на русский язык	АСПЕКТ русское значение слова
1. Вид (внешний), внешность	
2. Направление, вид. сторона (куда выходят окна дома и т. п.)	
3. Сторона (вопроса, проблемы); свойство	2. Данный аспект развития языка в лингвистике почти не изучался. This aspect of the development of language has scarcely been touched upon in linguistics
4. Подход, точка зрения	1. point of view, viewpoint, standpoint; представить что-либо в новом аспекте [свете] to present smth. in a new aspect [light]
5. Вид грам.	



и больше ничего. *Безопасность* может быть только абсолютная, а если *безопасность* не абсолютная, значит *безопасность* — не безопасность, а ерунда! Снова обратившись к определению пункта 3.1 стандарта [24] с меркой "не может быть абсолютной безопасности", получаем продолжение этой мысли в форме "не может быть абсолютного отсутствия", потому что "безопасность есть **отсутствие** недопустимой опасности" или "безопасность есть **наличие** допустимой опасности". Отсюда вывод: не может быть абсолютного "отсутствия—наличия". Или в продолжении той же мысли, "отсутствие есть наличие". Налицо прямое нарушение антонимической пары, противопоставляемых друг другу слов [3] НАЛИЧИЕ—ОТСУТСТВИЕ:

**Наличие** — присутствие, существование.

**Отсутствие** — нахождение какого-либо лица в каком-либо месте в данный момент; состояние, положение, когда нет в наличии, не имеется кого-либо, чего-либо.

Что же в таком случае "не может быть абсолютной"? Что декларируется на английском языке как: "There can be absolute safety"? Это" может быть только *safety-защищенность*, которая действительно не может быть абсолютной, поскольку на любую защиту всегда найдется опасность, делающая *защищенность* недостаточной, неэффективной, несостоятельной, бессмысленной и т. д., а на любой *сейф* найдется высококвалифицированный специалист-медвежатник "золотые руки".

Таким образом, в результате знакомства с определением термина *безопасность* в ГОСТ Р 51898—2002 [24], авторам пришлось столкнуться с целым рядом недоразумений, приводящих к нарушению следующих антонимических словесных пар, которые уже начинают тиражироваться в некоторых источниках.

Безопасность — это опасность [16].

Качество — это количество [16].

Объект — это субъект [27].

Наличие есть отсутствие.

Авторы статьи далеки от мысли подвергать сомнению и тем более критиковать нормативные документы, утвержденные в установленном порядке. Единственной целью является попытка разобраться с семантическими трудностями только одного основополагающего термина *безопасность*. Прошлый год был объявлен годом русского языка, и авторы статьи не могли остаться в стороне от этого мероприятия, не откликнуться на это событие своей публикацией. Когда еще представится возможность высказать собственное мнение по поводу весьма вольного обращения с русским языком? Более чем интенсивная процедура гармонизации стандартов, вызванная необходимостью вхождения России в ВТО, начинает плавно переходить в этап гармонизации русского языка, а значит, гармонизации нашего собственного мышления, сознания и соответственно логики поступков.

Если же говорить конкретно о нормативном документе ГОСТ Р 51898—2002 [24], то хочется отметить, что определенный в нем термин *безопасность*, помимо всего прочего, имеет ярко выраженный контекстуальный характер. Фактически в этом стандарте с претензией на внеконтекстность представлена краткая форма термина, который с учетом информации из первой части стандарта в полном виде читается следующим образом: "**Безопасность людей или имущества, или окружающей среды**: отсутствие недопустимого риска, возникающего при использовании про-

дукции, процессов или услуг". Такая редакция, туманная с точки зрения русского языка и не могущая претендовать на всеобщность термина *безопасность*, все же позволяет гораздо спокойнее смотреть на ее лексикологическую композицию в очень узких понятийно-смысловых границах конкретного нормативного документа.

Подводя итог второй части статьи, авторы хотели бы подчеркнуть следующую мысль. Определение безопасности как *отсутствие недопустимого (наличие допустимого) риска* является очень хорошим, своевременным, актуальным, современным, нужным, интересным, необходимым, очевидным, понятным, ожидаемым и востребованным. Единственным его недостатком является то, оно не имеет никакого отношения к термину *безопасность*. Нельзя искусственно, даже в рамках гармонизации, придать слову значение, противоположное тому, которое оно уже имеет в языковой норме. Норма: *Безопасность* — это отсутствие опасности. Определение, искусственно навязанное термину: *Безопасность* — это наличие опасности (*риска*). И что удивительно, данное определение может прекрасно быть использовано для раскрытия значения любого из приведенных слов синонимического ряда: уверенность, надежность, гарантированность, устойчивость, защищенность, верность, огражденность, прочность, сохранность, охранность, секьюрность, сейфность.

Два последних термина авторы упомянули на тот случай, если в русском языке не достанет собственных слов и придется образовывать новые слова на базе иностранных в рамках неминусового процесса гармонизации. По крайней мере, уже широко используется термин *секьюрность* (см., например, Интернет).

Авторы статьи считают целесообразным рассмотреть вопрос о введении новых слов в систему основополагающих стандартизованных терминов, которые не противоречили бы элементарным нормам русского языка, с одной стороны, и в то же время были бы абсолютно релевантны зарубежным первоисточникам. Тогда нужно определение хорошо бы смотрелось в следующем виде. "Сейфность (секьюрность) — это отсутствие недопустимого (наличие допустимого) риска". Интересно, что в немецком языке есть слово *безопасность*, морфологически связанное со словом *опасность* через отрицание. Это слово *Gefährlosigkeit*. Но немцы предпочли в стандарте дать слово *Sicherheit*, которое в русском переводе, помимо безопасности, имеет синонимический ряд из слов: уверенность, надежность, устойчивость, прочность. Немцы избавили себя от нелепой формулировки: "*Gefährlosigkeit ist Gefahr*". Авторы данной статьи предпочитают вместо некорректного определения слова *безопасность* более "русский" вариант: "сейфность (секьюрность) это отсутствие недопустимого (наличие допустимого) риска".

### 3. Генезис

Для авторов статьи термин *безопасность*, о котором они так долго говорили, представляет интерес в первую очередь в связи с терминологическим словосочетанием *Безопасность жизнедеятельности* (БЖД) являющимся названием новой дисциплины, по-английски *Life Protection* (еще одно слово безопасность, как защита). Определение науки о безопасности жизнедеятельности человека в среде обитания дано в материалах [21, 22]. Теперь авторы статьи могут сказать, что последний словесный элемент, создававший терминологическую некомплектность вокруг термина *безо-*

пасность жизнедеятельности, обрел свое определение. Конечно, терминология БЖД, как основополагающая, еще будет уточняться, шлифоваться, видоизменяться, но в первом приближении на данном этапе развития центральное ядро терминов, составляющих законченный комплекс, может быть представлено следующим набором.

**Безопасность жизнедеятельности** — раздел ноксологии, изучающий опасности техносферы, а также условия и средства реализации комфортного и допустимого взаимодействия человека с техносферой. Кратко это можно сформулировать следующим образом: "БЖД — наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой".

**Безопасность** — 1) отсутствие опасности; 2) краткая форма термина *Безопасность жизнедеятельности*.

**Опасность** — негативное свойство среды обитания, приводящее человека к потере здоровья или к гибели.

**Жизнедеятельность** — повседневная деятельность и отдых, способ существования человека.

**Ноксология** — наука об опасностях вселенной.

**Техносфера** — среда обитания, возникающая с помощью прямого или косвенного воздействия людей и технических средств на природную среду с целью наилучшего соответствия среды социально-экономическим потребностям человека.

Интерес к безопасности все более и более повышается. В публикации [28] выдвигается идея о необходимости создания интегрирующего научного направления в сфере безопасности, которому, помимо названия *безопасностьведение*, на выбор предлагается еще двадцать наименований.

Что может являться предметом безопасностьведения? Только одно — **ОТСУТСТВИЕ**, и больше ничего. Ведь безопасность это отсутствие опасности.

В чем же позитивность идеи "безопасностьведения"? Это трудновыводимое и совсем непонимаемое слово заставляет нас невольно задать вопрос: "А может ли вообще быть ситуация, которую хотя бы субъективно, абстрактно можно было бы охарактеризовать как абсолютно безопасную?". **МОЖЕТ!** А точнее, уже была, всем известна и хорошо описана. Это сфера, в которой протекала жизнь первочеловека, Адама в раю, в кушах Эдема. Это парадизосфера (Парадиз (гр. paradeisos сад, рай) — рай). Жизнедеятельность человека именно в парадизосфере характеризуется полной и абсолютной безопасностью (конечно, с гносеологической точки зрения, а не с семасиологической). События, происходившие там, хорошо известны представителям, исповедующим вероучения ведущих религиозных конфессий мира: иудаизма, христианства (православного и католического) и ислама. Описывают эти события главные священные книги этих религий, в которых описывается сюжет всем известный как предистория первородного греха. Авторы статьи интересуют в нем один эпизод, а именно заповедь Создателя первочеловека своему созданию, Адаму. Непонятно, как ученые-"безопасники" до сих пор не уз-

<p>וַיִּצְוֶה יְהוָה אֱלֹהִים עַל-אָדָם לֵאמֹר מִכָּל-פְּרִי-עֵץ הַגָּן אָכַל תֵּאָכְל׃ וּמִעֵץ הַדְּעִיַת טוֹב וָרָע לֹא-תֹאכַל מִיּוֹמָיוֹ כִּי יוֹמֵם אֲכָלְךָ מִיּוֹמָיוֹ מוֹת תָּמוּת׃</p>	<p>/16/ И ЗАПОВЕДАЛ БОГ ВСЕСИЛЬНЫЙ ЧЕЛОВЕКУ, СКАЗАВ: "ОТ ВСЯКОГО ДЕРЕВА САДА МОЖЕШЬ ЕСТЬ. /17/ ОТ ДЕРЕВА ЖЕ ПОЗНАНИЯ ДОБРА И ЗЛА, ОТ НЕГО НЕ ЕШЬ, ИБО КАК ТОЛЬКО ВКУСИШЬ ОТ НЕГО, ДОЛЖЕН ТЫ УМЕРЕТЬ".</p>
<p>БЖД   И ЗАПОВЕДА ГДЪ БГЪ АДМЪ, ГЛАГОЛА: Ѡ ВСАКАЮ ДРЕВА, ѢЖЕ ВЪ РАЮ, ѢИ ЕШЕДНО ЕШЕТИ: Ѡ ДРЕВА ЖЕ, ѢЖЕ РАЗД- АЧЕТИ ДОБРОЕ И АДВАНОЕ, НЕ ЕШЕТЕ Ѡ НЕГЮ: (В) А ВОНЬЖЕ АЦЕ ДЕНЬ ЕШЕТЕ Ѡ НЕГЮ, СМЕРГЮ ОУМРЕТЕ.</p>	<p>16 И заповедал Господь Бог человеку, говоря: от всякого дерева в саду ты будешь есть<sup>17</sup>, а от дерева познания добра и зла не ешь от него, ибо в день, в который ты вкусишь от него, смертью умрешь.</p>
<p>16. Und Gott der Herr gebot dem Menschen, und sprach: Du sollst essen von allerlei Bäumen im Garten; 17. Aber von dem Baum des Erkenntniß Gutes und Böses sollst du nicht essen: denn welches Tages du davon issest, wirst du des Todes sterben.</p>	<p>16. Præcepitque ei dicens: Ex omni lingo paradise comede: 17. de lingo autem scientiæ boni et mali ne comēdas; in quocumquo enim die comederis ex eo, morte morieris.</p>
<p>وَقُلْنَا يَا آدَمُ اسْكُنْ أَنْتَ وَزَوْجُكَ الْجَنَّةَ وَكُلَا مِنْهَا رَغَدًا حَيْثُ شِئْتُمَا وَلَا تَقْرَبَا هَذِهِ الشَّجَرَةَ فَتَكُونَا مِنَ الظَّالِمِينَ</p>	<p>33 (35). И Мы сказали: «О Адам!» Поселись ты и твоя жена в раю и питайтесь оттуда на удовольствие, где пожелаете, но не приближайтесь к этому дереву, чтобы не оказаться из неправедных».</p>

нали в этой заповеди первого документа по Безопасности жизнедеятельности. Этот документ идеален по своему построению, структуре и лаконичности. В нем есть все, что гарантирует полную безопасность жизнедеятельности человека, В нем сказано, что первочеловек **МОЖЕТ** делать, чего ему делать **НЕЛЬЗЯ** и какими **ПОСЛЕДСТВИЯМИ** чревато несоблюдение данного завета. Экуменическая\* значимость редакции этого вербального текста столь замечательна, что не может не быть приведена как в оригинале, так и в параллельном переводе, поскольку завораживающая вязь иврита, кириллицы, готики и арабской письменности производит на нас не только энигматическое, но и мистическое воздействие (табл. 4). А люди, имеющие отношение к Бауманскому университету, увидят в готическом тексте еще и прямую реминисценцию с Альма-матер.

Дальнейшие события библейского сюжета развивались, как известно, следующим образом. Ева, соблазненная голосом змея-обольстителя, который она приняла за собственный внутренний голос, съела запретный плод с дерева познания добра и зла и очень настойчиво предложила попробовать Адаму, который, несмотря на запрет, не смог

\* ЭКУМЕНИЗМ, ЭКУМЕНИЧЕСКОЕ движение — зародившееся в конце XIX века движение христианских, главным образом протестантских, церквей, ставящее целью создание всемирного ("вселенского") объединения церквей. В настоящее время к движению примкнули англиканские, старокаатолические и православные церкви; экуменизм стремится к усилению роли церкви в политической жизни общества, особенно в странах Азии, Африки и Латинской Америки.



возразить жене и попробовал. Но нельзя нарушать правила безопасности жизнедеятельности!

Слишком поздно понял это Адам. И хотя Создатель отнесся к поступку Адама достаточно лояльно, не лишил его жизни, наказание все равно оказалось достаточно тяжким. Адам и Ева были высланы из сада Эдемского, с перспективой нелегкой жизни впереди.

Из парадизосферы Адам и Ева сразу попадают в ноксосферу. Теперь можно с уверенностью сказать, что первоначальный грех есть пограничная ситуация между парадизосферой и ноксосферой, имеющая вполне определенное место и время действия и являющаяся собой момент рождения самой первой науки, которую жизнь преподала первым людям. Видимо, именно в отношении Адама великий русский поэт сказал: "Его пример другим наука". И эта наука — "Безопасность жизнедеятельности".

Среди преподавателей МГТУ ходит притча, основанная на реальном факте, свидетели которого рассказывают, что на одном из научных заседаний было выдвинуто предположение о возникновении (генезисе) науки "Безопасность жизнедеятельности". Была высказана мысль, что БЖД начинается с момента, когда первый человек взял в руки камень, как орудие труда. Идея реминисцирует с работой Энгельса "Роль труда в процессе превращения обезьяны в человека", которая легла в основу марксистско-ленинской теории происхождения человека. К сожалению, у нас нет никаких письменных или иных наглядных свидетельств этого факта. Зато есть реальный письменный документ, о котором речь шла выше, свидетельствующий о первом нарушении человеком инструкции по безопасности жизнедеятельности.

В вопросе генезиса БЖД авторы статьи сознательно придерживаются концепции креационизма\*, чтобы тем самым поставить точку в бессмысленной гонке по отысканию первоследов происхождения науки "Безопасность жизнедеятельности". Авторы статьи считают, что вопрос генезиса и первенства БЖД среди всех существующих наук раскрыт ими достаточно убедительно и больше не нуждается в каких-либо других доказательствах.

Однажды в частной беседе один из преподавателей посетовал: "Что может являться конечным практическим продуктом БЖД для рядового, обычного, простого человека? Чем же должны заканчиваться научно-технические исследования в области безопасности жизнедеятельности?". Ответ тривиальный — любым документом, определяющим специфические поведенческие рамки жизнедеятельности человека, в границах которых обеспечивается и гарантируется его безопасность.

Полная версия статьи, данная в журнале с небольшими сокращениями, размещена на сайте кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана WWW.MHTS.RU. Рубрика: Библиотека. Статьи.

#### Список литературы

1. **Тихонов А. Н.** Словообразовательный словарь русского языка: В 2 т. Т. 1: Более 145 000 слов. 3-е изд., испр. и доп. — М.: ООО "Издательство Астрель": ООО "Издательство АСТ", 2003. — 860 с.

\* КРЕАЦИОНИЗМ — идеалистическое направление в биологии, признающее возникновение мира, Земли, жизни, человека результатом "божественного творения", отрицающее изменение видов в их историческом развитии.

2. **Ожегов С. И.** Словарь русского языка: Ок. 57 000 слов / Под ред. Н. Ю. Шведовой. — 14-е изд., стереотип. — М.: Рус. яз., 1983. — 816 с.
3. **Колесников Н. П.** Словарь антонимов русского языка / Под ред. Н. М. Шанского. — Тбилиси: Издательство Тбилисского университета, 1972. — 314 с.
4. **Александрова З. Е.** Словарь синонимов русского языка: Ок. 9000 синонимических рядов / Под ред. Л. А. Чешко. — 5-е изд., стереотип. — М.: Рус. яз., 1986. — 600 с.
5. **Большой академический словарь русского языка.** Том 1. А — Бишь. — Москва—Санкт-Петербург: Наука, 2004.
6. **Даль В. И.** Толковый словарь живого великорусского языка (электронная версия).
7. **Словарь современного русского литературного языка / В 17 томах.** — Москва—Ленинград: Издательство Академии Наук СССР, 1948—1965 г.
8. **Большой англо-русский словарь:** В 2 т. Ок. 150 000 слов. / Сост. Н. Н. Амосова, Ю. Д. Апресян, И. Р. Гальперин и др. Под общ. рук. И. Р. Гальперина. — 3-е изд., стереотип. — М.: Рус. яз., 1979. Т. 2. М-З. — 864 с.
9. **Федеральный Закон РФ "О безопасности"** от 5 марта 1992 г.
10. **Федеральный Закон РФ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"** (с изменениями на 10 января 2003 года).
11. **ГОСТ 12.3.047—98** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
12. **Безопасность России.** Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты: Словарь терминов и определений. 2-е изд., доп. — М.: МГФ "Знание", 1999. — 368 с.
13. **Англо-русский словарь /** Под ред. О. С. Ахмановой. М.: Государственное издательство иностранных и национальных словарей, 1963. — 592 с.
14. **Словарь русского языка:** В 4 т. / АН СССР, Ин-т рус. яз.; Под ред. А. П. Евгеньевой. 2-е изд., испр. и доп. — М.: Русский язык, 1981—1984. Т. 2. К-О. 1982. 736 с.
15. **Лингвистический энциклопедический словарь /** Гл. ред. В. Н. Ярцева, — М.: Сов. энциклопедия, 1990. — 685 с: ил.
16. **Давиденко В. А., Давиденко Р. В., Русак О. Н.** Основы безопасности: Конспект лекций. — СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2005. — 259 с.
17. **Англо-русский синонимический словарь /** Ю. Д. Апресян, В. В. Ботякова, Т. Э. Латышева и др.: Под рук. А. И. Розенмана и Ю. Д. Апресяна. — М.: Рус. яз. 1988. — 544 с.
18. **Безопасность деятельности: Энциклопедический словарь /** Под ред. О. Н. Русака. — СПб.: Информационно-издательское агентство "ЛИК", 2003. — 504 с.
19. **ГОСТ Р 12.0.006—2002** Общие требования к управлению охраной труда в организации.
20. **ГОСТ Р 12.3.047—98** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
21. **Белов С. В.** Принципы, понятия и термины науки о безопасности жизнедеятельности человека в среде обитания // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 1. — С. 51—53.
22. **Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов /** С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С. В. Белова. 6-е изд., испр. и доп. — М: Высш. шк., 2006. — 616 с.
23. **ГОСТ Р 1.0—92** Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения.
24. **Р 51898—2002** Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты.
25. **Англо-русский и русско-английский словарь "ложных друзей переводчика".** Составители: В. В. Акуленко, С. Ю. Комиссарчик, Р. В. Погорелова, В. Л. Юхт / Под общим руководством доцента В. В. Акуленко. М.: Советская энциклопедия, 1969. — 384 с.
26. **Словарь иностранных слов /** Под ред. И. В. Лехина, С. М. Локшиной, Ф. Н. Петровой (главный редактор) и Л. С. Шаумяна. Изд. 60-е, перераб. и доп. М.: Советская энциклопедия, 1964. — 784 с.
27. **РД 09-255—99;** СП 11-107—98 // Шалаев В. К. Терминологический словарь по промышленной безопасности. — М.: ФГУП "НТЦ Госгортехнадзора России", 2004. — С. 158.
28. **Богуславский Е. И.** Безопасностьведение — основные понятия и определения / Безопасность, экология, энергосбережение: Материалы научно-практического семинара (Гизель—Дере, 2000 г.). Вып. 2. — Ростов-на-Дону: Рост. Гос. строит. ун-т, 2000. — 264 с.

Я. Г. Готлиб, канд. техн. наук, доц., С. Г. Смирнов, канд. техн. наук, доц.,  
МГТУ им. Баумана

## Всероссийская студенческая олимпиада по техносферной безопасности 2007 года

*Изложены результаты проведения Всесоюзной студенческой олимпиады по техносферной безопасности в 2007 г.*

В соответствии с приказом Федерального агентства по образованию от 14.02.2007 № 326 "Об организации и проведении Всероссийской студенческой олимпиады в 2007 году" в Московском государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана с 31 октября по 2 ноября 2007 г. уже во второй раз проводился III тур Всероссийской студенческой олимпиады по техносферной безопасности по специальности 280101 "БЖД в техносфере".

Организация Олимпиады, впервые опробованная в 2006 г., была повторена и на этот раз. Жюри в составе 16 человек было образовано из четырех сотрудников кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана, на базе которой проводилась Олимпиада, и 12 руководителей команд-участников. При этом, по Положению об Олимпиаде, члены жюри, представлявшие команды, не принимали участие в оценке работ и выступлениях участников и команд своего вуза.

Олимпиаде приняли участие 14 вузов из девяти городов Российской Федерации (шесть команд из Москвы и по одной — из г. Санкт-Петербурга, Курска, Калуги, Иванова, Белгорода, Уфы Нижнего Новгорода, Тулы). Каждый вуз прислал команду студентов в составе от 3 до 5 человек и руководителя команды. Общее число студентов, принявших участие в III туре Всероссийской студенческой олимпиады по техносферной безопасности, составило 45 человек. Олимпиада проводилась как в личном, так и в командном зачете.

Каждая команда вуза в день заезда и регистрации 31 октября получила инженерное задание из категории квалификационных требований "Должен уметь" по специальности 280101 "БЖД в техносфере". Участникам было предложено на выбор 20 заданий.

Командное задание предусматривало подготовку инженерных решений задач по разработке комплекса мероприятий по охране труда и защите окружающей среды для конкретных производств, характеризующихся определенными параметрами вредных факторов. Командное задание выполнялось в течение второй половины дня 31 октября, для чего участникам были предоставлены справочники, техническая литература, нормативные документы и информация из Интернета (в компьютерной аудитории кафедры "Экологии и промышленной безопасности" МГТУ им. Н. Э. Баумана).

Официальное открытие Олимпиады состоялось 1 ноября. Открывая Олимпиаду, руководитель Научно-учебного комплекса "Энергомашиностроение" МГТУ им. Н. Э. Баумана, председатель оргкомитета Олимпиады И. Г. Суровцев тепло приветствовал участников и пожелал им успехов. Затем заместитель председателя оргкомитета, заместитель заведующего кафедрой "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана С. Г. Смирнов рассказал об организации и проведении конкурсов.

После открытия Олимпиады каждый участник получил лист с указанием его фамилии и вуза и индивидуальным заданием № 1, которое представляло собой четыре вопроса по основным терминам и понятиям техносферной безопасности. Вопросы выбирались компьютером случайным образом из перечня, содержащего 100 понятий, соответствующих категории квалификационных требований "Должен знать" по специальности 280101 "БЖД в техносфере".

Индивидуальное задание № 1 каждый участник выполнял в аудитории письменно на выданном ему листе в течение 1,5 ч под контролем членов жюри.

Жюри проверило индивидуальные письменные задания № 1. Проверка каждого задания осуществлялась двумя членами жюри, не являющимися руководителями студента. Оценка индивидуального письменного задания проводится по балльной шкале:

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

При ответе на все четыре вопроса максимальная сумма баллов — 12. Для более объективного выявления победителя в индивидуальных соревнованиях 13 студентам, набравшим по заданию № 1 максимальное количество баллов (от 7 до 12), было предложено участие во втором этапе. На этом этапе каждому его участнику был предложен одинаковое для всех письменное задание № 2, содержащее шесть вопросов, для ответов на которые отводился один академический час (45 мин).

Это задание требовало творческих решений и выполнялось на листах анонимно под девизом. Проверка ответов на каждый вопрос проводилась коллективно всеми членами жюри, специалистами в области техносферной безопасности. За каждый вопрос задания № 2 жюри на основе консенсуса всех членов выставляло баллы по схеме, принятой для оценки задания № 1.

Командное задание защищалось перед жюри во второй половине дня 1 ноября. Командные соревнования оценивали только члены жюри, являющиеся руководителями команд. Результаты собственной команды ее руководитель не оценивал.

Каждое выступление команды оценивалось по трехбалльной шкале в зависимости от:

- глубины проработки и оригинальности предложенного решения;
- умению аргументированно защищать свою позицию;
- содержательности ответов на вопросы;
- формы представления и подачи материала.

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

Особый интерес среди участников вызвало предложенное для командных соревнований "домашнее задание" по разработке технических решений по выполнению требова-



ний Санитарных правил и норм СанПиН 1.2.2/2.4.1340—03 по организации работ с ПЭВМ в помещении компьютерной аудитории кафедры "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана, где работали команды-участники, и плана реконструкции этого помещения с целью совершенствованию условий труда в нем.

Две команды (МАТИ и Тульский государственный университет) выполнили независимые разработки поставленной задачи на уровне, который позволит кафедре "Экологии и промышленной безопасности" МГТУ им. Н. Э. Баумана практически реализовать сделанные предложения.

По результатам оценки выполнения индивидуальных заданий № 1 и № 2 единогласным решением членов жюри были определены победители Олимпиады:

1-е место — Малявиева Р. Р. (Уфимский государственный авиационный технический университет), получившая за два индивидуальных задания 21 балл;

2-е место — Козлов Д. Ю. (Государственный технологический университет "Московский институт стали и сплавов" (МИСиС)) — 19,5 балла;

3-е место — Новожилова О. В. (Нижегородский государственный технический университет) — 19 баллов.

По результатам выполнения, защиты и выставленным баллам за командные задания единогласным решением членов жюри были определены команды — победительницы Олимпиады:

1-е место — Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (средний балл — 2,35);

2-е место — Курский государственный технический университет (средний балл — 2,083);

3-е место — Государственный технологический университет "Московский институт стали и сплавов" (МИСиС) (средний балл — 2,017);

— Уфимский государственный авиационный технический университет (средний балл — 1,917).

Наряду с выполнением конкурсных заданий руководители команд, являющиеся ведущими специалистами в области техносферной безопасности, могли ознакомиться с работой кафедры-организатора МГТУ им. Н. Э. Баумана, обменяться мнениями и поделиться собственным опытом.

Закрытие Олимпиады состоялось 2 ноября.

Председатель оргкомитета Олимпиады И. Г. Суровцев поздравил участников с успешным проведением Олимпиады и пожелал всем успехов в овладении чрезвычайно важной для страны профессией.

Заместитель заведующего кафедрой "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана С. Г. Смирнов подвел итоги Олимпиады, назвал победителей, дал положительную оценку состоянию преподавания дисциплин по техносферной безопасности в вузах, участвовавших в Олимпиаде. С особым удовлетворением было отмечено повышение уровня представления командных заданий по сравнению с предыдущей Олимпиадой—2006.

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

Победители в личном и командном зачетах были награждены дипломами Федерального агентства по образованию, им были вручены памятные подарки.

Все соревновавшиеся студенты получили свидетельства участников и сувениры, а в адрес вузов, участвовавших в Олимпиаде, были направлены благодарственные письма от ректората МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Предлагаем обсудить проведение в следующем году Олимпиады по техносферной безопасности в несколько измененном виде. Задание для командных соревнований целесообразно выдавать за две недели до начала олимпиады, чтобы оно выполнялось как "домашнее задание". Тогда в первый день заезда участников, в послеобеденное время можно было бы провести учебно-семинар, где преподаватели — руководители команд смогут провести мини-лекции для всех участников по специальной тематике. Например, могут быть обсуждены обновленные требования Правил устройства электроустановок (ПУЭ) и других нормативных документов, тонкости проблем защиты от шума и вибрации, характеристики пожарной и взрывной безопасности и т. п. Эти вопросы, как показали результаты индивидуальных соревнований по заданию № 2 и обмен мнениями руководителей команд, неоднозначно трактуются в разных вузах.

Благодарим "Фонд поддержки и развития образования" (председатель попечительского Совета А. В. Федотов, Генеральный директор В. П. Дмитренко) за материальную помощь, оказанную в 2007 г. для проведения Всероссийской студенческой олимпиады по техносферной безопасности, что позволило расширить организационные возможности и увеличить поощрение участников.

## 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, Строминский пер., 4

Телефон редакции журнала (495) 269-5397, тел./факс (495) 269-5510, e-mail: [bjd@novtex.ru](mailto:bjd@novtex.ru), <http://novtex.ru/bjd>

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

Технический редактор Е. В. Конова. Корректор О. А. Шаполвалова.

Сдано в набор 12.12.07. Подписано в печать 22.01.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,84. Уч.-изд. л. 9,19. Заказ 76.

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.