



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

5(89)
2008

Редакционный совет:

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

И. о. главного редактора
ПРУСЕНКО Б. Е.

Зам. главного редактора
ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь
ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

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

СОДЕРЖАНИЕ

Русак О. Н., Аполлонский С. М., Малаян К. Р. Общественная организация —
Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности 2

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Шлыков В. Н. Риск как показатель производственного травматизма 8
Ласкавнев В. П. О совершенствовании государственного управления охраной труда
в Республике Беларусь 15
Воскресенский В. Е. Создание рециркуляционного фильтра для очистки воздуха
от древесной шлифовальной пыли и обеспечение режимов его работы 17
Суханова И. И., Полушкин В. И., Ситников Э. А. Пневматическая пылеуборка
в промышленных производствах 23

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Хоробрых Э. В., Патеева З. Г. О методах эколого-экономической оценки нарушения
экологического равновесия в результате аварий и катастроф 28
Борисов Е. К., Лысак Л. Г., Усов А. Г. Обеспечение безопасности малоэтажных зданий
при динамических воздействиях 33
Золотарев Г. М. Технология сбора, транспортировки и переработки бытовых отходов 38
Дайнеко Ф. А. Очистка сточных вод в условиях г. Москвы 42
Фогельман Е. М. Сжигание мокрых углеродсодержащих отходов в кипящем слое
с целью выработки тепловой и электрической энергии 45

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Беккер А. Т., Агошков А. И., Лушпей В. П., Гутник А. Н. Вероятностный метод
оценки воздействия ледовых нагрузок на сооружения нефтегазоотгрузочных комплексов
на острове Сахалин 49
Емельянов А. П. Проблемы пожарной безопасности в деятельности Латвийского отделения
МАНЭБ 52
Мастрюков Б. С. Оценка уязвимости образовательных учреждений России в техногенных
и природных чрезвычайных ситуациях 56
Сахаров В. А., Мелкий В. А., Никонова Е. В. Оценка степени опасности возникновения
неблагоприятной санитарно-эпидемиологической ситуации в водоносных горизонтах
территории 61

Приложение. Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Безопасность жизнедеятельности. Терминология:
Словарь-путеводитель. Часть III. Термины и определения БЧС. Выпуск 2. М—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".



О. Н. Русак, президент МАНЭБ, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,
С. М. Аполлонский, вице-президент МАНЭБ, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,
К. Р. Малаян, вице-президент МАНЭБ, академик МАНЭБ, канд. техн. наук, проф.

Общественная организация — Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности

Историческая справка

В конце 1980-х годов в среде советских специалистов, работавших на производстве, а также среди вузовских преподавателей охраны труда ошутимо нарастали критические настроения, в основе которых была неудовлетворенность состоянием безопасности труда в стране. Профсоюзы в лице ВЦСПС, выполнявшие в то время одновременно государственные и общественные функции в вопросах охраны труда, вели интенсивную работу, направленную на изменение сложившегося положения. ВЦСПС организовал активную поддержку инициативы производственников. Вспомним почин бригады Басова ("работать высокопроизводительно, без травм и аварий"), белокалитвенский метод охраны труда (коэффициент безопасности), систему управления охраной труда саратовского объединения "Нитрон" по 100 %-ному соблюдению правил и норм безопасности. Активную роль по созданию целостной системы управления охраной труда вел в то время Львовский облсовпроф. Идеологом там был проф. Г. Г. Гогиташвили.

В 1980 г. вышло разработанное ВЦСПС и Госстандартом СССР Положение об управлении охраной труда, которое не потеряло своего значения до сих пор.

Несмотря на внешнюю активность, положение с безопасностью вообще и охраной труда в частности было неудовлетворительным. Вот некоторые статистические данные тех лет.

Только от несчастных случаев, отравлений и травм среди трудоспособного населения нашей страны погибли 250 тыс. человек ("Правда", 4.10.90). В пересчете на все население последняя цифра существенно увеличивается. Всего травмируется по стране около 19 млн человек. На производстве ежегодно погибает около 15 000 человек, а травмируется примерно 670 тыс. человек.

Несложные расчеты показывают, что риск гибели человека вне производства на порядок выше, чем на производстве. И это объяснимо. На производстве есть пусть и несовершенная система защиты человека. Есть и подготовка специалистов в вузах по охране труда.

Продолжался рост аварий. Чернобыльская катастрофа заставила искать новые решения. В 1989 г. создана Государственная комиссия СМ СССР по чрезвычайным ситуациям. Ее возглавил зам. председателя СМ СССР Догужиев В. Х. На утверждении в должности он сказал, что в 1988 г. в стране произошло 790 крупных аварий, 1 млн случаев группового травматизма.

Обстановка тех лет была не очень благоприятна для критического анализа. Однако на различных конференциях и семинарах, особенно с участием преподавателей вузов, все чаще обращалось внимание на неудовлетворительное качество преподавания охраны труда.

Преподавание охраны труда в вузах не соответствовало требованиям времени. Действительно, объем часов (28 лекционных и 14 лабораторных) не позволял дать достаточную информационную базу по вопросам безопасности. В этих условиях изложение материала вынужденно носило частный, рецептурный и бессистемный характер. Сегодня поговорим о борьбе с шумом, завтра — про освещение, затем — об электробезопасности и т. д. При таком понимании курса изложение превращается в бесконечно длинные репродуктивные повествования об опасностях, теряется представление о целостности предмета.

Осознание самоценности человеческой жизни обязывает изменить отношение общества к проблеме безопасности человека, подняться над ведомственными интересами, взяться за решение, прежде всего, общих проблем безопасности деятельности (а не только труда) человека. Общеизвестно, что нерешенность общих проблем препятствует решению частных.

Тем не менее согласованного понимания, единого плана действия не было. Но было интуитивное желание что-то менять. Для этого нужно было создать общественную организацию специалистов, свободную от диктата профсоюзов и других официальных структур.

В июне 1989 г. в Ленинграде была зарегистрирована общественная организация (возможно, первая в стране), которая получила название "Ленин-



градский союз специалистов по безопасности деятельности человека". Эта организация существует и по сей день. Интересно, что на заседании комиссии Ленсовета в Мариинском дворце (вел заседание В. Я. Ходырев) одному из авторов данной статьи был задан такой вопрос: "У нас есть профсоюзы. Зачем Вам еще какой-то союз?". Выручила секретарь комиссии Л. В. Хотченкова. Она прервала настороженное молчание и сказала, что в название нужно добавить слово "человека" и организационно зарегистрировать. На том и порешили. Одним из учредителей Союза был Леноблсовпроф.

В 1990 г. в Москве в недрах ВЦСПС была зарегистрирована Всесоюзная ассоциация специалистов по охране труда — ВАСОТ. Сейчас функционирует общественная организация АСОТ (президент В. И. Медведев). Профсоюзные деятели не поняли идею ленинградцев — перейти от охраны труда к безопасности жизнедеятельности (БЖД). Однако вузовские активисты вели активную работу по изменению системы преподавания охраны труда. В Москве их возглавлял проф. С. В. Белов. Активно работали с ним проф. В. Л. Лапин, П. П. Кукин.

В Ленинграде в этом же направлении активно работали проф. В. И. Барабаш, И. И. Медведев, Н. А. Короткова, В. И. Кузьмин, авторы настоящей статьи и др. Коллективным итогом работы стал Приказ Государственного Комитета СССР по народному образованию от 09.07.90 № 473 "О первоочередных мерах по перестройке образования по вопросам охраны труда и гражданской обороны".

В начале 1990-х годов Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека провел примерно 10 семинаров, конференций и других мероприятий по реализации названного приказа.

Осенью 1992 г. на базе Союза специалистов был создан Фонд изучения и предупреждения чрезвычайных ситуаций, который возглавила проф. Н. А. Короткова. Активное участие в его создании приняли проф. В. И. Барабаш, И. И. Медведев, В. С. Шкрабак и др. Фонд и сейчас активно работает в Санкт-Петербурге.

В это же время родилось предложение по созданию более широкой общественной организации, которая объединила бы не только специалистов производства, но и всех лиц, занимающихся широким спектром вопросов безопасности. Так родилась МАНЭБ — Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, которая была учреждена в июне 1993 года и зарегистрирована в Министерстве юстиции РФ. Символично, что учредительный съезд состоялся в стенах крупнейшего лесного вуза мира — Санкт-Петербур-

бургской государственной лесотехнической академии им С. М. Кирова, отметившей в 2003 г. свое 200-летие. Учредителями МАНЭБ стали Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека и Белорусская ассоциация по чрезвычайным ситуациям "Лава". Основными участниками учреждения МАНЭБ были М. П. Васильчук, Н. А. Короткова, И. И. Медведев, Э. В. Хоробрых, В. И. Барабаш, Л. А. Смирнов и один из авторов настоящей статьи, избранный президентом Академии.

Следует отметить, что примерно в начале 1990-х годов возник еще ряд различных общественных академий, занимающихся примерно теми же проблемами, что и МАНЭБ, а это, естественно, расплывает силы и средства.

Пользуясь случаем, подтвердим, что МАНЭБ по-прежнему не отказывается от собственного предложения о создании Союза общественных академий, занимающихся проблемами безопасности деятельности в широком современном смысле этого понятия.

Прогрессивность и плодотворность идеи объединения усилий научной общественности столь очевидна, что приходится удивляться столь сдержанно-неприятному отношению к ней некоторых представителей государственных научных учреждений. Наличие развитой сети общественных организаций различной ориентации является одним из основных признаков гражданского общества. Решение многих научных проблем, особенно социальной направленности, к которым относятся вопросы безопасности жизнедеятельности, зачастую невозможно без активного участия общественных организаций, что подтверждает мировая практика.

Отметим, что хотя в российском законодательстве подчеркнута роль общественности во всех сферах деятельности, однако на исполнительном уровне реализовать предоставленные законом права удается далеко не всегда.

Структура МАНЭБ

В основу организации МАНЭБ положен территориальный признак. Согласно Уставу Академии в заявительном порядке создаются национальные и региональные отделения МАНЭБ, которые могут быть зарегистрированы как юридические лица либо работать без регистрации. В настоящее время число отделений достигло 73 в регионах России, в странах СНГ и Балтии, в "дальнем" зарубежье.

Высшим органом МАНЭБ является общее собрание. Между собраниями работой Академии ру-



ководит Президиум, созываемый один раз в квартал. Оперативное руководство осуществляется Бюро Президиума. В состав Бюро входят Президент (Русак О. Н.), секретарь Президиума (Занько Н. Г.), вице-президенты (Аполлонский С. М., Кваша Б. Ф., Копырин А. А., Малаян К. Р.) и руководители секций, секретарь-референт (Шарикова М. В.).

Согласно Уставу в Академию принимаются на конкурсной основе индивидуальные и коллективные члены.

Для индивидуальных членов установлены следующие академические звания: член академии, член-корреспондент, действительный член (академик), почетный член. Отделениям предоставлено право конкурсного отбора с утверждением решения отделения на Президиуме МАНЭБ. Прошедшим конкурсный отбор Президиумом МАНЭБ выдается соответствующий диплом. Количество индивидуальных членов Академии превысило 4000 человек, коллективных — 83. Коллективными членами могут быть организации, заинтересованные в решении проблем безопасности. Прием коллективных членов осуществляется на основании письменного заявления.

Научная организация МАНЭБ

В основу научной организации Академии положены проблемные советы (ПС), каждый из которых представляет собой научный коллектив, работающий по вопросам, образующим некоторое единое научное пространство, область информации. Проблемные советы создаются по инициативе самих членов МАНЭБ в заявительном порядке и регистрируются протоколом заседания Президиума МАНЭБ. Они объединены в зависимости от научных интересов в три направления (секции): Экология и охрана окружающей среды (ООС); Безопасность жизнедеятельности (БЖД); Чрезвычайные ситуации (ЧС). По тематике работ проблемные советы могут относиться ко всем секциям, а также работать самостоятельно.

В настоящее время проблемные советы работают по следующим тематикам.

По секции Экология и ООС: 1. Биологические опасности. 2. Защита водных ресурсов. 3. Защита воздушной среды. 4. Информационная безопасность и духовная экология. 5. Радиоэкология. 6. Управление отходами. 7. Устойчивость экосистем. 8. Экологическая безопасность объектов энергетики. 9. Экологическое образование и воспитание молодежи. 10. Экология большого города. 11. Экология почв. 12. Электромагнитная совместимость технических средств и биообъектов.

По секции БЖД: 1. Безопасность аграрного комплекса. 2. Безопасность вывода из эксплуатации АПЛ-СЯУ. 3. Безопасность и здоровье детей. 4. Безопасность и качество потребительских услуг. 5. Безопасность ТЭК. 6. Безопасность транспортных систем. 7. Лекарственные растения и другие природные ресурсы в БЖД. 8. Медико-психологические проблемы безопасности жизнедеятельности. 9. Медицинские проблемы БЖД. 10. Охрана труда. 11. Педагогика БЖД высшей школы. 12. Пожарная безопасность. 13. Правовые вопросы БЖД. 14. Психологическая защита. 15. Страхование. 16. Эконология. 17. Экспертиза безопасности объектов техносферы. 18. Электробезопасность.

По секции ЧС: 1. Мониторинг и прогнозирование ЧС. 2. Оборудование и технология ликвидации ЧС.

Проблемные советы определяют приоритетные проблемы по своим направлениям и разрабатывают соответствующие планы. Из наиболее плодотворно работающих *по секции Экология и ООС* следует отметить ПС "Электромагнитная совместимость технических средств и биообъектов" под руководством проф. С. М. Аполлонского.

По секции БЖД следует отметить группу специалистов, сгруппировавшихся около проф. О. Н. Русака (проф. К. Р. Малаян, С. Ф. Гребенников, В. Н. Осенков и др.), которые большое внимание уделяют разработке концептуальных вопросов Безопасности жизнедеятельности, посвященных изучению природных, техногенных и других опасностей, а также способов защиты от их воздействия человека во всех условиях обитания. Большие усилия в рамках этой секции направлены на внедрение в учебный процесс дисциплины "Безопасность деятельности": в школе, университете и при послевузовском обучении.

В задачи МАНЭБ среди основных видов деятельности входит подготовка, аттестация и сертификация научных кадров высшей квалификации по направлению экологии и безопасности жизнедеятельности.

Подготовка научных кадров ведется в рамках общей научно-исследовательской деятельности МАНЭБ, выполнения программ по профилю ПС, по планам национальных и региональных отделений, при международной экспертизе проектов.

С целью *аттестации научных и научно-педагогических кадров* решением Высшей межкадаемической аттестационной комиссии (ВМАК) на основании Федерального закона "О науке и государственной научно-технической политике", Уставов ЮНЕСКО, ООН, международных актов и законодательств созданы диссертационные советы по защи-

те диссертаций на соискание ученой степени доктора, кандидата наук и присвоению ученых званий профессора и доцента по группе специальностей, соответствующих профилю деятельности МАНЭБ. 21 февраля 2002 г. с целью активизации экспертной деятельности зарегистрирован Всемирный экспертно-аттестационный комитет (ВЭАК).

МАНЭБ и проблемы глобальной безопасности человека

Основные направления деятельности МАНЭБ в решении проблемы глобальной безопасности человека отражены в Декларации МАНЭБ. Глобальный экологический кризис превращается в реальность. В перспективе возникает угроза тотальной экологической катастрофы. Она проявляется в ускорении дифференциации стран и населения в них на чрезмерно богатых и недопустимо бедных (что приводит к небывалой неустойчивости глобальной экономики и биосферы в целом); в резком усилении разрушения биосферы, опасных загрязнений, появлении ранее неизвестных болезней и генетической деградации всей биоты в целом.

Члены МАНЭБ считают нужным в этих условиях пересмотреть систему принятых ценностей и изменить механизмы взаимодействия природы и общества. В частности:

- отказаться от традиционной парадигмы общества потребления и радикально изменить образ жизни в направлении приоритета духовных ценностей;

- увеличить размеры разнообразной помощи развивающимся странам в соответствии с принятыми ранее рекомендациями ООН;

- организовывать регулярные международные научные дискуссии по проблематике устойчивого развития.

В качестве приоритетных члены МАНЭБ называют перечисленные ниже направления.

Экологическое образование, которое должно быть непрерывным и "сквозным" — от воспитания детей до подготовки руководителей предприятий, бизнесменов и инженеров. Цели такого экоследования — достичь понимания места человека как биологического вида в биосфере; выработать стереотипы поведения, исключающего чрезмерное материальное потребление.

Поддержка экологически безопасной техники и чистых технологий, имеющая целью субсидирование научных исследований, направленных на поиск принципиально новых технических решений и технологических разработок, снижающих потребление энергии и невозобновимых ресурсов, исклю-

чающих нежелательные побочные эффекты, а также ориентированных на выпуск экологически чистой продукции, вписывающейся в естественный круговорот веществ или легко поддающейся реутилизации.

Законотворчество и административно-правовое воздействие. Отмечая необходимость разработки экономических стимулов для внедрения экологизированной техники и технологии, члены МАНЭБ понимают недостаточность только экономических методов управления. Штрафные издержки слишком быстро перекадываются на общество в целом. Поэтому должны быть приняты законы об охране окружающей среды и природных ресурсов, по которым должностные лица и граждане несут дисциплинарную, административную либо уголовную, гражданско-правовую, материальную, а предприятия, учреждения и организации — гражданско-правовую ответственность за экологические правонарушения.

Экологические экспертизы и доступность информации. Выводы экологической экспертизы должны быть основаны на учете не только нормативов предельно допустимых концентраций, выбросов, нагрузок, но также возможных долговременных, опосредованных эффектов медицинского характера, на оценке риска возникновения чрезвычайных ситуаций. Качество окружающей среды имеет приоритет перед экономическим эффектом.

Международное сотрудничество. Глобальный характер взаимодействия природы и общества обусловливает необходимость обмена научной информацией в области охраны окружающей среды, международным опытом экологической политики, организации глобального мониторинга за состоянием биосферы, раннего предупреждения о неблагоприятных последствиях принимаемых решений, а также обмена природными ресурсами и новейшими технологиями на равноправной основе.

Международная деятельность МАНЭБ

В результате большой организационно-технической работы Академия с 2000 г. представлена в числе организаций, ассоциированных в Департамент Общественной Информации (DPI — ДООИ) ООН и Исполнительный комитет неправительственных организаций (NGO — НПО), а с 2003 г. является членом Экономического и Социального Совета ООН (ЭКСОС).

Официальные представители академии (проф. С. М. Аполлонский, проф. И. З. Копп, Д. Карпентер) с 2000 г. принимают активное участие в ежегодных конференциях неправительственных орга-



низаций, созываемых в преддверии проведения Генеральной Ассамблеи ООН, что делает возможным полное организационное и информационное обеспечение МАНЭБ научно-техническими работами и решениями подразделений ООН. По нашим оценкам, более 70 % предложенных проблем входят в сферу научных и финансовых интересов официально зарегистрированных индивидуальных и коллективных членов МАНЭБ.

В 2004—2006 гг. работы академиков МАНЭБ наиболее полно соответствовали следующим программам ООН:

— Природоохранная деятельность, ведущим учреждением которой является Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП);

— Рамочная конвенция об изменении климата;

— Сохранение и рациональное использование ресурсов в целях развития;

— Защита атмосферы;

— Проблемы Чернобыльской катастрофы и развития ядерной энергетики.

Важными инициативами Президиума МАНЭБ в области международной деятельности явились участие в международной юбилейной конференции МГУ им. Ломоносова, контакты с международным отделом университета штата Нью-Йорк.

Проблема развития международной деятельности МАНЭБ настоятельно требует усиления внимания руководителей проблемных советов, национальных и региональных отделений к продвижению своих исследований и разработок на международный уровень, на базе использования высокого международного статуса МАНЭБ, достигнутого в ООН и других международных организациях для активного участия в международных программах и проектах. В частности, важными направлениями должно быть участие в перечисленных ниже титульных программах, которые строго соответствуют профилю проблемных советов МАНЭБ.

- Комплексный подход к планированию и рациональному использованию природных ресурсов (земельных, водных, энергетических, экологических).
- Содействие устойчивому ведению сельского хозяйства и развитию сельских районов.
- Экологически безопасное использование биотехнологии.
- Защита водных систем, охрана, рациональное использование и освоение их живых ресурсов.
- Сохранение качества ресурсов пресной воды и снабжение ею: применение комплексных подходов к освоению водных ресурсов, ведению водного хозяйства и водопользованию.

- Экологически безопасное управление использованием токсичных химических веществ, включая предотвращение незаконного международного оборота токсичных и опасных продуктов.
- Экологически безопасное удаление опасных отходов, включая предотвращение незаконного международного оборота токсичных и опасных отходов.
- Экологически безопасное удаление твердых отходов и вопросы, связанные с очисткой сточных вод.
- Безопасное и экологически обоснованное удаление радиоактивных отходов.
- Борьба с обезлесением и запустыниванием земель.
- Передача экологически чистых технологий.
- Учет проблем окружающей среды и развития в процессе принятия решений.
- Создание систем для комплексного учета экологических и экономических факторов.

МАНЭБ тесно сотрудничает с Международной организацией труда (МОТ); по ее поручению и при ее поддержке участвует в выполнении конкретных работ по анализу состояния производственного травматизма на Северо-Западе России, в обучении охране труда работников травмоопасных отраслей на Дальнем Востоке и т. п. МАНЭБ активно поддерживает разработанную в МОТ и принятую на Международной конференции труда с участием представителей 178 стран — членов МОТ "Глобальную стратегию охраны труда".

Региональные отделения МАНЭБ в рамках провозглашенного МОТ Всемирного дня охраны труда, отмечаемого 28 апреля в знак памяти по погибшим рабочим, проводят различные акции (семинары, выставки, конкурсы и т. п.) с целью активизации усилий по созданию безопасных условий труда на производстве.

Высокая квалификация ученых и специалистов МАНЭБ в вышеуказанных направлениях позволяет надеяться на дальнейшее успешное расширение международной деятельности Академии на основе активизации инициатив руководителей проблемных советов, национальных и региональных отделений, всех членов МАНЭБ.

Издательская деятельность в МАНЭБ

Любое научное содружество специалистов предполагает не только получение новых научных и практических результатов в своей деятельности, но и их освещение на страницах печати и популяризацию среди научной общественности. Именно поэтому Президиум МАНЭБ уделяет большое вни-



мание организации работы Редакционно-издательского отделения (РИО). Помимо собственно издательской деятельности РИО оказывает помощь членам Академии в оформлении научных статей, в публикации и оформлении возможных контрактов и научных договоров; информации о сроках проведения международных и российских конференций и симпозиумов.

Для руководства издательской и просветительской деятельностью МАНЭБ при Редакционно-издательском отделении сформированы следующие подразделения:

— Редакционная коллегия, определяющая стратегию и тактику публицистической деятельности МАНЭБ;

— Редакционный совет, служащий для подготовки материалов к публикации и их квалифицированного рецензирования;

— Экспертный совет, призванный проводить экспертизу нормативной документации.

Учитывая разносторонний характер деятельности членов МАНЭБ и разнообразие предназначенных для публикации материалов, при Академии создано издательство "Безопасность".

Издательством получены лицензии на издание периодической литературы ("Вестник МАНЭБ", гл. редактор — С. М. Аполлонский), неперiodической литературы (книги по актуальным проблемам безопасности жизнедеятельности, включая учебники) и газеты "Экология и безопасность".

"Вестник МАНЭБ" с первых номеров стал центром, вокруг которого объединились творческие силы Академии, местом, где в кратчайшие сроки могут быть опубликованы результаты творческих достижений членов Академии и итоги их научно-практической деятельности. За время существования журнала в нем опубликовано свыше 600 статей, в написании которых приняли участие более 900 авторов. В журнале находят отражение работы всех основных направлений деятельности МАНЭБ.

Газета "Экология и безопасность", выпускаемая с 1998 г. (гл. редактор Т. В. Дохова), знакомит читателей с основными мероприятиями, проводимыми Академией и ее членами, с важнейшими постановлениями и документами в области безопасности деятельности, освещает актуальные вопросы

обеспечения жизнедеятельности для широкого круга читателей.

Награды и поощрения в МАНЭБ

Для поощрения ученых и специалистов, внесших вклад в решение проблем экологии и ООС, безопасности жизнедеятельности, ЧС, Президиумом МАНЭБ учреждены следующие награды:

- Медаль Легасова В. А.
- Медаль Ломоносова М. В.
- Орден "Безопасность, Честь, Слава"
- Орден "Звезда Ученого" с присвоением почетного звания "Заслуженный деятель науки"
- Орден "Звезда Почета"
- Дипломы, почетные грамоты.

Как член Международного межакадемического союза МАНЭБ имеет право представлять к ордену "Звезда Вернадского".

В 2003 г. МАНЭБ зарегистрирована в Минтруда России в качестве Органа по сертификации работ по охране труда в организациях, в 2004 г. аккредитована испытательная лаборатория МАНЭБ.

Заключение

МАНЭБ, как и многие другие общественные организации, внесла определенный вклад в развитие безопасности жизнедеятельности.

Между тем силами только общественных организаций задачу улучшения среды обитания человека, повышения безопасности его производственной деятельности не решить. Вот и президент страны Д. А. Медведев в ходе поездок по стране в качестве руководителя программы нацпроектов обратил внимание на явную административную нерешенность проблемы управления экологической безопасностью. Надеемся, что в ходе идущих и предстоящих управленческих преобразований эта проблема будет решена, как и проблемы, связанные с охраной труда.

Анализ происходящих событий позволяет сделать вывод о необходимости изменить стратегию и тактику общественных организаций и сосредоточить внимание на социально-политических и правовых аспектах.

УДК 331.46:368.371

В. Н. Шлыков, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,
Бюро Веритас Сертификейшн Русь

Риск как показатель производственного травматизма

Развитие законодательства в области технического регулирования, охраны труда и обязательно-го социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также расширяющаяся практика добровольной сертификации систем менеджмента профессионального здоровья и безопасности обуславливают в последние годы необходимость более четкого и однозначного представления о риске производственного травматизма.

Важность развития национальных программ, основанных на принципах оценки профессиональных рисков и системного управления рисками в соответствии с Руководством по системам управления охраной труда (МОТ-СУОТ 2001/ILO-OSH 2001), отмечается также Конвенцией 187 и Рекомендациями 197, принятыми МОТ в 2006 г. Еще до того как было принято Руководство МОТ, в Рекомендациях международного форума по разведке и добыче нефти [1], международной спецификации OHSAS 18001:1999 и национальном стандарте ГОСТ Р 12.0.006—2002 были описаны необходимые элементы управления рисками в области профессионального здоровья и безопасности.

В России с 1 июля 2009 г. в качестве национального стандарта вводится ГОСТ 12.0.230—2007 "ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования, ILO-OSH 2001" (ИДТ), который отменяет ГОСТ Р 12.0.006—2002.

В июле 2007 г. опубликован стандарт OHSAS 18001:2007 "Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности — Требования", который заменил предыдущую, первую версию. Вторая версия, в отличие от версии 1999 г., называется уже стандартом, а не спецификацией.

Для организаций, внедряющих и поддерживающих системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности, на первый план выступают вопросы идентификации опасностей различных видов деятельности, оценки и управления соответствующими рисками в области профессионального здоровья и безопасности (ОН&S). Обеспечение безопасности трудовой деятельности рассматривается многими руководителями организаций как приоритетная либо равнозначная цель наряду с экономическими, экологическими и другими целями.

Руководителям и специалистам, принимающим решения на различных уровнях управления, и, особенно, высшему руководству организаций одинаково необходимо использовать значения риска, как наиболее адекватную, обобщенную и универсальную количественную или качественную меру опасности в области ОН&S, например, при формировании и обосновании различных программ и соответствующих организационных, экономических (по переносу риска), технологических и (или) технических мероприятий в их составе.

При широком диапазоне предлагаемых мероприятий возрастает роль служб и специалистов по охране труда и промышленной безопасности, повышаются требования к компетентности в области ОН&S многих менеджеров. Прежде всего, это связано с принятыми методами оценивания и обоснования результативности/эффективности предлагаемых управленческих решений и тех превентивных и реактивных мероприятий, которые их сопровождают. Конечно, специфика большинства упреждающих мер позволяет говорить лишь об ожидаемой, прогнозируемой результативности/эффективности, даже если подобные, реализованные ранее решения были экономически и социально эффективны.

В терминологии, принятой национальными стандартами [2, 3], даны следующие определения "риска". Риск: сочетание вероятности события и его последствий [2]. **Применительно к безопасности риск:** сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба [3].

В Руководстве МОТ ILO-OSH—2001 приведено более конкретное определение риска. *Риск (risk):* сочетание вероятности наступления опасного события и тяжести травмы или ущерба для человеческого здоровья, вызванных этим событием.

Аналогичное определение приведено в OHSAS 18001:2007 [4]. *Риск:* сочетание вероятности возникновения опасного события или воздействия(ий) и серьезность травмы или ухудшения здоровья, которые могут быть вызваны таким событием или воздействием(ями).

Оба вышеупомянутых национальных стандарта [2, 3] вводят целый ряд новых, взаимосвязанных между собой и между двумя этими стандартами терминов, которые фактически требуют совместного прочтения стандартов и применения термина в контексте "безопасности" или без данного контекста.

Некоторые из основных терминов, которые будут использоваться в данной статье, приведены ниже.

Источник: объект или деятельность с потенциальными последствиями. П р и м е ч а н и е. Применительно к безо-

пасности источник представляет собой опасность [2], т. е. опасность — потенциальный источник возникновения ущерба [3]. **Примечание.** Термин "опасность" может быть конкретизирован в части определения природы опасности или вида ожидаемого ущерба (например, опасность электрического шока, опасность разрушения, травматическая опасность, токсическая опасность, опасность пожара, опасность утонуть).

Опасная ситуация: обстоятельства, в которых люди, имущество или окружающая среда подвергаются опасности [3].

Идентификация источников: процесс нахождения, составления перечня и описания источников. **Примечание.** Применительно к безопасности идентификация источников представляет собой идентификацию опасностей [2].

Оптимизация риска: процесс, связанный с риском, направленный на минимизацию негативных и максимальное использование позитивных последствий и, соответственно, их вероятности. **Примечание:** 1. С точки зрения безопасности оптимизация риска направлена на снижение риска. 2. Оптимизация риска зависит от критериев риска с учетом стоимости и законодательных требований [2].

Снижение риска: действия, предпринятые для уменьшения вероятности, негативных последствий или того и другого вместе, связанных с риском [2].

Анализ риска: систематическое использование информации для выявления опасности и количественной оценки риска [2, 3].

Оценивание риска: процесс сравнения количественно оцененного риска с данными критериями риска для определения значимости риска [2]. Применительно к безопасности оценивание риска — основанная на результатах анализа риска процедура проверки, устанавливающая, не превышен ли допустимый риск [3].

Критерии риска: правила, по которым оценивают значимость риска. **Примечание:** критерии риска могут включать в себя сопутствующие стоимость и выгоды, законодательные и обязательные требования, социально-экономические и экологические аспекты, озабоченность частных сторон, приоритеты и другие затраты на оценку [2].

Оценка риска: общий процесс анализа риска и оценивания риска [2, 3].

Допустимый риск: риск, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях [3]. Риск, уменьшенный до уровня, который организация может допустить, учитывая свои правовые обязательства и собственную политику в области ОН&S [4].

Безопасность: отсутствие недопустимого риска [3].

Остаточный риск: риск, остающийся после обработки риска [2]. Применительно к безопасности остаточный риск — риск, остающийся после предпринятых защитных мер [3].

Обработка риска: процесс выбора и осуществления мер по модификации риска. **Примечание.** 1. Термин "обработка риска" иногда используют для обозначения самих мер. 2. Меры по обработке риска могут включать в себя избежание, оптимизацию, перенос или сохранение риска [2].

Перенос риска: разделение с другой стороной бремени потерь или выгод от риска. **Примечание.** 1. Законодательные или обязательные требования могут ограничивать, запрещать или поручать перенос определенного риска. 2. Перенос риска может быть осуществлен страхованием или другими соглашениями. 3. Перенос риска может создавать новый риск или модифицировать существующий риск. 4. Перемещение источника не является переносом риска [2].

Большинство приведенных выше терминов потребуют определенного времени для того, чтобы их применение и трактовка были однозначными среди специалистов по безопасности. Так, весьма важными для осмысления, особенно с точки зрения производственного травматизма, представляются два новых и не очень привычных термина — *оценивание риска* и *критерии риска*, а также общеизвестный термин "опасность".

Термин *Оценивание риска* фактически означает ранжирование риска, сравнение количественно оцененного риска с критериями риска для определения значимости риска, т. е. проверки того, превышает или не превышает он допустимый риск. Таким образом, сама шкала с ее количественными (или даже качественно-количественными "больше—меньше") значениями во многом зависит от принятых критериев, которые, собственно, и могут предопределять значимость риска (или границу значимости риска). Так как *критерии риска* представляют собой правила, по которым оценивается значимость риска, необходимо, чтобы все изначально принятые сопутствующие требования, аспекты, приоритеты, признаки или допущения, например, в отношении производственного травматизма и (или) профессиональной заболеваемости были четко оговорены и сопровождали оценивание риска.

В стандарте [3] записано, что слова "безопасность" и "безопасный" следует применять только для выражения уверенности и гарантий риска. В то же время термин **безопасность** означает отсутствие только недопустимого риска. И в этом смысле никак не является логической (математической) противоположностью опасности. При внимательном прочтении термин **опасность** в формулировке стандарта [3] с учетом примечания (при конкретизации природы опасности или ожидаемого вреда) незначительно отличается от термина **опасная ситуация** (при конкретизации обстоятельств подверженности опасности).

Следуя логике стандарта [3], **безопасность** означает отсутствие недопустимого риска, а наличие недопустимого риска связано с **опасностью** и (или) **опасной ситуацией**. Тогда **опасность** всегда бы следовало воспринимать как риск, превышающий определенное допустимое значение (предельное, приемлемое, граничное, вынужденно допустимое или вынужденно приемлемое) риска. Это, конечно, не совсем верно потому, что риск является мерой (прежде всего количественной мерой) опасности и, следовательно, может принимать различные значения



в отношении той или иной опасности. Очевидное сближение понятий "безопасность" и "риск" не должно привести к их смешению, к отказу от понятий "риск производственного травматизма" и "риск профессионального заболевания", к неверному использованию различных производных от этих понятий.

В области ОН&S, как и во многих других областях знаний, риск R в самом общем виде служит функционалом количественной меры опасности того или иного неблагоприятного события (несчастного случая, профессионального заболевания) и определяется как сочетание (обычно произведение) двух функций — функции меры последствий S неблагоприятного события и функции частоты (вероятности) H его наступления. На практике принято оперировать детерминированными значениями S и H , и риск R рассматривается уже как функция $R = f(S, H)$ и, как правило, обычно записывается в виде формулы

$$R = S \times H. \quad (1)$$

Еще более простая интерпретация риска уместна, если в качестве меры последствий S неблагоприятного события принимается строго определенное состояние (мера) последствия (одноразмерный исход, ущерб, вред). Тогда при расчетах и сравнении этих однокомпонентных по последствиям событий их можно представлять в виде лишь значений частоты (повторяемости в определенные промежутки времени) или вероятности наступления такого однозначно определенного по исходу неблагоприятного события, интерпретируя эти значения как значения рисков. К числу таких значений относятся получившие широкое распространение в охране труда — коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом на 1000 занятых работников или на 1 млн рабочих часов, в медицине — коэффициенты смертности по определенному заболеванию на 100 000 человек населения и др.

Из принятых в стандарте [3] терминов процесс оценивания риска производственного травматизма предполагает учет всей или, по крайней мере, основной совокупности критериев, связанных с несчастными случаями на производстве, определенных Федеральным законом "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний", Трудовым Кодексом Российской Федерации и "Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях".

Международной нормой, в которой дано общее определение случая производственного травматизма и его признаки, можно считать Конвенцию 121 Ме-

ждународной организации труда (МОТ). К охватываемым Конвенцией случаям относят следующие случаи, когда они являются результатом производственного травматизма:

- болезненное состояние;
- нетрудоспособность, вызванную таким состоянием и влекущую за собой определяемую законодательством страны утрату заработка;
- полную потерю трудоспособности или ее частичную потерю сверх установленной степени, когда предполагается, что такая полная или частичная потеря будет постоянной, или соответствующую степень потери физической полноценности;
- потерю средств существования в результате смерти кормильца семьи установленными категориями получателей.

Этой же Конвенцией уточнены условия, при которых несчастный случай в пути считается несчастным случаем на производстве, установлен минимальный перечень заболеваний, которые рассматриваются как профессиональные, виды пособий по несчастным случаям, права на их получение, сроки их получения, страховая защита и др.

То есть несчастный случай на производстве, как и непосредственно с ним понятийно связанный риск производственного травматизма, обычно охватывает застрахованные социальным страхованием несчастные случаи (застрахованный работник и застрахованная деятельность в интересах работодателя).

Расчеты риска производственного травматизма по наиболее представительным статистикам проявления предыдущих несчастных случаев с учетом их последствий, конечно, должны восприниматься лишь в качестве оценочных показателей, с доверительными интервалами, уместными для аналогичных условий при неизменности критериев риска. Нередко для работников расчетные оценочные значения допустимого риска устанавливаются на более низких, более "строгих" уровнях, чем достигнутые обществом значения. Однако эти уровни должны быть реально достижимы обществом, исходя из его экономических, технологических, социальных и других возможностей и целей. Если принять во внимание такую точку зрения, то понятие допустимого риска гармонично обосновывает и дополняет постулат нулевого роста риска [5]. То есть, по крайней мере, для традиционных производств, технологий и видов деятельности достигнутый обществом уровень безопасности не должен снижаться при получении известных товаров и услуг по всему их жизненному циклу, а уровень риска, соответственно, не должен повышаться. Тогда допус-

тимый риск можно принять в качестве условной границы между опасностью (риск больше допустимого) и безопасностью (риск меньше допустимого).

Понятие "риск" ключевое. Оно особенно важно для планируемых, проектируемых и, конечно, для действующих производств, в которых необходимо планировать, внедрять и поддерживать снижение или, по меньшей мере, стабилизацию (при освоении новых видов деятельности) значений существующего риска травматизма за счет минимизации частоты H и (или) тяжести S несчастных случаев. То есть на всех без исключения стадиях (концепция, планирование, проектирование, (ре)конструирование, изготовление, (де)монтаж, обслуживание, диагностирование, ремонт, утилизация и др.) должен обеспечиваться хотя бы равнозначный прежнему или снижающийся риск травматизма как уровень принятой безопасности работников, даже если он достигается (поддерживается) новым персоналом, новыми технологиями, машинами, материалами и средствами коллективной и (или) индивидуальной защиты.

В самом общем виде риск травматизма по совокупности i -х несчастных случаев можно записать в виде:

$$R = \sum S_i \times H_i, \quad (2)$$

где S_i — последствия i -го несчастного случая; H_i — частота (вероятность) i -го несчастного случая.

Риск несчастных случаев на производстве при использовании единой размерности в оценке последствий (дни/часы нетрудоспособности, выплаты страховщика, финансовые, имущественные последствия или другие эквивалентные значения). Например, риск по последствиям каждого из четырех наиболее частых возможных исходов можно представить в виде суммы следующих четырех (или более) составляющих:

$$R = R_c + R_v + R_t + R_{mt}, \quad (3)$$

где R_c — риск смерти; R_v — риск инвалидности; R_t — риск травмы без стойкой утраты трудоспособности; R_{mt} — риск микротравмы.

Графическое представление функции риска $R = f(S, H)$ в виде так называемой Farmer-диаграммы показано на рис. 1. Каждая точка диаграммы представляет собой дискретное значение риска для возможной комбинации значений S и H .

Другим графическим способом представления риска можно назвать различные матрицы риска, которые начинают широко использовать при экспертной оценке и классификации рисков (рис. 2).

Используя различные критерии риска, по которым оценивается его значимость с помощью матриц

риска, можно оцениваемые виды деятельности (объекты, технологии, машины, операции, материалы, профессии и т. д.) отнести к тем или иным баллам (или буквенным сочетаниям), узнаваемо для спе-

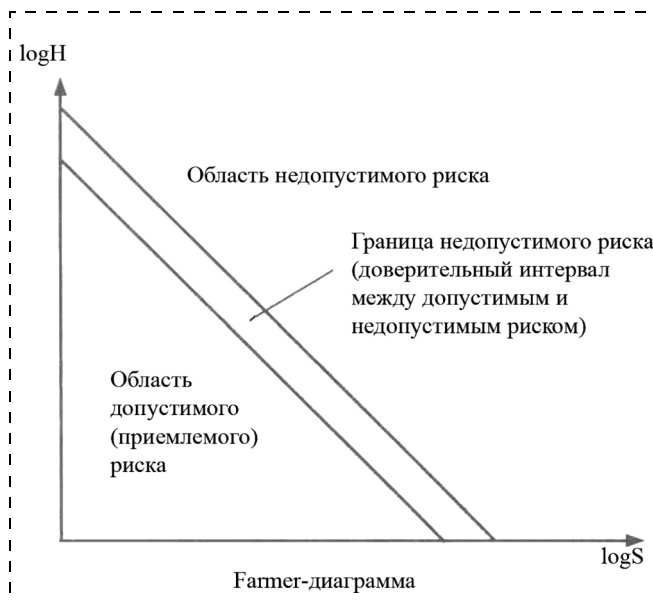


Рис. 1. Farmer-диаграмма

| | | | | | |
|--------------------------|-------|--------|--------|---------|--------------------------|
| Вероятность события ↑ | 4/(D) | 4/(da) | 8/(db) | 12/(dc) | 16/(dd) |
| | 3/(C) | 3/(ca) | 6/(cb) | 9/(cc) | 12/(cd) |
| | 2/(B) | 2/(ba) | 4/(bb) | 6/(bc) | 8/(bd) |
| | 1/(A) | 1/(aa) | 2/(ab) | 3/(ac) | 4/(ad) |
| | 1/(A) | 2/(B) | 3/(C) | 4/(D) | Тяжесть последствия → |

Рис. 2. Матрица риска



циалистов характеризующим составляющие риска по вероятности (частоте) и тяжести последствий, а далее, классифицируя баллы (или буквенные сочетания), оценить риск видов деятельности и его допустимость/недопустимость. Например, могут быть использованы следующие признаки для полей "вероятность события": 1(A) = очень редко; 2(B) = редко; 3(C) = часто; 4(A) = очень часто. Соответственно, для полей "тяжесть последствий" 1(A) = микротравмы; 2(B) = легкие травмы; 3(C) = тяжелые; 4(A) = смертельный исход/профессиональная заболеваемость. При значениях баллов от 1 до 12 (или соответствующих буквенных сочетаниях), риск допустим. При больших значениях (или соответствующих буквенных сочетаниях) риск относится к недопустимому.

Возможно также более широкое использование критериев по этим же либо по дополнительным (более чувствительным) полям таких матриц, где будет учтено больше критериев (аттестация рабочих мест, стаж работы работников и т. п.) и более подробное ранжирование риска.

Достаточно часто для оценки риска производственного травматизма консервативных производств и технологий принимаются во внимание строго определенные несчастные случаи за определенные (стандартные) временные интервалы (1 год, 5, 6, 10 лет). Тогда используется следующая видоизмененная форма записи:

$$R = S \times H = S/b, \quad (4)$$

где b — базовый показатель.

Введение базового показателя, всегда тесно связанного с временным интервалом, как и частота (вероятность) несчастных случаев, позволяет вычлени наиболее значимые и информативные признаки производства. Этот прием давно и широко используется при обработке статистических данных дорожно-транспортных происшествий, при оценке риска авиационных и космических систем.

В подобных расчетах риска травматизма в качестве базовых применяются такие показатели, как общий пробег автотранспорта (автомобилекилометры), суммарное время нахождения летательных аппаратов в полете [1000 ч], общее число взлетов и посадок [1000 взлетов/посадок], тонны руды, металла и иные натуральные показатели. Другими словами, базовый показатель должен представлять собой общепринятую, достаточно объективную, легко и точно контролируруемую (измеряемую) характеристику, отражающую меру подверженности работников риску травматизма в том или ином производстве.

Следует иметь в виду, что результаты таких расчетов и последующие сравнения очень сильно зависят от этих базовых показателей, взятых за основу, а также от анализируемых периодов времени, охвата конкретных категорий работников, видов деятельности, технологий и т. д.

Большинство применяемых на практике методов расчета риска опирается (прямо или косвенно) на количественные показатели последствий несчастных случаев и просто на частоту несчастных случаев с этими определенными последствиями в соответствующем интервале времени. Обычно в расчетах риска и при выборе целевых (плановых) показателей применяются приведенные ниже характеристики (показатели).

• Частота несчастных случаев на 1000 занятых работников за рассматриваемый "стандартный" период времени (обычно за 1 год; в страховых организациях — за 5, 6 или 10 лет)

$$H_u = U \times 10^3/V, \quad (5)$$

где U — число несчастных случаев; V — численность занятых работников.

• Частота (частость) несчастных случаев со смертельным исходом (ЧНССИ) для отрасли или различных профессий на 10^8 ч воздействия производственных факторов риска [6]:

$$H_z = U_z \times 10^8/T, \quad (6)$$

где U_z — число несчастных случаев со смертельным исходом; T — время воздействия (рабочее время), ч.

Показатель H_z примерно эквивалентен числу несчастных случаев со смертельным исходом, ожидаемых в группе из 1000 работников на протяжении всей их трудовой жизни (каждый работник занят 2080 часов работы в год в течение 48 лет).

• Частота несчастных случаев на 1 млн эффективных часов работы:

$$H_m = U \times 10^6/T_v, \quad (7)$$

где T_v — эффективное рабочее время, ч, с учетом полностью и частично занятых рабочих.

Аналогично рассчитывается частота несчастных случаев на 200 000 эффективных часов работы (или примерно на 100 полностью занятых работников).

• Потенциал опасности травмирования:

$$L_u = T_u/V, \quad (8)$$

где T_u — общее число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям с различными исходами за принятый период времени.

• Подверженность опасности, угроза опасности:

$$G = T_u/T_v \quad (9)$$

и в пересчете на 1 млн эффективного рабочего времени:

$$G_m = T_u \times 10^6 / T_v \quad (10)$$

Другая, наиболее общая форма интерпретации подверженности опасности G в качестве риска и представления расчета подверженности опасности по выбранному q критерию

$$\begin{aligned} G_q &= \frac{L}{T} = \frac{\sum \text{Затраты на несчастный случай}}{\sum \text{Время экспозиции}} = \\ &= \frac{\text{Несчастные случаи}}{\sum \text{Время экспозиции}} \times \frac{\sum \text{Затраты на несчастный случай}}{\text{Несчастные случаи}} = \\ &= \text{Частота проявления опасности} \times \\ &\quad \times \text{Тяжесть последствий} = H \times S. \end{aligned}$$

- *Квота безопасности:*

$$Q = T_v / T_h \quad (11)$$

где T_h — общее число часов нетрудоспособности по всем несчастным случаям за принятый период времени (потерянные пострадавшими часы рабочего времени).

- *Индекс травматизма:*

$$I_m = H_m \times G_m / 10^3 \quad (12)$$

- *Коэффициент тяжести:*

$$K_T = T_u / U \quad (13)$$

В страховании основным обобщенным экономическим показателем риска травматизма и профзаболеваемости является класс опасности (коэффициент затрат), который для большинства видов экономической деятельности при большом охвате (сотни тысяч работников) достаточно стабилен. В нашей стране используется его аналог — интегральный показатель профессионального риска:

$$I = L \times 10^2 / e, \quad (14)$$

где L — сумма в возмещение вреда, начисленная по виду экономической деятельности в истекшем календарном году; e — размер фонда оплаты труда по виду экономической деятельности, на который начислены взносы в истекшем календарном году.

Этот показатель риска травматизма следует признать самым универсальным благодаря единой денежной мере последствий несчастных случаев и установленному интервалу времени.

$$I = \frac{L \times 10^2}{e} = \frac{l \times U \times 10^2}{e} = \frac{l \times H_u \times V}{10e}, \quad (15)$$

где l — затраты (выплаты) на несчастный случай.

Достаточно часто для оценки риска производственного травматизма консервативных производств и технологий применяются показатели, не

только рассчитанные за определенные (стандартные) интервалы времени (1 год, 5, 6 или 10 лет), но и прогнозируемые значения.

Например, при любом законе распределения параметра l по его средней величине и среднеквадратичному отклонению можно, используя неравенство Чебышева, с вероятностью по меньшей мере 89 % всегда определить верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала для этого параметра. Если же принять во внимание допущение, что H_u (частота несчастных случаев) имеет нормальный закон распределения, то тогда с вероятностью 95 %, допуская разброс этого параметра, можно для конкретного показателя l с 85 %-ной вероятностью ($0,89 \times 0,95$) определить его верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала и представить в виде той же Фармер-диаграммы (см. рис. 1).

Многие из рассмотренных выше показателей опасности и риска связаны между собой определенными зависимостями и при известных корректных начальных условиях расчеты, как показано в работе [7], всегда могут быть сведены к тем или иным искомым показателям. В приведенной ниже таблице показаны зависимости между ними и даны основные формулы для их расчета и пересчета.

Наиболее приемлемым для оценки риска травматизма на уровне организации следует признать показатель подверженности опасности G_m на 1 млн эффективного рабочего времени, который легко интерпретируется, например, как значение риска анализируемого вида работ (т. е. в границах того или иного выбранного по T_v признака). Так, параметру T_v при необходимости можно придать более широкий контекст, например экономический, профессиональный или технологический, если использовать соответствующие значения возмещений пострадавшим, издержек производства, выплат, численности работающих, профессионального состава, трудозатрат по технологическим переделам и т. д.

Важно, чтобы вводимые в расчеты показатели были тесно связаны с анализируемыми рабочими местами, видами работ, профессиями, машинами (оборудованием), объектами, материалами или другими узнаваемыми для принятия решений признаками конкретной организации. При оценке риска травматизма технологий (видов работ, операций) целесообразно использовать в качестве базового показателя трудозатраты работников, непосредственно связанных с производственными опасностями именно этих технологий. Этот показатель наиболее просто определяется после выполнения работ (оказания услуг) и достаточно объективно характеризует время пребывания работников в условиях воздействия производственных опасностей. Следует



Основные зависимости показателей опасности и риска травматизма на производстве

| Показатель | Основные зависимости и формулы для пересчета |
|---|--|
| Частота (коэффициент частоты) несчастных случаев на 1000 занятых работников за рассматриваемый стандартный период времени | $H_u = \frac{U \times 10^3}{V} = \frac{K_u}{K_T} = \frac{H_m \times T_0}{10^3}$ |
| Частота несчастных случаев на 1 млн эффективных часов работы | $H_m = \frac{U \times 10^3}{T_v} = \frac{H_u \times 10^3}{T_0} = \frac{G_m}{K_T}$ |
| Коэффициент тяжести | $K_T = \frac{T_u}{U} = \frac{K_u}{H_u} = \frac{G_m}{H_m}$ |
| Показатель тяжести | $K_u = \frac{T_u \times 10^3}{V} = H_u \times K_T = \frac{G_m \times T_0}{10^3}$ |
| Потенциал опасности | $L_u = \frac{T_u}{V} = \frac{H_u \times K_T}{10^3} = \frac{G_m \times T_0}{10^6}$ |
| Подверженность опасности | $G_m = \frac{T_u \times 10^6}{T_v} = H_m \times K_T = \frac{K_u \times 10^3}{T_0}$ |
| Коэффициент выплат | $K_e = \frac{S_e}{U} = \frac{S_e \times K_T}{T_u} = \frac{L_e \times 10^3}{H_u}$ |
| Потенциал выплат | $L_e = \frac{S_e}{V} = \frac{S_e \times K_u}{T_u \times 10^3} = \frac{H_u \times K_e}{10^3}$ |
| Класс опасности (коэффициент затрат) | $K = \frac{L \times 10^3}{e} = \frac{l \times H_u \times V}{e} = \frac{l \times U \times 10^3}{e}$ |
| <p>Примечания: 1. T_0 — среднее рабочее время на 1 работника (в год), $T_0 = T_v/V$; 2. S_e — выплаты по дням нетрудоспособности в связи с несчастными случаями. 3. Остальные обозначения, приведенные в таблице, поясняются формулами (1)...(15).</p> | |

иметь в виду, что такие расчеты риска технологий на уровне организации, как правило, не имеют цели получения собственно абсолютных количественных оценок, они имеют своей целью, скорее, возможность сравнения риска технологий между собой.

Ниже приведена формула, по которой можно рассчитать значения (индексы) риска R_k для сравниваемых между собой k -х технологий (переделов, крупных циклов/фаз или видов работ)

$$R_k = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ki}}{T_k \times q_k}, \quad (16)$$

где S_{ki} — последствия i -го несчастного случая по k -й технологии; при этом последствия приводятся

к единому значению (выплаты, дни нетрудоспособности и т. п.). Каждый несчастный случай со смертельным исходом учитывается как 7500 дней нетрудоспособности, либо как соответствующие выплаты; T_k — интервал времени выборки, принятый для оценки значений (индексов) риска по k -м технологиям; этот интервал одинаков для всех рассчитанных R_k ; q_k — доля базового показателя (трудозатраты), приходящаяся на k -ю технологию.

Оценка риска несчастных случаев на производстве может существенно зависеть от принятого периода наблюдения (охвата времени), базового показателя и объема статистической выборки (количества несчастных случаев). Для средних и малых организаций можно расширить статистическую выборку несчастных случаев не только за счет увеличения анализируемого периода времени, но и за счет включения в анализ нарушений работниками правил (опасных действий, опасных состояний иницируемых поведением работников), микротравм и несчастных случаев, по которым оказана только первая помощь.

В заключение следует отметить, что любая система менеджмента в области ОН&S как часть менеджмента организации всегда базируется на планировании (включая идентификацию опасностей и оценку риска), а также на внедрении, мониторинге и действиях по постоянному улучшению результативности в области ОН&S. Объективные и разносторонние оценки риска во многом определяют выбор приоритетов в целях и программах систем менеджмента в области ОН&S. Они играют такую же важную роль при обосновании конкретных мероприятий в этих программах на уровне организации. Эти мероприятия планируются обычно как дополняющие друг друга организационные, технологические, технические, эргономические и экономические решения.

Список литературы

1. **Рекомендации** по разработке и применению систем управления в области охраны здоровья, безопасности труда и защиты окружающей среды: Рекомендации международного форума по разведке и добыче нефти // Отчет № 6.36/210. — Июль. — 1994. — 47 с.
2. **ГОСТ Р 51897—2002.** Менеджмент риска. Термины и определения.
3. **ГОСТ Р 51898—2002.** Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты.
4. **OHSAS 18001:2007.** Occupational health and safety management systems — Requirements.
5. **Шлык В. Н.** Оценка риска производственного травматизма // Справочник специалиста по охране труда. — 2002. — № 1. — С. 62—66.
6. **Энциклопедия** по безопасности и гигиене труда / Пер. с англ. Т. 2. М.: Профиздат, 1986. — С. 1317.
7. **Krause H.** Erfassung, Auswertung und Darstellung des Unfallgeschehens: Arbeitssicherheit / Handbuch. — Freiburg, 1972.



УДК 331.45

В. П. Ласкавнев, член-корреспондент МАНЭБ,
Департамент государственной инспекции труда
Минтруда и соцзащиты Республики Беларусь

О совершенствовании государственного управления охраной труда в Республике Беларусь

Рассмотрены основы государственной системы охраны труда в Республике Беларусь, ее особенности и пути совершенствования.

В Республике Беларусь за последние 10 лет проделана значительная работа по воссозданию и обеспечению функционирования в новых условиях государственной системы управления охраной труда.

- Сформирована национальная нормативная правовая база, регулирующая данную сферу социально-трудовых отношений.
- Определены субъекты и уровни государственного управления охраной труда.
- Установлены и реализуются организационные схемы управления в этой области.
- Осуществляются государственный надзор и общественный контроль за соблюдением законодательства о труде.
- Приняты законодательные акты по промышленной безопасности, техническому нормированию и стандартизации, сертификации продукции, работ и услуг на соответствие их требованиям безопасности жизнедеятельности человека.
- В целях реализации положений Трудового кодекса Республики Беларусь принято свыше 100 нормативных правовых актов, регулирующих отношения в области охраны труда в различных отраслях и видах производственной деятельности. Правительством республики Беларусь определены государственные нормативные требования по охране труда.
- В полном объеме выполнены мероприятия Республиканской целевой программы по улучшению условий и охраны труда на 2001—2005 годы, соответствующих отраслевых и территориальных программ.
- Введено обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, направленное на обеспечение более эффективной социальной защиты потерпевших вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, стимулирова-

ние работодателей к созданию здоровых и безопасных условий труда.

- Создана система государственного надзора и контроля и общественного контроля за соблюдением законодательства о труде, образован Координационный совет органов государственного надзора и контроля и общественного контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда при Министерстве труда и социальной защиты. Аналогичные советы функционируют при областных и Минском городском исполнительных комитетах.
- Государственное управление охраной труда осуществляется на принципах социального партнерства в рамках соглашений на республиканском, отраслевом и местном уровнях.

Проделанная работа обусловила снижение уровней производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, рисков техногенных аварий. Так, общее число потерпевших от несчастных случаев на производстве сократилось с 16 002 человек в 1994 г. до 4530 в 2005 г. Коэффициент частоты производственного травматизма (численность потерпевших за один год вследствие несчастных случаев на производстве в расчете на 1000 работающих) снизился с 3,9 в 1994 г. до 1,17 в 2005 г. Число погибших на производстве в 2005 г. снизилось на 35 % по сравнению с 1994 г. и составило 0,061 на 1000 работающих. Существенно уменьшилось число человеко-дней нетрудоспособности у потерпевших на производстве. Сокращена численность лиц, у которых впервые установлены профессиональные заболевания. Вместе с тем число смертельно травмированных работников на производстве в расчете на 1000 работающих в 2005 г., будучи ниже аналогичного показателя отдельно взятых стран СНГ, превысило, как и ранее, показатели развитых стран Европы. Данный показатель свидетельствует о том, что действующая система государственного управления охраной труда в республике требовала дальнейшего совершенствования, тем более что, несмотря на тенденцию сокращения числа несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, оставались значительными со-



циальные и экономические потери, обусловленные такими происшествными.

Анализ системы государственного управления охраной труда в Республике Беларусь указал на необходимость более активного применения наряду с административными, правовыми, организационными подходами и формами экономических рычагов управления охраной труда.

Потребовалось существенно усилить профилактическую направленность решений в области охраны труда на всех уровнях и прежде всего в направлении разработки и внедрения методов прогнозирования основных тенденций, отражающих состояние условий и охраны труда на производстве.

Актуальность продвижения продукции белорусских производителей на международном рынке, повышение ее конкурентоспособности обусловили необходимость гармонизации систем управления охраной труда в организациях, применяющих международные нормы.

С учетом данных требований в республике, при активном участии членов МАНЭБ, была разработана и в августе 2005 г. утверждена Правительством Республики Беларусь новая редакция Концепции государственного управления охраной труда в Республике Беларусь (далее — Концепция). Данная Концепция разработана на принципах преемственности выбора приоритетов с учетом основных направлений социально-экономической политики государства на 2006—2010 гг., сформулированных в Концепции национальной безопасности Республики Беларусь.

Концепция основана на положениях Конституции Республики Беларусь, Трудового кодекса Республики Беларусь, Конвенции Международной организации труда 155, ратифицированной Законом Республики Беларусь от 5 мая 1999 г. "О ратификации Конвенции 155 "О безопасности и гигиене труда и производственной среде" Международной организации труда", и иных нормативных правовых актов,

Концепция отразила современное состояние государственного управления охраной труда в Республике Беларусь, определила цель государственного управления охраной труда — создание условий, обеспечивающих сохранение жизни и здоровья граждан в процессе трудовой деятельности, задачи государственного управления охраной труда, направления по достижению цели и реализации задач государственного управления охраной труда. Были обозначены уровни и субъекты государственного управления охраной труда, механизмы реализации Концепции, спрогнозированы ожидаемые результаты реализации Концепции.

Необходимость комплексного системного подхода к решению проблем охраны труда, дальнейшего совершенствования законодательства в этой области, осуществления практических мер, направленных на предупреждение производственного травматизма и профессиональных заболеваний, обусловили разработку Республиканской целевой программы по улучшению условий и охраны труда на 2006—2010 годы (далее — Программа). Одним из разработчиков ее проекта и ряда других документов, упоминаемых далее, выступил и автор настоящей публикации. Данная Программа и Концепция были утверждены постановлением Правительства Республики Беларусь в августе 2005 г.

Цель Программы — улучшение условий и охраны труда, снижение уровня производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в организациях республики.

Мероприятия Программы сформулированы по следующим основным направлениям:

- совершенствование управления охраной труда;
- совершенствование нормативного правового обеспечения охраны труда;

- улучшение условий и охраны труда, профилактика производственного травматизма и профессиональной заболеваемости;

- научное обеспечение охраны труда;

- подготовка, переподготовка и повышение квалификации работников по вопросам охраны труда;

- информационное обеспечение деятельности по охране труда.

Ожидаемые результаты реализации мероприятий Программы следующие: улучшение условий и охраны труда в организациях республики; сокращение к 2011 г. рабочих мест с вредными и (или) опасными условиями труда на 20 %; снижение коэффициента частоты производственного травматизма на 5 %.

Следует отметить, что первым среди мероприятий Программы обозначено мероприятие, предусматривающее изучение и внедрение в организациях республики государственных стандартов: "Системы управления охраной труда. Общие требования" — СТБ 18001—2005 (OHSAS 18001:1999, NEQ) и "Системы управления охраной труда. Руководство по применению СТБ 18001—2005" — СТБ 18002—2005 (OHSAS 18002:2000, NEQ), (далее — СТБ 18001, СТБ 18002). Данные стандарты были разработаны Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь и введены в действие в 2005 г.

Разработке и сертификации организациями республики современных систем управления охраной труда на базе упомянутых стандартов предше-



ствовала широкая пропаганда среди руководителей и специалистов организаций, органов государственного управления преимуществ проактивных систем управления охраной труда. В этой работе, наряду с представителями Госстандарта, других организаций, приняли участие и члены МАНЭБ.

С целью повышения доступности требований СТБ 18001—2005 и СТБ 18002—2005 для разработчиков систем управления члены МАНЭБ в 2005—2006 гг. участвовали в организации и проведении около 40 семинаров и конференций, практических занятий по изучению элементов данных стандартов и их внедрению, с числом участников свыше 2,5 тыс. человек. Среди слушателей и участников семинаров были руководители и специалисты органов государственного управления, организаций всех форм собственности.

Одним из итогов проводимой в Республике Беларусь деятельности по реализации государственной политики в области охраны труда и безопасности жизнедеятельности, в которой принимают активное участие члены МАНЭБ, явилась разработка и внедрение во многих организациях не только современных систем управления охраной труда, но и интегрированных систем, предусматривающих управление качеством продукции, окружающей средой, охраной труда.

Эти сконцентрированные усилия направлены на минимизацию уровней различных видов производственных и профессиональных рисков, повышение имиджа, конкурентоспособности продукции, работ и услуг организаций республики, обеспечение конституционных прав граждан Республики Беларусь на здоровые и безопасные условия труда.

УДК 674—784.432

В. Е. Воскресенский, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,
Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия (СПбГЛТА)

Создание рециркуляционного фильтра для очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли и обеспечение режимов его работы

Дано решение комплексной задачи многократного энергосбережения и уменьшения пылевых выбросов в атмосферу в цехах белого шлифования деревообрабатывающих производств. Приведены аналитические зависимости для определения продолжительности режима фильтрации в рециркуляционных рукавных фильтрах и гидравлического сопротивления слоя пыли на ткани рукавов.

В цехах белого шлифования концентрация пыли в аспирационном воздухе перед пылеуловителем C_1 достигает 3000 мг/м^3 , а древесная шлифовальная пыль является взрывоопасной. Нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПП) для осевшей шлифовальной пыли составляет (г/м^3): на полу и оборудовании 42,5; на строительный формах 47,5. Цех белого шлифования согласно ОНТП 24—86 по определению категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Б (класс зоны В — Па по ПУЭ).

Одноступенчатая очистка аспирационного воздуха в фильтровальных рукавах, имеющих коэффициент очистки $\eta = 0,999$, при такой высокой начальной запыленности не обеспечивает выполнения санитарных норм для возврата очищенного воздуха в цех. Концентрация пыли в очищенном рукавами воздухе при коэффициенте проскока пыли $\varepsilon = (1 - \eta) = 1 - 0,999 = 0,001$ составляет $C_2 = C_1 \varepsilon = 3000 \cdot 0,001 = 3 \text{ мг/м}^3$, что превышает ПДК_{РВ} для рециркулируемого воздуха в 1,66 раза (3/1,8). Кроме того, выпускаемые отечественными производителями рукавные фильтры по конструктивному исполнению не обеспечивают взрывобезопасность цеха белого шлифования при возможном взрыве пыли в фильтре, так как не оснащены постоянно действующей системой задержания огня на выходе из фильтра.

Поэтому в цехах белого шлифования в качестве пылеуловителей применяют в основном циклоны типа УЦ-38, загрязняющие атмосферу пылевыми выбросами ($C_2 \approx 72 \text{ мг/м}^3$) [1] и вызывающие большой расход энергоносителя в системе приточной вентиляции.



В связи с выходом закона РФ "Об энергосбережении" (1996 г.) и резким увеличением цен на энергоносители у деревообрабатывающих предприятий появился спрос на рециркуляционные рукавные фильтры (РРФ) взрывобезопасного исполнения, обеспечивающие энергосбережение в системах приточной вентиляции цехов белого шлифования. При этом 19 деревообрабатывающих предприятий центральной части России установили в аспирационных пневмосистемах, обслуживающих шлифовальное оборудование, фильтры фирмы MOLDOV (Дания), оснащенные двухступенчатой очисткой воздуха, а также системами искрообнаружения и подавления пламени в подводящем трубопроводе, отсечными быстродействующими клапанами на выходе из фильтра.

Переходя к постановке задачи и способам ее решения, необходимо напомнить, что древесная шлифовальная пыль, являясь вредным загрязняющим веществом (класс опасности 4), попадая в атмосферный воздух одновременно адсорбирует на своей поверхности значительно более вредные вещества, например, хлорорганику, диоксины и сернистый ангидрид [2].

Комплексная задача обеспечения эффективной защиты атмосферного воздуха от вредных пылевых выбросов и максимально возможного энергосбережения в цехах белого шлифования решается за счет замены циклонов типа УЦ-38 взрывобезопасными рециркуляционными рукавными фильтрами (РРФ) с повышенной эффективностью очистки аспирационного воздуха, обеспечивающими:

— 100 %-ный возврат очищенного воздуха в цех и, как следствие, замену технологических выбросов через циклоны вентиляционными выбросами (через камеру общеобменной вытяжной вентиляции), имеющими существенно меньшие объемы и концентрацию пыли, чем технологические выбросы;

— максимально возможное по санитарным нормам уменьшение производительности камеры приточного воздуха при заданном значении $C_1 = 3000 \text{ мг/м}^3$ за счет многократного уменьшения концентрации пыли в рециркулируемом воздухе C_2 после РРФ по сравнению с допускарным значением $C_2 = \text{ПДК}_{\text{рв}} = 1,8 \text{ мг/м}^3$.

Повышение эффективности очистки аспирационного воздуха в РРФ достигается путем увеличения числа ступеней очистки в одном корпусе РРФ [3], которое определяется путем теоретического обоснования энергосберегающей эффективности очистки воздуха $\eta_{\text{э.о}}$ в РРФ.

$$\eta_{\text{э.о}} = 100\eta_{\text{тр}} = 100(1 - \varepsilon_{\text{д}}), \quad (1)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ — требуемый коэффициент очистки аспирационного воздуха; $\varepsilon_{\text{д}}$ — допустимый коэффициент проскока пыли через РРФ.

На основе величины $\eta_{\text{э.о}}$ подбирается вариант ступеней очистки с общей эффективностью $\eta_{\text{РРФ}}$, обеспечивающей выполнение условия

$$\eta_{\text{РРФ}} \geq \eta_{\text{э.о}}. \quad (2)$$

Обеспечение энергосберегающей эффективности очистки воздуха в РРФ позволяет при замене циклонов на РРФ и концентрации пыли в аспирационном воздухе $C_1 = 3000 \text{ мг/м}^3$ уменьшить производительность камеры приточного воздуха с $L_{\text{пр}} = L_{\text{АСС}}$ при использовании циклонов до минимально допустимого по санитарным нормам значения при использовании РРФ:

$$L_{\text{пр}} = [L_{\text{пр}}]_{\text{min}} = 0,1L_{\text{АСС}}, \quad (3)$$

где $L_{\text{АСС}}$ — суммарная производительность аспирационных установок, размещенных в цехе.

Выполнение условий (2), (3) обеспечивает десятикратное сокращение производительности камеры приточного воздуха и, как следствие, максимально возможное десятикратное энергосбережение при нагревании и организационной подаче приточного воздуха в цех.

Определение параметров $\eta_{\text{э.о}}$ и $\eta_{\text{РРФ}}$ осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе на основе составленного уравнения баланса пыли (между количеством поступающей в цех, удаляемой из него и оседающей в цехе) получена зависимость для определения производительности камеры приточного воздуха для цеха белого шлифования, обслуживаемого РРФ, работающими на открытой промышленной площадке под разрежением [4]:

$$L_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^m \frac{L_{\text{АС}i} \{ (1 - 0,01n)[0,9855 C_1(1 - \eta_{\text{пр}}) + 0,995 C_2] - 0,025 C_3 - 0,9 C_4 \}}{[C_3 - C_5(1 - 0,01n)]}, \quad (4)$$

где m — число возможных аспирационных установок, которые необходимо разместить в цехе ($m = 1, 2, \dots, k$); n — процент пыли, остающейся на полу и станках, которая не может быть удалена из цеха с помощью аспирационных пневмотранспортных установок рециркуляции воздуха — АСПТУРВ (рис. 1) и вытяжной вентиляции; $\eta_{\text{пр}}$ — коэффициент улавливания пыли приемниками станков; C_1 — концентрация пыли в аспирационном воздухе перед РРФ, мг/м^3 ; $C_2 = C_1 \varepsilon_{\text{д}}$ — концентрация пыли в очищенном воздухе после РРФ, мг/м^3 ; C_4, C_3 — концентрация

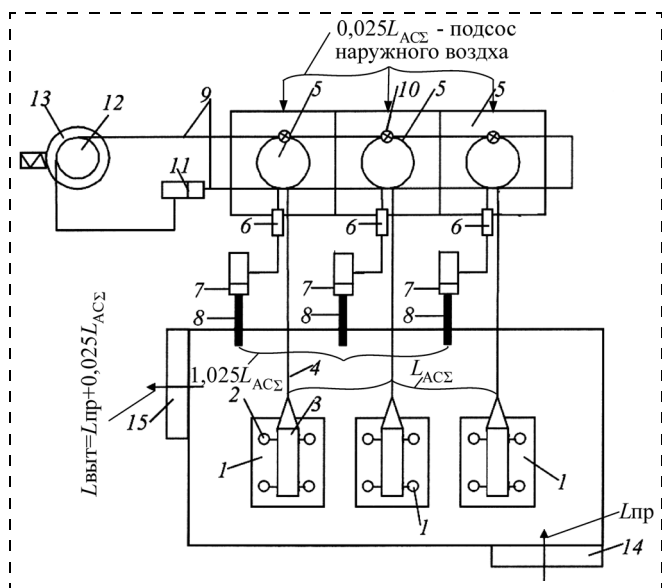


Рис. 1. Схема автономных АсПТУРВ-100 всасывающего типа и рециркуляционной ПТС (Санкт-Петербургская ЛТА):

1 — технологическое оборудование; 2 — ответвления; 3 — магистральные коллекторы переменного сечения; 4 — транспортные трубопроводы; 5 — комбинированные фильтры с трехступенчатой очисткой воздуха типа ПФРОД-НВ; 6 — огневые преградители; 7, 11 — радиальные вентиляторы обычного типа; 8 — рециркуляционные воздуховоды с воздухораспределителями; 9 — рециркуляционная ПТС; 10 — шлюзовые затворы серии ЗШ; 12 — циклон; 13 — бункер-накопитель серии УВП-БН (ЗАО "КОНСАР"); 14, 15 — системы приточной и вытяжной вентиляции

пыли в воздухе рабочей зоны* и за ее пределами, мг/м^3 : $C_4 = \text{ПДК}_{\text{рз}} = 6 \text{ мг/м}^3$ (где $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ — предельно допустимая концентрация пыли в рабочей зоне), $C_3 = 5 \text{ мг/м}^3$ (по данным АО "Нева"); C_5 — концентрация пыли в воздухе, поступающем в цех из приточной камеры, мг/м^3 ($C_5 = 0,36 \text{ мг/м}^3$).

На втором этапе по формуле (1) определялась энергосберегающая эффективность очистки воздуха $\eta_{\text{э.о}}$ в РРФ.

Для этого путем подстановки в зависимость (4) выражений $L_{\text{пр}} = 0,1L_{\text{АСЭ}}$, $C_2 = C_1\epsilon_{\text{д}}$ и решения полученного равенства относительно параметра $\epsilon_{\text{д}}$ по-

* Рабочая зона — пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

лучена зависимость для определения допускаемого значения коэффициента проскока пыли $\epsilon_{\text{д}}$ через РРФ. После подстановки зависимости для $\epsilon_{\text{д}}$ в выражение (1) получена зависимость для определения энергосберегающей эффективности очистки воздуха $\eta_{\text{э.о}}$ в РРФ [5] для обеспечения $L_{\text{пр}} = 0,1L_{\text{АСЭ}}$:

$$\eta_{\text{э.л}} = 100 \left\{ 1 - \left[\frac{0,125 C_3 + 0,9 C_4 - C_5(0,1 - 0,01n) - 0,9855 C_1(1 - 0,01n)(1 - \eta_{\text{пр}})}{0,995 C_1(1 - 0,01n)} \right] \right\} \quad (5)$$

После подстановки в (5) значений $C_1 = 3000$, $C_3 = 5$, $C_4 = 6$, $C_5 = 0,36 \text{ мг/м}^3$, $n = 5 \%$ и $\eta_{\text{пр}} = 0,998$ (для импортных станков типа Starmaster DA5274 с изолированными от цеха приемниками) получено значение энергосберегающей эффективности очистки воздуха в РРФ $\eta_{\text{э.о}} = 99,986 \%$.

На третьем этапе определялась эффективность очистки воздуха в РРФ ($\eta_{\text{РРФ}}$) при различных вариантах числа ступеней очистки (две и три), набираемых из пяти пылеулавливающих элементов, имеющих различную величину коэффициента очистки воздуха:

- 1) жалюзийная решетка ($\eta_1 = 0,5$);
- 2) фильтровальные рукава ($\eta_2 = 0,999$);
- 3) панель воздушных ячейковых фильтров типа ФЯК ($\eta_3 = 0,8$);
- 4) панель воздушных ячейковых фильтров типа ФЯК ($\eta_4 = 0,92$);
- 5) панель воздушных ячейковых фильтров типа ФЯК ($\eta_5 = 0,98$).

Расчет эффективности очистки воздуха $\eta_{\text{РРФ}} (\%)$ в составленных вариантах ступеней очистки РРФ производился по формуле [6]:

$$\eta_{\text{РРФ}} = 100 [1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \times (1 - \eta_3)(1 - \eta_4)(1 - \eta_5)]. \quad (6)$$

Во всех рассмотренных вариантах ступеней очистки использовались фильтровальные рукава ($\eta_2 = 0,999$). Результаты расчета $\eta_{\text{РРФ}}$ по шести вариантам составленных ступеней очистки воздуха в РРФ приведены в таблице.

Расчетные значения $\eta_{\text{РРФ}}$ по вариантам ступеней очистки воздуха в РРФ

| Номер варианта РРФ | Число ступеней очистки в РРФ | Варианты набора пылеулавливающих элементов в ступенях очистки воздуха | $\eta_{\text{РРФ}}, \%$ | $\eta_{\text{тр}}, \%$ | Выполнение условия $\eta_{\text{РРФ}} \geq \eta_{\text{тр}}$ | $C_2, \text{ мг/м}^3$, при $C_1 = 3000 \text{ мг/м}^3$ |
|--------------------|------------------------------|---|-------------------------|------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 1, 2 | 99,95 | 99,986 | Не выполняется | 1,5 |
| 2 | 2 | 2, 3 | 99,98 | 99,986 | Не выполняется | 0,6 |
| 3 | 3 | 1, 2, 3 | 99,99 | 99,986 | Выполняется | 0,3 |
| 4 | 2 | 2, 4 | 99,992 | 99,986 | Выполняется | 0,24 |
| 5 | 3 | 1, 2, 4 | 99,996 | 99,986 | Выполняется | 0,12 |
| 6 | 2 | 2, 5 | 99,998 | 99,986 | Выполняется | 0,06 |



Из анализа расчетной эффективности η_{PPF} вариантов ступеней очистки в РРФ можно сделать следующие заключения.

1. Для концентрации пыли C_1 в аспирационном воздухе перед РРФ, равной 3000 мг/м^3 , рекомендуется вариант 4 РРФ, имеющий две ступени очистки (фильтровальные рукава и воздушный ячеистый фильтр типа ФЯК), которые имеют меньшую начальную стоимость, чем ступени очистки РРФ по вариантам 3 и 5.

2. Для концентрации пыли в аспирационном воздухе перед РРФ $C_1 > 3000 \text{ мг/м}^3$ рекомендуется вариант 5 РРФ, имеющий три ступени очистки (жалюзийную решетку, фильтровальные рукава и воздушный ячеистый фильтр типа ФЯК) и большую эффективность очистки ($\eta_{\text{PPF}} = 99,996 \%$), чем у варианта 4 ($\eta_{\text{PPF}} = 99,992 \%$).

3. Для угольной пыли рекомендуется вариант 6 (без жалюзийной решетки).

4. При установке в цехе отечественного шлифовального оборудования следует применять вариант 1 РРФ. Устанавливать третью ступень очистки воздуха в РРФ в этом случае экономически нецелесообразно по причине низкой эффективности приемников отечественного шлифовального оборудования ($\eta \approx 0,95$) [7]. При эффективности ($\eta \approx 0,95$) коэффициент проскока пыли в цех из приемников составит $\varepsilon_{\text{пр}} = 1 - 0,95 = 0,05$, а абсолютный выброс пыли в цех, соответственно, $C_{\text{пр}} = C_1 \varepsilon_{\text{пр}} = 3000 \cdot 0,05 = 150 \text{ мг/м}^3$. Указанный выброс в 83 раза больше допустимого выброса пыли из РРФ, равного $[C_2] = 1,8 \text{ мг/м}^3$. Выброс пыли из приемников, имеющих эффективность $\eta_{\text{пр}} = 0,7$, при $C_1 = 3000 \text{ мг/м}^3$ составляет $\sim 900 \text{ мг/м}^3$, что больше допустимого выброса из РРФ в 500 раз.

Поэтому уменьшение количества поступающей в цех пыли при работе аспирационных пневмоустановок с рециркуляцией воздуха следует осуществлять путем применения технических решений, обеспечивающих повышение эффективности работы приемников $\eta_{\text{пр}}$, а не за счет повышения эффективности $\eta_{\text{э,о}}$ работы РРФ, которое связано с установкой в фильтре третьей ступени очистки, вызывающей увеличение энергозатрат на очистку.

Расчетная концентрация пыли в очищенном воздухе после РРФ, выполненного по варианту 5, при $C_1 = 3000 \text{ мг/м}^3$ составляет $C_2 = C_1(1 - \eta_{\text{PPF}}) = 3000(1 - 0,99996) = 0,12 \text{ мг/м}^3$ и меньше, чем допустимое значение для рециркулируемого воздуха $[C_2] = 1,8 \text{ мг/м}^3$ в 15 раз ($1,8/0,12$).

Расчет сокращения пылевых выбросов в атмосферу при замене циклонов УЦ-38 на РРФ для цехов белого шлифования осуществлялся по известной методике.

Масса пыли $M_{\text{п(б)}}$, выбрасываемой в атмосферу через циклоны УЦ-38, в базовом варианте (мг/ч)

$$M_{\text{п(б)}} = C_2 L_{\text{выбр}} = C_2 L_{\text{АС}\Sigma} = 72 L_{\text{АС}\Sigma}, \quad (7)$$

где $C_2 = C_1(1 - \eta_{\text{ц}}) = 3000(1 - 0,976) = 72 \text{ мг/м}^3$; $L_{\text{выбр}}$ — количество воздуха, выбрасываемого в атмосферу через циклоны, $\text{м}^3/\text{ч}$; $L_{\text{выбр}} = L_{\text{АС}\Sigma}$.

Для циклонов УЦ-38 № 20—1 $\eta_{\text{ц}} = 0,976$ [1].

Массы пыли $M_{\text{п(п)}}$, выбрасываемой в атмосферу через камеру общеобменной вытяжной вентиляции, в предлагаемом варианте (мг/ч)

$$\begin{aligned} M_{\text{п(п)}} &= C_2 L_{\text{выт}} = C_2 (L_{\text{пр}} + 0,025 L_{\text{АС}\Sigma}) = \\ &= C_2 (0,1 L_{\text{АС}\Sigma} + 0,025 L_{\text{АС}\Sigma}) = \\ &= 0,125 C_2 L_{\text{АС}\Sigma} = 0,15 L_{\text{АС}\Sigma}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $L_{\text{выт}}$ — производительность вытяжной системы вентиляции.

Сокращение пылевых выбросов в атмосферу при замене циклонов УЦ-38 на РРФ, выполненных по вариантам ступеней очистки 3, 4, 5, 6 для цехов белого шлифования,

$$n = \frac{M_{\text{п(б)}}}{M_{\text{п(п)}}} = \frac{72 L_{\text{АС}\Sigma}}{0,15 L_{\text{АС}\Sigma}} = 480 \text{ раз}. \quad (9)$$

На основе варианта 5 набора ступеней очистки в РРФ разработана рабочая документация РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха производительностью $12\,500 \text{ м}^3/\text{ч}$ во взрывобезопасном исполнении. Изготовлен и испытан опытный промышленный образец 8-секционного фильтра. РРФ имеет регенерацию фильтровальных рукавов путем обратной посекционной продувки рукавов очищенным воздухом и оснащен системой обнаружения секции с неисправным рукавом. Замена неисправного рукава осуществляется без остановки технологического вентилятора РРФ и технологического оборудования путем отключения неисправной рукавной секции от фильтра. При этом остальные семь секций продолжают работать в режиме фильтрации. Техническая характеристика РРФ приведена в статье [8].

Выполнен расчет экономической эффективности применения разработанного РРФ при очистке воздуха от древесной шлифовальной пыли вместо циклонов УЦ-38 для цеха с суммарной производительностью АСПТУРВ $L_{\text{АС}} = 50\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расчет показал, что дисконтированный срок окупаемости проекта для Ленинградской области составляет 4,69 лет, а для Красноярского края — 3,35 года [9].

При эксплуатации РРФ для обеспечения постоянства цикла "фильтрация—регенерация" рукавных секций в заданном диапазоне изменения производительности технологического вентилятора (ТВ) управление режимами фильтрации аспирационно-

го потока воздуха осуществляется посредством реле времени, которое настраивается на продолжительность режима фильтрации, определяемую экспериментальным путем или по аналитическим зависимостям.

Разработана аналитическая зависимость продолжительности режима фильтрации между периодами регенераций рукавных секций, удобная для инженерных расчетов [10]

$$T = \frac{\Delta P_{\text{пл}}^{\text{к}} a_2^{\text{к}} K_{\text{уп}} \rho_{\text{п}} \cdot 10^6}{C_1 \eta K_v V_{\text{ф}}^2}, \quad (10)$$

где $\Delta P_{\text{пл}}^{\text{к}}$ — гидравлическое сопротивление слоя древесной пыли на ткани рукавов в конце режима фильтрации, Па; $a_2^{\text{к}}$ — коэффициент фильтрации слоя древесной пыли в конце режима фильтрации, $\text{м}^2/(\text{Па} \cdot \text{с})$; $a_2^{\text{к}} = a_1^{\text{к}}$; $a_1^{\text{к}}$ — коэффициент фильтрации критически запыленной ткани, $\text{м}^2/(\text{Па} \cdot \text{с})$; $\rho_{\text{п}} = 150$ — насыпная плотность древесной шлифовальной пыли хвойных пород, $\text{кг}/\text{м}^3$; $K_{\text{уп}} = 1,05$ — коэффициент уплотнения слоя пыли на ткани рукавов от перепада давлений; C_1 — концентрация пыли перед пылеуловителем, $\text{мг}/\text{м}^3$; $\eta = 0,999$ — коэффициент очистки воздуха фильтровальной тканью рукавов; $V_{\text{ф}}$ — средняя скорость фильтрации, $\text{м}/\text{с}$; $V_{\text{ф}} = 0,5 (V^{\text{н}} + V^{\text{к}})$; $V^{\text{н}}$, $V^{\text{к}}$ — скорость фильтрации в начале и конце режима, $\text{м}/\text{с}$, $K_v = V^{\text{к}}/V_{\text{ф}} < 1,0$.

Коэффициент фильтрации слоя древесной пыли на ткани рукавов в конце режима фильтрации, $\text{м}^2/(\text{Па} \cdot \text{с})$, определяется по формуле [10]

$$a_2^{\text{к}} = a_1^{\text{к}} = \frac{B_1^{\text{к}} \cdot 10^{-3} S \cdot 10^{-3}}{\Delta P_{\text{тк}}^{\text{к}}}, \quad (11)$$

где $B_1^{\text{к}}$ — воздухопроницаемость критически запыленной ткани в конце режима фильтрации, $\text{мд}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; $B_1^{\text{к}} \cdot 10^{-3} = V^{\text{к}}$; S — толщина фильтровальной ткани, мм ; $\Delta P_{\text{тк}}^{\text{к}}$ — гидравлическое сопротивление критически запыленной ткани в конце режима фильтрации, Па.

Гидравлическое сопротивление слоя пыли на ткани рукавов РРФ в конце режима фильтрации, Па, определяется по аналитической зависимости [11]

$$\Delta P_{\text{пл}}^{\text{к}} = \Delta H_{\text{в}}^{\text{к, н}} + 1,984 \cdot 10^{-5} [(L_{\text{в}}^{\text{н}})^2 - (L_{\text{в}}^{\text{к}})^2], \quad (12)$$

где $\Delta H_{\text{в}}^{\text{к, н}}$ — перепад давлений на характеристике выбранного типоразмера ТВ в конце (к) и начале (н) режима фильтрации, Па; $L_{\text{в}}^{\text{н}}$, $L_{\text{в}}^{\text{к}}$ — производительность ТВ в начале и конце режима фильтрации, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Производительность ТВ в начале режима фильтрации определяется по зависимости [11]

$$L_{\text{в}}^{\text{н}} = \left(\frac{0,717 \Delta P_{\text{пл}}^{\text{к}} + 1,984 \cdot 10^{-5} (L_{\text{в}}^{\text{к}})^2 - 2,53}{1,984 \cdot 10^{-5}} \right)^{1/2}. \quad (13)$$

Значение $\Delta P_{\text{пл}}^{\text{к}}$ задается в пределах (500...800) Па.

$L_{\text{в}}^{\text{к}} = L_{\text{в(ном)}}$, $L_{\text{в(ном)}}$ — номинальная производительность РРФ, $\text{м}^3/\text{ч}$.

На рис. 2 представлены зависимости от производительности вентилятора $L_{\text{в}}$ гидравлических сопротивлений ΔP в сети АСПТУРВ (кривые 1–4) и давления $H_{\text{в}}$, развиваемого вентилятором (кривая 5) при гидравлическом сопротивлении пылевого следа на ткани воздушных ячейковых фильтров типа ФЯК $\Delta P_{\text{пл}2} = 0$. На кривой 5 участок $ГВ$ соответствует варианту 1 режима фильтрации, заканчивающемуся при $L_{\text{в}} = 12\,500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Пылевой слой в этом случае имеет гидравлическое сопротивление $\Delta P_{\text{пл}}^{\text{в}} = 496$ Па; участок $ГБ$ — варианту 2 режима фильтрации (заканчивается при $L_{\text{в}} = 12\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\Delta P_{\text{пл}}^{\text{б}} = 820$ Па).

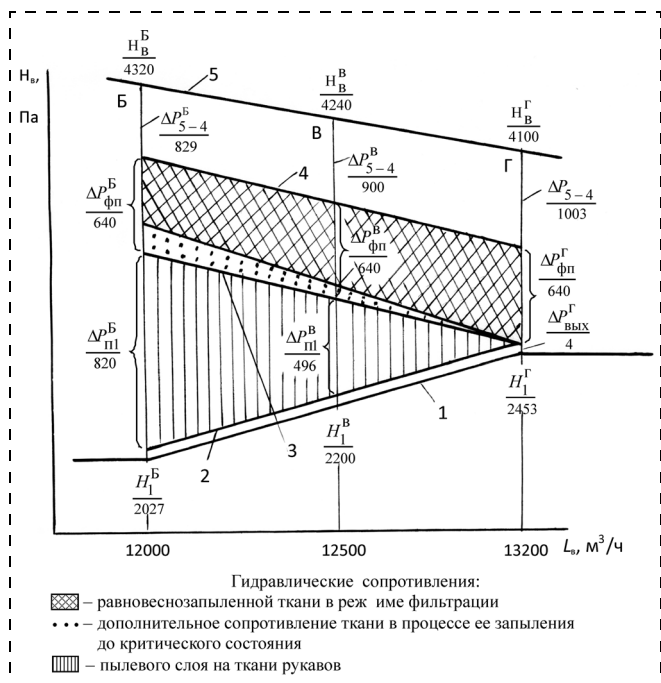


Рис. 2. Зависимость $H_{\text{в}} = f(L_{\text{в}})$ в сети АСПТУРВ и восьмисекционном РРФ (кривые 1–5) с независимой системой регенерации рукавов:

1 — в сборном трубопроводе на входе в фильтр; 2 — в пылеулавливающей камере (на поверхности пылевого слоя); 3 — между пылевым слоем и тканью рукавов; 4 — внутри фильтровальных рукавов; 5 — давление вентилятора [11]



Выводы

1. Разработанная аналитическая зависимость (5) энергосберегающей эффективности очистки воздуха в РРФ позволила определить для цехов белого шлифования, оснащенных импортным шлифовальным оборудованием, энергосберегающее значение эффективности очистки воздуха в РРФ, равное 99,986 %. Полученное значение $\eta_{э,о}$ позволило обосновать число и вариант стандартных ступеней очистки в РРФ и определить расчетную эффективность очистки воздуха в РРФ $\eta_{РРФ} = 99,996$ %. Указанная эффективность очистки воздуха в РРФ обеспечивает при $C_1 = 3000$ мг/м³ возврат очищенного воздуха в цех и 15-кратное уменьшение концентрации пыли в рециркулируемом воздухе C_2 по сравнению с допустимым значением $[C_2] = 1,8$ мг/м³.

Это позволяет при замене циклонов на разработанные РРФ получить максимально возможное десятикратное уменьшение производительности камеры приточного воздуха и, как следствие, десятикратное энергосбережение при нагревании и организованной подаче приточного воздуха в цех.

2. Обеспечение при $C_1 = 3000$ мг/м³ с помощью разработанного РРФ высокого качества очистки воздуха ($C_2 = 0,12$ мг/м³ < $[C_2] = 1,8$ мг/м³), позволяющего рециркулировать очищенный воздух в цех, и установка в камере общеобменной вытяжной вентиляции цеха панели воздушных ячеяковых фильтров типа ФЯВ $\eta_{ФЯВ} = 0,8$ позволяют заменить технологические выбросы из циклонов ($C_2 = 72$ мг/м³) вентиляционными выбросами ($C_2 = 1,2$ мг/м³).

Указанные вентиляционные выбросы имеют в 8 раз меньшие объемы и в 60 раз меньшую концентрацию пыли, чем технологические выбросы через циклоны, что обеспечивает при замене циклонов на РРФ сокращение пылевых выбросов в атмосферу в 480 раз.

3. В цехах белого шлифования, оснащенных отечественным оборудованием, экономически целесообразно устанавливать в фильтре третью ступень очистки. В этом случае РРФ должен иметь две ступени очистки (жалюзийную решетку и фильтровальные рукава).

4. Разработанные для режима фильтрации (РЖФ) аналитические зависимости: коэффициента фильтрации слоя древесной пыли на ткани рукавов a_2 (11), производительности вентилятора РРФ в начале режима фильтрации L_B^H (13), гидравлического сопротивления пылевого слоя на ткани рукавов

в конце режима фильтрации $\Delta P_{пл}^K$ (12) и продолжительности режима фильтрации между периодами регенераций рукавных секций T (10) позволяют на проектном уровне определить продолжительность T , необходимую для настройки реле времени и обеспечения управления циклами "фильтрация—регенерация" рукавных секций РРФ в автоматическом режиме.

Список литературы

1. Грубе Н. А., Яковлев Г. И., Егоров В. И. Расчет эффективности пылеочистки воздуха циклонами типа УЦ // Деревообрабатывающие машины и вопросы резания древесины: Межвуз. сб. науч. тр. СПбГЛТА, 1984. — С. 25—31.
2. Гриванова О. В. Оценка и прогноз загрязнения атмосферного воздуха лесозаготовительными и деревообрабатывающими предприятиями (на примере Приморского края). Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 2006. 74 с.
3. Патент РРФ 2202401. Фильтр рукавный для трехступенчатой очистки воздуха от механических примесей / Воскресенский В. Е., Автаев С. Н. // Б. И. — 2003. — Т 11.
4. Воскресенский В. Е., Автаев С. Н. Некоторые аспекты определения производительности систем приточной и вытяжной общеобменной вентиляции в деревообрабатывающих цехах, обслуживаемых рециркуляционными рукавными фильтрами // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. — СПбГЛТА, 1999. — С. 46—51.
5. Воскресенский В. Е., Автаев С. Н. Решение задачи оптимального энергосбережения и уменьшения пылевых выбросов в атмосферу в цехах белого шлифования деревообрабатывающих производств // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 17. — СПб.: СПбГЛТА, 2006. — С. 146—152.
6. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / Максимов В. Ф., Вольф И. В., Винокурова Т. А. и др.: Учебник для вузов. — М.: Лесн. пром-сть, 1989. — 416 с.
7. Лапкаев А. Г. Создание безопасности и нормальных условий труда в процессах деревообработки по пылевому фактору. Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. — Красноярск, 2006. — 312 с.
8. Воскресенский В. Е. Повышение технического уровня рециркуляционных рукавных фильтров // Деревообрабатывающая промышленность. — 2003. — № 1. — С. 19—21.
9. Воскресенский В. Е., Автаев С. Н., Веселов Е. П. Экономическая эффективность применения рециркуляционных рукавных фильтров при очистке воздуха от древесной шлифовальной пыли // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 171. — СПб.: ЛТА, 2004. — С. 97—103.
10. Автаев С. Н. Обоснование структуры и параметров рециркуляционного фильтра для деревообрабатывающих производств на основе энергосберегающей очистки воздуха. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л., 2005. — 193 с.
11. Воскресенский В. Е., Проневич Б. В. Аналитическая модель гидравлического сопротивления слоя пыли на ткани рукавов рециркуляционных фильтров // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 178. — СПб., СПбГЛТА, 2007. — С. 65—77.

УДК 62-782.2+662.6/9 (075.8)

И. И. Суханова, канд. техн. наук, доц.,
В. И. Полушкин, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф., СПбГАСУ,
Э. А. Ситников, ООО ЭРОСТ

Пневматическая пылеуборка в промышленных производствах

Рассмотрены возможные варианты конструкций систем пневматической уборки пыли, приведены основы расчета систем всасывающего пневмотранспорта с учетом уточненных формул определения скорости частиц в воздухоотводах.

Многие технологические процессы (дробление материалов, их загрузка, разгрузка, транспортирование, смешивание и др.) сопровождаются интенсивным выделением пыли в атмосферу производственных помещений.

Традиционным путем снижения запыленности является использование местной вытяжной вентиляции (аспирации). Но, как показывает практика, полностью локализовать пылевыведение средствами вентиляции не удается и часть пыли, выделяющаяся при производстве и транспортировании сухих строительных смесей, оседает на полу, оборудовании, конструкциях. Наиболее крупные частицы пыли оседают на полу и вблизи источников ее образования. Мелкие фракции частиц пыли, увлекаемые воздушными потоками, разносятся по помещению и загрязняют поверхности строительных конструкций и оборудования.

На полу и других горизонтальных поверхностях, расположенных на высоте до 2 м от уровня пола, оседает 4...12 (г/м²)/ч твердых частиц, а на поверхностях, отстоящих от пола на большей высоте, — около 1 (г/м²)/ч.

Использование для уборки помещений щеток, метел, скребков, а тем более сдува сжатым воздухом не обеспечивает необходимой чистоты, и самое главное, приводит к вторичному пылеобразованию: осевшая пыль под действием инструментов уборки вновь поднимается в воздух, переходит во взвешенное состояние и создает повышенную концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны.

Как показали исследования, при ручной уборке с пола удаляется 50...60 % массы пыли, остается неубранной 40...50 %, в том числе во взвешенное состояние переходит около 10 % пыли. Запыленность воздуха в зоне дыхания уборщика, работающего метлой, возрастает в 10—20 раз по сравнению с фоновой концентрацией, имевшей место до уборки [1].

Высокими санитарно-гигиеническими характеристиками отличается вакуумная пылеуборка. Она обеспечивает высокую производительность, полное отсасывание пыли, удаление ее из труднодоступных мест и транспортирование к месту выгрузки, отсутствие пыления, возможность возврата собранного материала в производство.

Проектирование системы вакуумной пылеуборки заключается в выборе наиболее рациональной схемы системы, в аэродинамическом расчете сети воздухопроводов и подборе устройств по очистке удаляемого из помещения воздуха от пыли и побудителей тяги. Принципиальная схема стационарной системы вакуумной очистки промышленных зданий приведена на рис. 1.

Движение твердого тела в воздушном потоке определяется скоростью транспортирования, которая, в свою очередь, зависит от скоростей трогания и витания. Величины этих скоростей зависят от плотности твердых частиц, их размеров и формы.

Скорость витания частицы произвольной формы определяют по формуле [2]

$$u_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{2M_{\text{ч}}g}{KF\rho_{\text{г}}}},$$

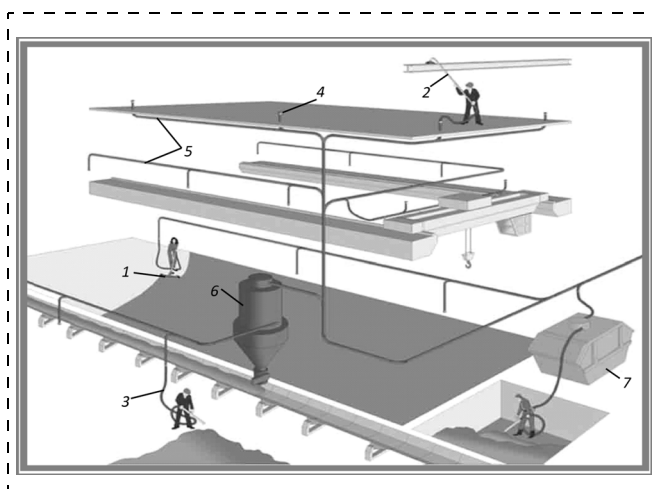


Рис. 1. Принципиальная схема стационарной системы вакуумной очистки

1 — насадка; 2 — рукоятка; 3 — шланг; 4 — штуцер-клапан; 5 — трубопровод; 6 — стационарный фильтр-сепаратор; 7 — предварительный сепаратор



где $M_{\text{ч}}$ — масса частицы; $\rho_{\text{г}}$ — плотность газа; g — ускорение свободного падения; F — площадь миделева сечения частицы; K — коэффициент аэродинамического сопротивления среды, зависящий от числа Рейнольдса.

Для скорости витания шарообразной частицы [2] может быть предложена формула

$$u_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{4gd\rho_{\text{ч}}}{3K\rho_{\text{г}}}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ч}}$ — плотность частицы; d — диаметр частицы.

Для тел шарообразной формы зависимость коэффициента аэродинамического сопротивления среды K , зависящего от числа Рейнольдса Re , установлена в результате многочисленных экспериментов:

- при $Re < 1$ $K = 24/Re$;
- при $10 < Re < 10^4$ $K = 0,47$;
- при $Re > 10^4$ $K = 0,2$.

Для практических инженерных расчетов О. М. Тодесом [3] была предложена критериальная зависимость, связывающая критерии Рейнольдса для режима витания частицы шарообразной формы $Re_{\text{вит}}$ и критерий Архимеда Ar :

$$Re_{\text{вит}} = \frac{Ar}{18 + 0,16\sqrt{Ar}},$$

где критерий Архимеда определяется по формуле

$$Ar = \frac{gd^3(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}})}{\rho_{\text{г}}\nu^2},$$

где ν — кинематическая вязкость воздуха.

По вычисленному значению $Re_{\text{вит}}$ находят скорость витания частицы

$$u_{\text{вит}} = \frac{Re_{\text{вит}}\nu}{d}. \quad (2)$$

На рис. 2 приведены графики зависимости скорости витания от диаметра частиц, полученные по формулам разных авторов при плотности материала частиц 2000 кг/м^3 . Здесь число Рейнольдса изменяется от 400 до 10^4 , поэтому коэффициент аэродинамического сопротивления среды K , используемый в формуле (1), принимается равным $0,47$. Из графиков видно, что значения скорости витания, вычисленные по формулам (1) и (2), приблизительно равны между собой.

Если частица при увеличении скорости воздуха начинает двигаться по воздуховоду, периодически опускаясь на его поверхность, а иногда перекатываясь по ней, то скорость, при которой происходит этот процесс, называется скоростью трогания $u_{\text{т}}$. Если частица поднялась в воздух и начинает дви-

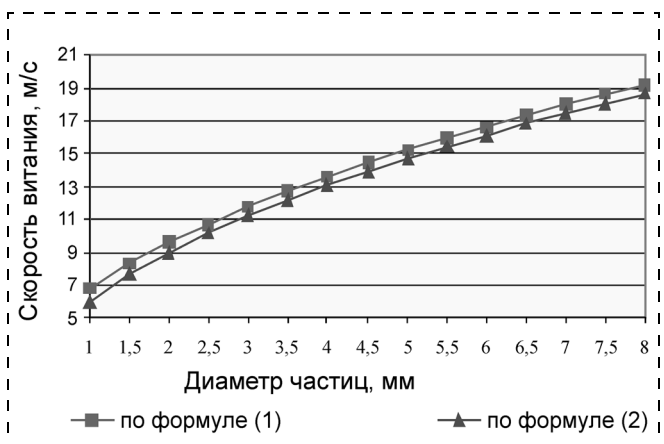


Рис. 2. Зависимость скорости витания от диаметра частиц

гаться вместе с ним (или несколько отставая, но не опускаясь на поверхность воздуховода), то такая скорость воздуха называется скоростью транспортирования $u_{\text{тр}}$.

Некоторые авторы [1, 4] для получения скоростей трогания и транспортирования предлагают увеличивать скорость витания в $1,2 \dots 1,5$ раза.

В работе [2] скорость трогания частиц определяют по формуле

$$u_{\text{т}} = u_{\text{вит}} \left(1 + \frac{K + \frac{\pi}{4}\bar{a}^2}{\bar{\rho}_{\text{ч}}\bar{d}} \right), \quad (3)$$

где $\bar{d} = d/D$ — относительный диаметр частицы; D — диаметр трубопровода, мм; $\bar{\rho}_{\text{ч}} = \rho_{\text{ч}}/\rho_{\text{г}}$ — относительная плотность частицы; $\bar{a} = a/D$, a — абсолютная шероховатость поверхности, мм.

Абсолютные шероховатости для различных материалов, из которых изготавливаются воздуховоды, приведены в табл. 1.

Уравнение О. М. Тодеса [3] для определения скорости трогания одиночной частицы, лежащей на горизонтальном участке, имеет вид:

$$u_{\text{т}} = \frac{Re_{\text{т}}\nu}{d}, \quad (4)$$

Таблица 1

Абсолютная шероховатость поверхности

| Поверхность | Абсолютная шероховатость поверхности a , мм |
|------------------------------------|---|
| Кровельная сталь (непроолифленная) | 0,02...0,04 |
| Новая оцинкованная сталь | 0,05 |
| Цементная штукатурка | 0,05... 0,22 |
| Дерево | 0,15...0,3 |
| Асфальт | 3,0 |

где Re_T — критерий Рейнольдса для режима трогания частицы:

$$Re_T = \frac{A_{\Gamma} f_{\Gamma}}{18 + 0,61 \sqrt{A_{\Gamma} f_{\Gamma}}},$$

где f_{Γ} — коэффициент трения материала о трубопровод.

По рис. 3 можно сравнить скорости трогания, вычисленные по формулам (3) и (4), с экспериментальными данными [1].

Значение скоростей трогания, полученные по формуле (3), практически совпадают с экспериментальными данными.

Для определения скорости транспортирования частиц можно использовать формулу [2]:

$$u_{\Gamma} = u_{\text{вит}} \left(1,5 + \frac{K + \frac{\pi \bar{a}^2}{4}}{\bar{\rho}_q \bar{d}} \right)^2. \quad (5)$$

Эта формула дает результаты, которые подтверждаются экспериментальными исследованиями [1] (рис. 4).

На основании полученных графиков можно сделать вывод, что рассмотренные выше формулы могут быть использованы для практических расчетов.

Скорость транспортирования материалов зависит не только от плотности и размеров частицы, но и от массовой концентрации аэрозоля в воздуховоде:

$$u_{\Gamma, \mu} = u_{\Gamma} (1 + k\mu),$$

где k — коэффициент, характеризующий сыпучесть материала, изменяется от 0,5 до 1,4; μ — массовая концентрация аэрозоля в воздуховоде, определяемая отношением массы транспортируемого материала G_M к массе воздуха G_B :

$$\mu = G_M / G_B.$$

В табл. 2 приведены экспериментальные значения скорости транспортирования пучков хлопка при различных массовых концентрациях аэрозоля в воздуховоде.

Некоторые частицы не являются плотными телами. Они состоят из отдельных частиц, например пуха, хлопка, керамзита, окатышей и т. д. Такие частицы являются воздухопроницаемыми. Для определения скорости транспортирования таких частиц можно использовать формулу (5), но вместо коэффициента аэродинамического сопротивления среды K в нее надо подставить коэффициент аэродинамического сопротивления проницаемых тел K_{Π} , который находят из соотношения

$$\frac{1 - K_{\Pi}}{1 - K} = \frac{1 - K_{\text{ж.с}}}{1 - K_{\text{ж.с}}^2}, \quad (6)$$

где $K_{\text{ж.с}} = \Sigma f_o / F$ — коэффициент живого сечения тела; F — площадь миделева сечения тела, м^2 ; Σf_o — площадь сквозной поры, м^2 .

Пример 1. Определить скорость витания и скорость транспортирования пучков хлопка диаметром $d = 0,007$ м, плотностью $\rho_q = 200$ $\text{кг}/\text{м}^3$. Воздуховод выполнен из оцинкованной стали ($a = 0,05$ мм — см. табл. 1) и имеет диаметр $D = 200$ мм. Температура воздуха в воздуховоде 20 °С, давление $101,325$ кПа (потери давления в воздуховоде пренебречь). Коэффициент живого сечения пучка хлопка $K_{\text{ж.с}} = 0,3$.

Решение.

- принимаем плотность воздуха $\rho_r = 1,2$ $\text{кг}/\text{м}^3$ при нормальных условиях (температура воздуха 20 °С, давление $101,325$ кПа); кинематическую вязкость воздуха $\nu = 15 \cdot 10^{-6}$ $\text{м}^2/\text{с}$;

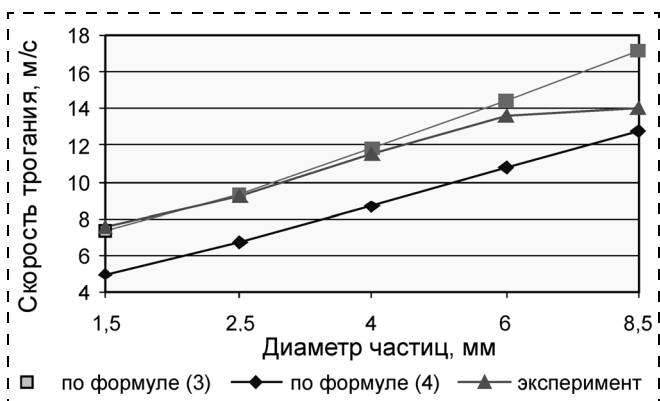


Рис. 3. Зависимость скорости трогания от диаметра частиц

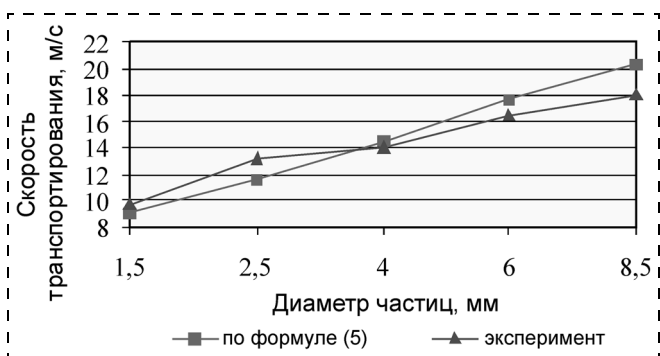


Рис. 4. Зависимость скорости транспортирования от диаметра частиц

Таблица 2

Скорость транспортирования материалов

| Массовая концентрация аэрозоля, μ | Скорость транспортирования $u_{\Gamma, \mu}$, м/с |
|---------------------------------------|--|
| 0,1...0,2 | 10 |
| 0,2...0,3 | 11 |
| 0,3...0,4 | 12 |
| 0,4...0,5 | 13...14 |
| 0,5...0,8 | 15...19 |



- вычисляем относительные величины

$$\bar{d} = \frac{0,007}{0,2} = 0,035; \bar{\rho}_q = \frac{200}{1,2} = 166,7;$$

$$\bar{a} = \frac{0,05}{0,2} = 0,25;$$

- принимаем режим движения в пределах $10 \leq Re \leq 10^4$, тогда коэффициент аэродинамического сопротивления среды $K = 0,47$;
- скорость витания вычисляем по формуле (1)

$$u_{\text{вит}} = \left(\frac{4 \cdot 9,81 \cdot 0,007 \cdot 200}{3 \cdot 0,47 \cdot 1,2} \right)^{0,5} = 5,7 \text{ м/с};$$

- находим число Рейнольдса по формуле

$$Re = \frac{u_{\text{вит}} d}{\nu} = \frac{5,7 \cdot 0,007 \cdot 10^6}{15} = 2,66 \cdot 10^3;$$

число Рейнольдса находится в принятом диапазоне; если окажется, что величина числа Рейнольдса не попадает в выбранный диапазон, то расчеты повторяются; при этом принимается соответствующий режим движения;

- аэродинамический коэффициент проникаемого тела K_{Π} определяем по формуле (6)

$$\frac{1 - K_{\Pi}}{1 - 0,47} = \frac{1 - 0,3}{1 + 0,3^2}; \text{ откуда } K_{\Pi} = 0,66;$$

- для условий примера 1 искомую скорость транспортирования определяем по формуле (5)

$$u_{\text{тр}} = 5,7 \left(1,5 + \frac{0,66 + 0,25^2 \pi/4}{166,7 \cdot 0,035} \right)^2 = 14,99 \text{ м/с.}$$

Пример 2. Определить скорости витания, трогания и транспортирования пучков хлопка диаметром $d = 0,005$ м. Остальные условия принять по примеру 1.

Решение:

- принимаем $10 \leq Re \leq 10^4$

$$K = 0,47; K_{\Pi} = 0,66; \bar{d}_q = \frac{0,05}{0,2} = 0,025;$$

$$\bar{\rho}_q = \frac{200}{1,2} = 166,7; \bar{a} = 0,25;$$

- скорость витания

$$u_{\text{вит}} = \left(\frac{4 \cdot 9,81 \cdot 0,005 \cdot 200}{3 \cdot 0,47 \cdot 1,2} \right)^{0,5} = 4,82 \text{ м/с};$$

- число Рейнольдса

$$Re = \frac{4,82 \cdot 0,005 \cdot 10^6}{15} = 1,61 \cdot 10^3;$$

- скорость трогания

$$u_{\text{т}} = u_{\text{вит}} \left(1 + \frac{K_{\Pi} + \bar{a}^2 \pi/4}{\bar{\rho}_q \bar{d}_q} \right) =$$

$$= 4,82 \left(1 + \frac{0,66 + 0,25^2 \pi/4}{166,7 \cdot 0,025} \right) = 5,64 \text{ м/с};$$

- скорость транспортирования

$$u_{\text{тр}} = u_{\text{вит}} \left(1,5 + \frac{K_{\Pi} + \bar{a}^2 \pi/4}{\bar{\rho}_q \bar{d}_q} \right)^2 =$$

$$= 4,82 \left(1,5 + \frac{0,66 + 0,25^2 \pi/4}{166,7 \cdot 0,025} \right)^2 = 13,44 \text{ м/с.}$$

В табл. 3 приведено сопоставление опытных данных и результатов расчета по приведенным формулам для различных материалов.

При определении скорости транспортирования необходимо учитывать и влажность материала. Если материал повышенной влажности, то скорость необходимо увеличить.

Обозначив абсолютную влажность материала Ω и приняв, что системой пневмотранспорта перемещается материал влажностью, увеличенной на $\Delta\Omega$, можно определить плотность влажного материала, а затем воспользоваться вышеприведенными формулами.

Плотность влажного материала, кг/м^3

$$\rho_{\text{вл.м}} = \rho_q \left(1 + \frac{\Delta\Omega}{\Omega} \frac{1000}{\rho_q} \right).$$

Пример 3. Определить скорость транспортирования пучков хлопка при аэродинамическом коэффициенте воздухопроницаемости $K_{\Pi} = 0,4$, абсолютной влажности сухого материала 8 %. Влажность транспортируемого хлопка увеличена на 2 %.

Таблица 3

Скорость витания, трогания и транспортирования различных материалов для нормальных условий воздуха в воздуховоде $D = 200$ мм

| Аэрозоль | Плотность твердых частиц ρ_q , кг/м^3 | Диаметр частиц d , м | Скорость*, м/с | | |
|-------------------|---|------------------------|------------------|----------------|-----------------|
| | | | $u_{\text{вит}}$ | $u_{\text{т}}$ | $u_{\text{тр}}$ |
| Пучки хлопка | 200 | 0,005 | 1,3/4,8 | 3/5,6 | 11,5/13,4 |
| Хлопок-сырец | 900 | 0,04 | 10/9,2 | 12/9,8 | 12/14,5 |
| Опилки | 700 | 0,03 | 7/2,2 | 10/4,6 | 14/15,0 |
| Древесная стружка | 700 | 0,01 | 15/12,8 | 16/13,2 | 17/16,6 |

* В числителе приведены экспериментальные значения скорости, в знаменателе — расчетные величины.



Плотность пучка сухого хлопка 200 кг/м^3 , диаметр пучка хлопка $0,007 \text{ м}$. Диаметр воздуховода 200 мм , $\bar{a} = 0,25$. Остальные исходные данные принять по примеру 1.

Решение

- плотность влажного материала

$$\rho_{\text{вл.м}} = 200 \left(1 + \frac{2}{8} \frac{1000}{200} \right) = 450 \text{ кг/м}^3;$$

- относительная плотность пучков хлопка

$$\bar{\rho}_{\text{ч}} = 450/1,2 = 375;$$

- относительный диаметр частицы

$$\bar{d} = 0,007/0,2 = 0,035;$$

- скорость витания пучков хлопка

$$u_{\text{вит}} = \left(\frac{4 \cdot 9,81 \cdot 0,007 \cdot 375}{3 \cdot 0,47} \right)^{0,5} = 8,55 \text{ м/с};$$

- скорость транспортирования

$$u_{\text{тр}} = 8,55 \left(1,5 + \frac{0,4 + 0,25^2 \pi/4}{375 \cdot 0,035} \right)^2 = 20,125 \text{ м/с}.$$

Вакуумные насосы могут обеспечить перепад давления в системе до $80\,000 \text{ Па}$. Отличие расчета таких всасывающих систем состоит в том, что учитывается разрежение воздуха в воздуховоде и связанная с этим разница в плотности и физическом объеме воздуха в начале транспортного трубопровода и в конце его:

$$\rho_{\text{Г}} = \frac{p_{\text{атм}} - \Delta p}{292,7 T}, \quad (7)$$

где $p_{\text{атм}}$ — атмосферное давление, Па; Δp — потери давления в системе, Па; T — термодинамическая температура воздуха, К.

Расход воздуха в конце участка:

$$Q_{\text{кон}} = Q_{\text{нач}} \frac{\rho_{\text{Г.нач}}}{\rho_{\text{Г.кон}}}, \quad (8)$$

где $\rho_{\text{Г.нач}}$ и $\rho_{\text{Г.кон}}$ — плотность воздуха соответственно в начале и в конце участка; $Q_{\text{нач}}$ — расход воздуха в начале участка.

Потери давления в системе определяются по формуле:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{нас}} + \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{сеп}},$$

где $\Delta p_{\text{нас}}$ — потери давления в насадке, Па; $\Delta p_{\text{тр}}$ — потери давления в трубопроводе, Па; $\Delta p_{\text{сеп}}$ — потери давления в предварительном сепараторе или в фильтре-сепараторе, Па.

Потери давления в трубопроводе с учетом транспортируемого материала равны:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \Sigma \frac{\lambda}{D} L_{\text{пр}} \frac{\rho_{\text{Г}} u_{\text{Г}}^2}{2} (1 + k_{\mu}),$$

где λ — коэффициент сопротивления трения воздуха о стенки трубопровода; $L_{\text{пр}}$ — приведенная длина транспортного трубопровода, м; k — опытный коэффициент, зависящий от вида материала.

Приведенная длина транспортного трубопровода:

$$L_{\text{пр}} = \Sigma L_{\text{Г}} + \Sigma L_{\text{В}} + \Delta L_{\text{Н}} + \Delta L_{\text{ЭК}},$$

где $\Sigma L_{\text{Г}}$, $\Sigma L_{\text{В}}$, $\Delta L_{\text{Н}}$ — суммарные длины горизонтальных, вертикальных и наклонных участков, м; $\Sigma L_{\text{ЭК}}$ — сумма эквивалентных длин, заменяющих местные сопротивления (тройники, переходники, отводы), м.

Особенность расчета таких систем состоит в том, что окончательные величины расходной концентрации и диаметра транспортного трубопровода, а иногда и марка тягодутьевой машины, определяются после нескольких вариантов полного гидравлического расчета системы.

Пример 4. Определить расход воздуха в конце участка всасывающего воздуховода, если расход воздуха в начале участка $Q_{\text{нач}} = 400 \text{ м}^3/\text{ч}$, температура воздуха в воздуховоде $20 \text{ }^\circ\text{C}$, давление в начале участка $p_{\text{атм}} = 101,325 \text{ кПа}$, потери давления на участке составляют $\Delta p = 30\,000 \text{ Па}$.

Решение.

- принимаем плотность воздуха в начале участка $\rho_{\text{Г.нач}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$ (для нормальных условий при температуре воздуха $20 \text{ }^\circ\text{C}$, давлении $p_{\text{атм}} = 101,325 \text{ кПа}$);
- плотность воздуха в конце участка определяется по формуле (7)

$$\rho_{\text{Г.кон}} = \frac{101\,325 - 30\,000}{292,7(273 + 20)} = 0,8 \text{ кг/м}^3;$$

- расход воздуха в конце участка — по формуле (8)

$$Q_{\text{кон}} = 400 \frac{1,2}{0,8} = 600 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Как видно, за счет уменьшения плотности воздуха на участке расход воздуха увеличился в полтора раза.

Список литературы

1. Курников А. А., Курников В. А. Пневматическая пылеуборка цехов машиностроительных заводов. — М: Машиностроение, 1983. — 152 с.
2. Полужкин В. И., Разумов Н. Ф., Шувалова Л. Е. Очистка воздуха от пыли. — СПб.: СПбГАСУ, 1996. — 100 с.
3. Толес О. М. Аппараты с кипящим зернистым слоем. — М., 1981. — 296 с.
4. Кузнецов Ю. М. Пневмотранспорт: Теория и практика. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005. — 61 с.

УДК 574

Э. В. Хоробрых, академик МАНЭБ, канд. экон. наук,
научно-исследовательский экономический институт

Министерства экономики республики Беларусь,

З. Г. Патева, канд. экон. наук, доц.,

Институт экономики Национальной Академии наук Беларуси

О методах эколого-экономической оценки нарушения экологического равновесия в результате аварий и катастроф

Рассмотрены методы эколого-экономической оценки нарушения экологического равновесия, вызванного действием природных и техногенных факторов, на основе определения социально-экономического ущерба. При определении ущерба рассмотрен дифференцированный подход с учетом каждого отдельного слагаемого этого ущерба.

Резко участвовавшие за последнее время случаи возникновения природных и техногенных аварий и катастроф выдвигают качественно новые, гораздо более высокие требования к точности и достоверности количественных оценок их последствий. Особенно с учетом того, что многие негативные природные и техногенные процессы начинают создавать всевозрастающую угрозу устойчивому развитию как отдельных государств, так и всего мирового сообщества. Осознание этого факта, а также настоятельной необходимости перехода от ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций к их заблаговременному предупреждению и предотвращению (профилактике) принципиально меняет характер всей деятельности по повышению экологической безопасности жизнедеятельности населения.

Эколого-экономическая оценка нарушения экологического равновесия, вызванного действием ряда природных и техногенных факторов, базируется на применении понятия социально-экономического ущерба, отображающего возникающие в результате аварий и катастроф различного рода потери материальных благ или их потребительских свойств, созданных прошлым трудом; потери (недополучение) потенциальных материальных благ или их потребительских свойств при понесенных затратах; недополучение ожидаемого результата при неосуществленных затратах или потери естественных природных благ; дополнительные затраты на компенсацию понесенных потерь; нерациональное использование наличных материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Для измерения этого ущер-

ба в зависимости от масштабов чрезвычайной ситуации, условий проведения расчетов и поставленной цели используются самые разные методы: прямого счета, контрольных районов, аналитических зависимостей, косвенной (эмпирической) оценки "приземных концентраций", "валовых выбросов" и др.

В итоговых документах Июкогамской конференции, проводившейся в рамках Международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий (МДУОСБ, 1994), неоднократно подчеркивалось, что их профилактика должна основываться на анализе и оценке риска возможных бедствий. К сожалению, международное признание необходимости оценки риска в качестве стратегической меры по уменьшению потерь от возможных опасных техногенных процессов было сделано при отсутствии общепринятых методик и опыта использования таких оценок в практике разработки, ввода в эксплуатацию объектов хозяйствования, что не позволяет в полной мере воспользоваться этой весьма ценной рекомендацией упомянутой конференции. Все предложения о необходимости оценки риска возникновения чрезвычайных ситуаций, нарушения экологического равновесия и его экономической оценки остаются лишь на страницах научных монографий. Хотя, по мнению многих ученых и практиков, неостребованность оценки риска и экологического ущерба в хозяйственной практике ныне является одной из основных причин, обуславливающих возможность разработки и практической реализации экологически опасных проектов, создающих реальные угрозы экологической безопасности жизнедеятельности населения.

Дальнейшее совершенствование методов эколого-экономической оценки последствий чрезвычайных ситуаций должно осуществляться на основе применения их теоретически состоятельной систематизации, классификации по различным признакам, отображающим как факторы негативного воздействия, так и характер вызываемых ими последствий.

Для правильной оценки ущерба весьма важно четко установить масштабы поражения, границы нарушения экологического равновесия, а также правильно определить меры социальной защиты, экологической и экономической реабилитации или, напротив, отчуждения пострадавших территорий. При этом для установления статуса последних не столь важно, что явилось источником бедствия — природные или техногенные катастрофы, аварии, постепенное накопление опасных загрязняющих веществ или истощение природных ресурсов и т. д. Главное в данном случае — сам результат действия разрушительных источников бедствия или их комбинации, причем в первую очередь для жизни, здоровья и социального благополучия населения.

Важным классификационным признаком экономического ущерба является также иерархический уровень его локализации. Как известно, экономическая оценка одних и тех же потерь может осуществляться на нескольких уровнях. Например, последствия временной нетрудоспособности можно оценивать, во-первых, с позиций самого заболевшего, во-вторых, с позиций предприятия, где он работает, в-третьих, с позиции экономики в целом. В соответствии с этим различают три основных уровня оценки ущерба: субъективно-индивидуальный (человек), хозяйственный (коммерческий) и народнохозяйственный (общественный, национальный, государственный). Помимо этого, по локализационному признаку ущерб от чрезвычайных ситуаций подразделяется на совокупный и реципиентный.

Столь детальная классификация потерь (затрат), обусловленных чрезвычайной ситуацией, позволяет реализовать довольно широкий спектр функций оценки как фактических, так и прогнозируемых потерь нарушения экологического равновесия, в том числе связанных с разработкой системы действенных мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций, преодолению и минимизации их негативных последствий. Заданные по множеству первичных факторов потерь наборы классификационных признаков полностью определяют расчетную модель и наиболее целесообразный перечень факторов, образующих потери от возможных нарушений экологического равновесия.

В основе эколого-экономической оценки нарушения экологического равновесия лежит расчет потерь по видам: прямые и косвенные потери, упущенная выгода и дополнительные затраты. Наряду с ними часто рассчитывают показатели полного ущерба (сумма прямого и косвенного ущерба и затрат на ликвидацию последствий события), а также общего (интегрированного) ущерба (сумма всех потерь, убытков и затрат с учетом сопостав-

ления экстраполированного доаварийного развития как пораженных территорий и производств, так и всего народного хозяйства с выбранным вариантом ликвидации последствий, реабилитации и социально-экономического развития пострадавших структур народного хозяйства).

Величина общего ущерба после глубокого или катастрофического экологического нарушения может быть более-менее точно определена лишь по истечении 30...90 лет. Очевидно, что при столь широком диапазоне продолжительности указанного периода целесообразность ориентации на его верхнюю границу проблематична. Однако это не должно привести к отказу от показателя общего ущерба. Он необходим хотя бы уже потому, что нельзя полностью исключать в будущем катастрофические события типа черновобльских.

При исчислении и оценке ущерба, вызванного природной либо техногенной катастрофой или крупномасштабной аварией, следует иметь в виду, что со временем первоначальный ущерб может увеличиваться. Это прежде всего связано с необходимостью проведения дополнительных мероприятий по восстановлению нарушенного равновесия и ликвидации его отдаленных последствий. Немалые трудности при исчислении рассматриваемого показателя общего ущерба нередко возникают и в связи с необходимостью учета инфляции, которая очень часто сопровождается как возникновение чрезвычайных ситуаций, так и реабилитацию пострадавших от них территорий.

Для комплексной эколого-экономической оценки возможного нарушения экологического равновесия, вызываемого воздействием природного и техногенного факторов, может быть использован показатель интегрированного риска, рассматриваемый как многофакторная функция, объединяющая в себе риски возникновения социального, материального (экономического) и экологического ущерба.

Риск социального ущерба учитывает негативное воздействие нарушения экологического равновесия прежде всего на здоровье людей и социальную сферу жизнедеятельности. В качестве главного параметра социального ущерба, связанного с гибелью людей или ухудшением их здоровья, могут быть использованы затраты на спасение жизни (или улучшение здоровья) людей. К социальному ущербу следует отнести также дополнительные затраты, обусловленные изменением условий жизнедеятельности людей (вынужденная эвакуация, переселение и т. д.).

При оценке *риска экологического ущерба* важно учесть, по возможности, все его составляющие, относящиеся ко всем основным компонентам окружающей природной среды (воздушный бассейн, водоемы, почвы, минерально-сырьевые ресурсы и др.).



В качестве критерия *риска материального ущерба* предлагается использовать потерю устойчивости материального объекта вследствие как прямого воздействия на него природных и техногенных факторов (разрушение зданий, сооружений, оборудования и т. д.), так и опосредованного (через загрязнение окружающей среды).

При этом следует учесть, что, оценивая эколого-экономические последствия нарушения экологической устойчивости, важно учитывать иерархический уровень ее локализации. В частности, эколого-экономическая оценка последствий нарушения экологического равновесия на национальном уровне должна основываться на определении потерь доходной части бюджета и учета увеличения его расходов. На уровне отдельной фирмы при эколого-экономической оценке последствий следует исходить из произошедшего в результате нарушения экологического равновесия сокращения доходов фирмы и увеличения осуществляемых ею производственных затрат.

В общем случае при возникновении чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных промышленных объектах в качестве первичных факторов риска социального ущерба обычно выступают ущерб здоровью людей и затраты, связанные с переселением людей из опасных для проживания районов. При этом основными слагаемыми ущерба здоровью людей, как правило, являются:

ущерб от химического, радиологического и иного вредного воздействия на население;

ущерб от воздействия психологического фактора; дополнительные затраты, вызванные ухудшением здоровья населения (компенсации, льготы, дополнительная медицинская помощь и т. д.).

Нередко к ним добавляется снижение национального дохода вследствие роста заболеваемости, увеличения количества выходов на инвалидность и смертности в трудоспособном возрасте.

Затраты, связанные с переселением из опасных районов, в свою очередь, слагаются из ассигнований в жилищно-гражданское строительство в пунктах переселения и создание рабочих мест; расходов на развитие материально-технической базы строительного комплекса; выплат компенсаций за утраченное имущество и на переезд, а также дополнительных затрат на функционирование населенных пунктов на загрязненных территориях, включая затраты на проведение экологического и радиологического мониторинга окружающей среды и его научно-техническое обеспечение.

Первичные факторы риска экологического ущерба в конечном итоге сводятся к потерям соответствующих природных ресурсов: земельных; лесных; средозащитных функций леса (водозащитные, поч-

возащитные, рекреации, климаторегулирующие); минерально-сырьевых и водных.

Особенно многообразны первичные факторы риска материального ущерба. Условно их можно подразделить на следующие четыре группы:

— затраты на проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ;

— затраты, связанные с ликвидацией очагов поражения;

— потери, нанесенные объектам производственного и социального назначения;

— материальный ущерб от простоя объектов, вызванного чрезвычайной ситуацией.

Методы расчета вышеперечисленных основных слагаемых социального, экологического и материального (экономического) ущерба, вызванного нарушением экологического равновесия, характеризуются большой спецификой. Поэтому их рассмотрение наиболее целесообразно на основе дифференцированного подхода, т. е. в разрезе каждого отдельного слагаемого ущерба.

Ущерб, связанный с гибелью и поражением людей

При определении потерь, связанных с гибелью и поражением людей, в настоящее время в Беларуси руководствуются действующими нормативно-законодательными документами Республики Беларусь, согласно которым ущерб от гибели и травмирования людей при чрезвычайных ситуациях рассчитывается посредством суммирования выплат пособий по временной нетрудоспособности, доплат по случаю частичной или полной потери трудоспособности, пенсий инвалидам, пособий на погребение, пособий и пенсий по случаю потери кормильца; расходов на клиническое и санаторно-курортное лечение, по обеспечению инвалидов 1-й группы, а также условных потерь национального дохода. При этом в выплаты пособий по временной нетрудоспособности пострадавшему, помимо оплаты больничных листов, включаются выплаты единовременного пособия пострадавшему предприятием и профсоюзной организацией.

Доплаты по случаю частичной или полной потери трудоспособности определяются суммированием доплат пострадавшему до среднего заработка за весь период его перевода с основной работы на нижеоплачиваемую, выплат для возмещения ущерба здоровью пострадавшему при частичной или полной потере им трудоспособности и расходов за неотработанный отпуск.

Из всех других слагаемых общей суммы ущерба от гибели и травмирования людей в результате возникновения чрезвычайной ситуации нуждается в

особом рассмотрении разве только еще одно — условные потери национального дохода. Обычно они выражаются стоимостью национального дохода, недополученного государством.

Ущерб, связанный с эвакуацией и переселением населения

Общий размер экономического ущерба, связанного с эвакуацией и переселением населения в безопасные районы на постоянное или временное место жительства, принято подразделять на прямые и косвенные потери и дополнительные расходы. При этом к прямым потерям относят выплаты средней заработной платы за период вынужденного нахождения работников без работы, а также единовременные денежные пособия переселяющимся, устанавливаемые по предложениям Министерства по чрезвычайным ситуациям и Минфина. Косвенные потери, в свою очередь, включают транспортные расходы на перевозку населения, домашних животных и имущества из мест проживания в безопасные районы и расходы на медицинское обслуживание населения в пути следования, определяемые с учетом размера дневной заработной платы медицинского персонала, количества суток (часов) медицинского обслуживания, стоимости амортизации оборудования, инструментов и расхода лекарственных препаратов, а также транспортных расходов на перевозку обслуживающего медицинского персонала.

Дополнительные расходы на эвакуацию населения в безопасные районы — это прежде всего затраты на ликвидацию и минимизацию последствий чрезвычайных ситуаций и создание нормальных условий жизнедеятельности населения в новых местах проживания. Основными слагаемыми их являются расходы на обеспечение нуждающихся продовольствием и имуществом, а также на аренду временных жилых помещений до предоставления постоянного жилища. Правда, они будут иметь место лишь в том случае, если имущество пострадавшего населения утрачено полностью или частично. Если же имущество населения сохраняется и семьи расселяются для временного проживания в санаториях, пансионатах, домах отдыха, детских оздоровительных лагерях и гостиницах и им выплачивается единовременное денежное пособие, указанные дополнительные расходы будут отсутствовать.

Затраты на аварийно-спасательные и другие неотложные работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Эти затраты включают: оплату труда различных специалистов, участвующих в спасательных и не-

отложных работах; затраты, связанные с тушением пожаров подразделениями пожарной охраны; стоимость работы различных машин и механизмов, привлекаемых на эти работы; стоимость медицинских препаратов и медикаментов, израсходованных при оказании первой медицинской помощи пострадавшим; стоимость дегазирующих и дезактивирующих веществ и растворов, применяемых для обезвреживания сильнодействующих ядовитых веществ и удаления радиоактивных нуклидов с зараженных участков и территорий объекта; стоимость дополнительного потребления электроэнергии, горюче-смазочных материалов и воды. Все эти затраты определяются исходя из объемов выполненных работ, принятых единичных расценок, количества видов работ и стоимости израсходованных материальных средств для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Экологический ущерб от загрязнения минерально-сырьевых и водных ресурсов

Потери минерально-сырьевых ресурсов, расположенных в зоне экологического нарушения, относятся к безвозвратным. Расчет их стоимости производится с учетом стоимости запасов полезных ископаемых (по экономической оценке разведанных месторождений), объемов их добычи, переработки, экспорта, а также переработки вторичных ресурсов. При этом денежная оценка месторождения полезных ископаемых определяется по ожидаемому доходу от их промышленного использования либо по стоимости товарной продукции, которая может быть получена в процессе их переработки.

Величина экологического ущерба от нарушения запасов полезных ископаемых в результате аварии определяется по потере прибыли от реализации добытого полезного ископаемого.

Экологический ущерб от загрязнения водных ресурсов в результате нарушения экологического равновесия может быть рассчитан исходя из удельного экономического ущерба, причиняемого сбросом 1 т вредного вещества с учетом объема сточных вод и величины концентрации загрязняющих их веществ.

Поскольку одни и те же водные объекты в большинстве случаев одновременно используются и для водопотребления, и для водоотведения, то общим критерием их оценки обычно служит качество поверхностных вод, определяемое составом загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах предприятий и поверхностном стоке с водосборов. Для количественной оценки качественного состояния водоисточников наиболее целесообразно использовать интегральные относительные показатели, характеризующие не только качество вод в реке



ниже сброса сточных вод, но и воздействие антропогенных нагрузок на всю длину реки и весь речной бассейн. Этому требованию в наибольшей мере отвечают методы оценки качества воды, основанные на уравнении материального баланса.

Экологический ущерб от загрязнения поверхностных вод в стоимостном выражении определяется по приросту приведенных затрат на очистку подземных и поверхностных вод после возникновения чрезвычайных ситуаций по сравнению с их величиной, имевшей место ранее, т. е. до того, как произошла рассматриваемая авария или катастрофа. Общий экологический ущерб от загрязнения запасов подземных вод в анализируемом регионе можно также исчислить исходя из суммарного увеличения затрат на водоснабжение в районе экологического нарушения, вызванного необходимостью восстановления загрязненных запасов в результате возникновения чрезвычайных ситуаций.

Ущерб от уничтожения и повреждения основных и оборотных фондов

Материальный ущерб от уничтожения основных фондов определяется по их остаточной стоимости за вычетом стоимости материальных ценностей, годных к дальнейшему использованию, и ликвидационной стоимости. В случае частичного повреждения здания ущерб оценивают по стоимости его ремонта и восстановления. Для этого обычно используются данные о процентном соотношении поврежденных строительных конструкций и их удельной первоначальной стоимости.

Стоимость восстановления (ремонта) поврежденных основных фондов может рассчитываться также по удельным показателям. По зданиям и строениям они определяются исходя из процентного соотношения стоимости отдельных частей (конструктивных элементов) к общей стоимости; по машинам и оборудованию — на основе процентного соотношения стоимости отдельных узлов, агрегатов и деталей к их общей стоимости.

Ущерб от уничтожения (повреждения) оборотных фондов, вызванный возникновением чрезвычайной ситуации, определяется посредством вычитания из стоимости товарно-материальных ценностей на момент чрезвычайного происшествия стоимости материальных ценностей, оставшихся после него. При этом в качестве стоимостных оценок оборотных фондов обычно используются:

на стадии производства — себестоимость оборотных фондов, рассчитанная исходя из произведенных затрат на обработку сырья, материалов и т. п. до той стадии, в которой они находились на момент уничтожения;

на базах (складах) — цены (оптовые или розничные) с учетом торговых скидок, накидок накладных расходов и норм естественной убыли;

в розничной торговле — фактическая себестоимость (но не выше их стоимости по государственным розничным ценам с учетом норм естественной убыли).

Ущерб от простоя производственного объекта, вызванного чрезвычайной ситуацией

Потери от простоя производственного объекта по причине возникновения чрезвычайных ситуаций включают в себя израсходованную заработную плату рабочим, часть условно-постоянных расходов, оплату штрафов за недопоставку продукции, прибыль, недополученную за период простоя, и материальный ущерб от одновременной приостановки эксплуатации нескольких производственных объектов. Расчет каждой из перечисленных составляющих совокупного ущерба от простоя производственного объекта по причине возникновения чрезвычайной ситуации производится на основе действующих отраслевых инструкций.

Из всех слагаемых данного вида ущерба от нарушения экологического равновесия наибольшую сложность представляет исчисление материального ущерба от одновременной приостановки функционирования ряда других производственных объектов, находящихся в тесной технологической взаимосвязи с рассматриваемым конкретным объектом. Во избежание серьезных ошибок при его определении важно четко представлять себе всю технологическую цепочку производства конечной продукции, в которой задействован и рассматриваемый производственный объект, вынужденный временно приостановить свое функционирование по причине возникновения чрезвычайной ситуации. При этом необходимо учитывать возможность одновременного простоя предприятий, занятых не только на последующих стадиях промышленной обработки исходного сырья с целью получения готовой продукции, что наиболее вероятно и очевидно, но и на предшествующих стадиях.

Таким образом, расчет ущерба от нарушения экологического равновесия в результате аварий и катастроф природного и техногенного характера по вышеперечисленным слагаемым позволит принимать обоснованные решения по обеспечению безопасности жизнедеятельности, охране окружающей природной среды и объектов народного хозяйства, экономически обосновать основные направления ликвидации или минимизации последствий аварий и катастроф.



УДК 624.042.8(08)

Е. К. Борисов, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,

Л. Г. Лысак, асп., **А. Г. Усов**,

Дальневосточный государственный технический университет, г. Владивосток

Обеспечение безопасности малоэтажных зданий при динамических воздействиях

Рассмотрены возможности применения промежуточных подушек из сыпучего материала для обеспечения безопасности малоэтажных зданий, построенных в несейсмостойких вариантах, на базе использования результатов экспериментальных динамических калибровок натуральных зданий-аналогов, обработанных методами статистической динамики.

В соответствии со СНиП II-7—81* (ОСР-97, карты А, В, С) вся территория Российской Федерации нормативно разделена на сейсмически активные зоны разного уровня интенсивности в зависимости от установленной степени риска. Эти документы задают только базовую сейсмичность, которую, как правило, приходится уточнять в результате полевых геофизических работ в связи с отличием конкретных грунтовых и гидрологических условий площадок строительства от эталонных. Для нормативных 5...7-балльных территорий в каждом конкретном случае это приводит к необходимости определять, относится ли площадка предполагаемого строительства к сейсмически активной и надо ли строящееся сооружение выполнять в сейсмостойком варианте.

Когда уточненная сейсмичность оказывается менее 6 баллов или более 7 баллов, вопрос о выборе типа строящегося сооружения решается однозначно. Однако достаточно часто уточненная сейсмичность площадки лежит в "граничной" полосе 6—7 баллов. Учитывая, что сейсмостойкое строительство приводит к удорожанию до 30 %, у заказчика появляется желание построить сооружение в несейсмостойком варианте, оборудуя его простейшими инженерными системами гашения сейсмических импульсов при распространении их с грунта на фундамент. Эта тенденция становится особенно сильной, когда предприятия строительной индустрии, производящие сейсмостойкие конструкции, находятся на значительном удалении от района строительства.

Вопрос о защите строящихся сооружений может возникнуть и для несейсмических районов, если они располагаются в динамических полях, генери-

рованных регулярными промышленными взрывами в карьерах и разрезах.

Несмотря на формальную схожесть двух вышеупомянутых ситуаций, их динамические поля принципиально различны практически по всем определяющим параметрам (интенсивности, относительной продолжительности, частотно-спектральному составу, повторяемости, скорости затухания импульсов на трассе распространения, массе приводимого в движение грунта и т. п.). Кроме того, если при землетрясениях речь идет о защите сооружения от достаточно редких, объективных природных воздействий, то при промышленных взрывах внешний импульс имеет техногенный характер и его параметры доступны регулированию по тем или иным критериям. В большинстве случаев в качестве такого критерия используют достаточно искусственную величину, в адрес которой в последнее время высказывается значительная критика, — "векторную скорость" колебаний грунта по условию не превышения ею нормативного значения для шестибалльного землетрясения по шкале MSK-64. В этом случае предполагается, что безопасность инженерных сооружений обеспечена *a priori*.

Таким образом, очевидна целесообразность создания инженерных систем защиты, обеспечивающих безопасность охраняемых сооружений при внешних воздействиях интенсивностью 6...7 баллов.

Детерминированное математическое описание поведения охраняемых сооружений при кинематическом возбуждении достаточно хорошо разработано. Однако, учитывая существенную, предопределенную ее природой стохастичность грунтовой среды в районе расположения охраняемого сооружения и неопределенность законов трансформации энергонесущего сигнала при его переходе от грунта к фундаменту и распространении в конструктивных элементах сооружения, описать процессы, проходящие в системе "грунт—охраняемое сооружение", можно только вероятностно-статистическими методами.

Детерминистические методы для решения этой проблемы не могут быть использованы непосредственно, поскольку требуют численного задания ряда коэффициентов, описывающих свойства зо-



ны контакта охраняемого сооружения с энергонесущей средой. Попытки их определения на масштабных моделях встречают большие трудности в связи с необходимостью выбора и выполнения критериев подобия, а на натуральных объектах при взрывных воздействиях от промышленных взрывов — с отсутствием возможности варьировать определяющие параметры в необходимом диапазоне. Единственным реальным путем получения необходимой достоверной информации является выполнение специальных натуральных экспериментальных исследований [1].

В связи с изложенным решение задачи по обеспечению безопасности охраняемых сооружений, расположенных в динамических полях, генерированных землетрясениями или промышленными взрывами, с помощью простейших инженерных систем защиты представляется как научная задача, имеющая важное значение для горного дела и строительства, наиболее перспективным решением которой являются методы статистической динамики сооружений, позволяющие проводить непосредственный анализ экспериментально полученных процессов и числовых массивов системами компьютерной математики.

Поскольку тип интерпретационной модели экспериментальных наблюдений имеет определяющее влияние на конечные качественные и количественные оценки, нами разработана "гибридная модель", в которой преобразование колебательной энергии при переходе от грунта к фундаменту определяется с использованием экспериментально измеренных колебаний грунта и сооружения при динамических калибровках зданий-представителей [2].

Как известно, преобразование входного случайного процесса $x(t)$, проходящего через линейную динамическую систему, состоящую из $(N + 1)$ последовательно соединенных элементов, может быть представлено как

$$y(t) = L_N L_{N-1} \dots L_1 L_0 x(t),$$

где L_i — линейные операторы, для которых справедливо соотношение

$$\varphi_i(f) = |H(f)|_i^2 = SF_i(f)/SF_{i-1}(f),$$

где $SF_i(f)$ — спектр Фурье процесса на выходе i -го элемента системы; $\varphi_i(f)$ — передаточная функция i -го элемента системы; $|H(f)|_i$ — амплитудно-частотная характеристика i -го элемента, справедливая и для финитных случайных процессов.

Если элемент системы (в частности, зона контакта грунта и фундамента) определяется оператором с коэффициентами, величина которых неиз-

вестна и не может быть рассчитана теоретически, передаточная функция от грунта к фундаменту $\varphi_0(f)$ оценивается прямым сопоставлением спектров выходного (на фундаменте) и входного (на грунте) процессов, зарегистрированных при динамических калибровках с последующим усреднением для ансамблей внешних воздействий. Полученная таким образом $\varphi_0(f)$ несет информацию об исследованном сооружении и грунтах в его основании в целом и показывает, как происходит перераспределение амплитуд по частотам при переходе динамического импульса от грунта к фундаменту.

Затем спектр Фурье колебаний грунта с помощью экспериментально полученной $\varphi_0(f)$ преобразуется в спектр, результатом инверсии которого является скорректированное расчетное входное воздействие, на которое и производится расчет сооружения, как SDF-модели*.

В связи с линейностью системы фазочастотные характеристики у входного и выходного процессов одинаковы и, поскольку высокочастотные составляющие, как правило, незначительны, отсутствуют и проблемы, связанные с эффектом Гиббса.

Отличие разработанной модели от традиционных состоит в том, что при спектральном анализе осциллограмм отпадает необходимость знания характеристик исследуемого элемента, кроме того, что он линейный. Таким образом, преобразование входного процесса линейной системой, содержащей элемент с неопределенными характеристиками, представляется как

$$y(t) = L_{зд}[\text{inv}\{|H(f)|_0^2 SF_x(f)\}],$$

где $L_{зд}$ — оператор, описывающий сооружение (здание) в соответствии с принятыми расчетной и математической моделями; $SF_x(f)$ — спектр Фурье входного процесса в целом.

Отличие разработанной (гибридной) модели от традиционных заключается в том, что она сочетает теоретические методы с результатами обработки экспериментально полученной информации. Как показала практика ее применения, при использовании современных программных продуктов гибридная модель позволяет производить быструю оценку безопасности исследуемого сооружения и прогнозировать его поведение. В общем случае она может быть реализована для любой системы, в том числе и содержащей элементы с неопределенными характеристиками.

* SDF-модель — одномассовая модель, линейный осциллятор.

Передаточные функции (рис. 1) были определены динамическими калибровками ряда типовых для массовой застройки в Дальневосточном регионе пятиэтажных жилых зданий с грунтами II категории по сейсмическим свойствам в основании [3]:

T1 и T2 — панельные на свайном фундаменте и ленточном фундаменте с гравийной (щебеночной) подушкой мощностью 0,8...1,1 м (пос. Талакан, Амурская область);

C1 и C2 — кирпичное на ленточном фундаменте и панельное на свайном фундаменте (Спасск Дальний, Приморский край);

Л — кирпичное на ленточном фундаменте (пос. Лозовый, Приморский край);

У — панельное на свайном фундаменте (пос. Угловое, Приморский край);

Б — монолитное на фундаментной плите (пос. Береговой, Приморский край).

Передаточные функции показывают что для практически одинаковых здания T1 и T2 наличие у последнего гравийной подушки приводит к резкому усилению гашения динамического импульса.

Поскольку динамические калибровки реальных зданий не дают возможности вариации параметров, были проведены динамические испытания трех полунатурных фрагментов (рис. 2) на щебеночных подушках мощностью 0, 30 и 60 см с различной степенью пригрузки на сейсмические воздействия, генерированные короткозамедленным взрыванием скважинных зарядов. Скорость по продольной составляющей в районе расположения фрагментов достигала 70 мм/с [4].

В результате были установлены статистические зависимости жесткостных и демпфирующих свойств щебеночных подушек от интенсивности динамических воздействий и определены численные оценки влияния толщины и степени нагружения щебеночных подушек на редуцирование перемещений фрагментов и характер передаточных функций.

В 1989 г. в пос. Горячий Пляж, остров Шикотан, Сахалинская область (нормативная сейсмичность по СНиП II-7-81 соответствует 9₁ баллам) было запланировано строительство группы трехэтажных жилых домов габаритными размерами в плане 46,8 × 12,0 м на ленточных фундаментах. Типовой проект зданий был разработан для районов с сейсмичностью до 9 баллов. Отсутствие на островах Курильской гряды производства строительных конструкций привело к необходимости строительства зданий из пемзоблоков местного производства, в результате чего их расчетная сейсмостойкость существенно снизилась. Кроме того, отсутствовали данные по фактической сейсмической интенсивности грунтов площадки строитель-

ства, что привело к необходимости выполнения комплекса работ:

1) определения динамических характеристик грунтов площадки и уточнения ее сейсмической интенсивности до начала строительства;

2) разработки простой в исполнении и эффективной инженерной системы сейсмоизоляции зданий с использованием местных строительных материалов;

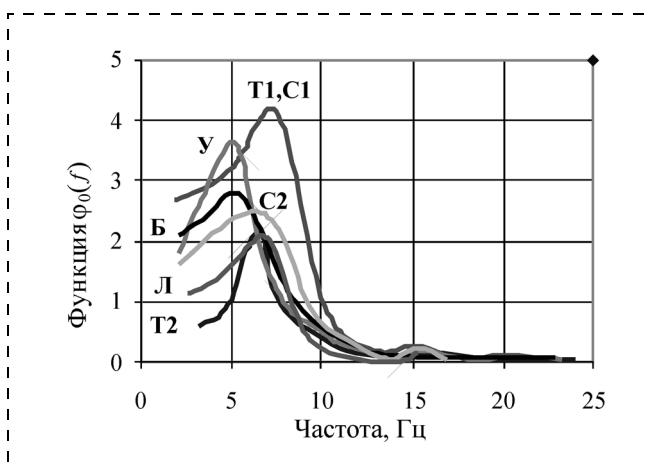


Рис. 1. Передаточные функции для исследованных динамической калибровкой пятиэтажных зданий

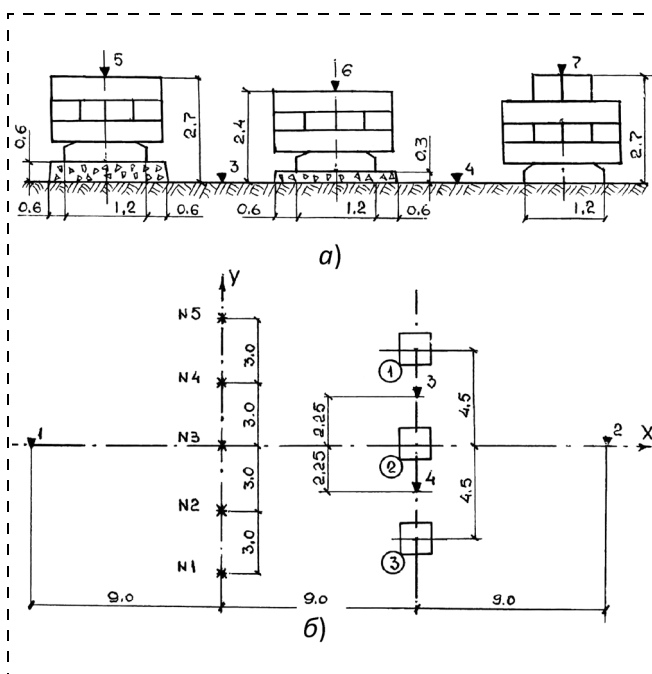


Рис. 2. Ситуационная схема полигона при исследовании демпфирующих свойств щебеночных подушек для полунатурных фрагментов:

а — вид на фрагменты со стороны взрывных скважин; б — план полигона; * — скважины взрывного поля; ▼ — точки измерения динамики грунта и фрагментов; ② — номера фрагментов



3) динамической калибровки дома-представителя с целью проверки соответствия реальных демпфирующих свойств сейсмоизоляции проектным и решения о возможности ее применения в дальнейшем на других зданиях [5].

По изысканиям Южно-Сахалинского отделения ДальТИСИЗ грунты площадки исследования (III категории) были представлены характерными для островов Курильской гряды продуктами выветривания вулканических пород: перемежающимися пепловыми суглинками, сильновыветрелой пемзой и щебенистыми грунтами общей мощностью до 15...20 м на слабыветрелых туфобрекчиях. Грунтовые воды отмечались с глубины 1,9 м от дневной поверхности.

Уточнение сейсмической интенсивности площадки было выполнено по методу сейсмических жесткостей с генерированием импульсов мгновенным взрыванием взрывчатого вещества в группе из трех скважин (рис. 3, а). Всего было проведено 15 взрывов. Измерительная система состояла из аппаратуры, расположенной непосредственно на площадке строительства и ближайшем выходе подстилающих скальных пород на дневную поверхность на расстоянии около 540 м от площадки. Расчетная оценка сейсмостойкости здания в варианте из

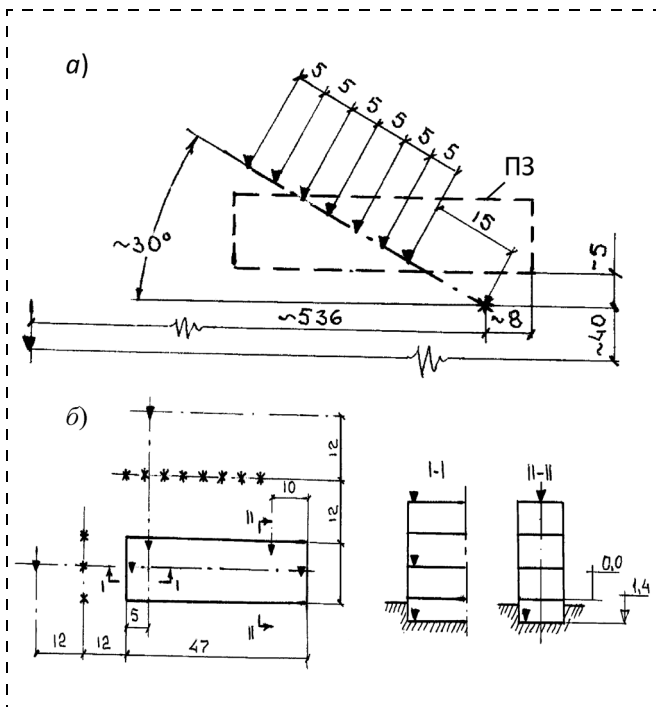


Рис. 3. Ситуационные схемы исследований:

а — уточнение сейсмической интенсивности площадки (показана точка измерения \blacktriangledown на выходе коренных пород); б — динамическая калибровка построенного дома; ПЗ — предполагаемая посадка здания; * — взрывные скважины; \blacktriangledown — точки измерений

Таблица 1

Основные результаты геофизических наблюдений на площадке

| Параметры | Грунты площадки | Основные породы |
|---|------------------|-----------------|
| Генерированная интенсивность колебаний грунта, балл | 1...8,1 | 1...2,8 |
| Основные периоды колебаний грунта*, с | 0,18; 0,15; 0,11 | 0,20 |
| Скорость волн деформаций*, м/с | 949; 935; 1029 | 2094 |
| Уточненная сейсмическая интенсивность, балл | 9,3 | — |

* По радиальной, тангенциальной и вертикальной составляющим.

местных строительных материалов (7,5 балла) в сочетании с результатами полевых геофизических наблюдений (табл. 1) показали, что суммарный сейсмический дефицит предполагавшихся к строительству зданий составляет около 1,8 балла.

Полученная информация послужила основанием для решения использовать для устранения сейсмического дефицита зданий сейсмоизолирующие подушки из местного сыпучего материала с учетом результатов вышеупомянутых экспериментальных исследований, а также результатов динамических калибровок двух зданий (Спасск Дальний, Приморский край):

С3, С4 — трехэтажных кирпичных зданий на ленточных фундаментах с щебеночными подушками толщиной 30 см десятью экспериментальными скважинными взрывами с фасада и пятью с торца [6];

С5 — пятиэтажного панельного здания на ленточном фундаменте с щебеночной подушкой толщиной 10 см тремя массовыми взрывами [7].

Результаты экспериментальных исследований интерпретировались по разработанной на базе использования гибридной модели методике [3, 4], позволяющей учитывать наличие в основании зданий щебеночных подушек и различие их основных динамических характеристик.

Несмотря на разнотипность исследованных объектов, сводные результаты были аппроксимированы в диапазоне толщин щебеночной подушки (h) от 10 до 100 см уравнением

$$SRd^*(f) = 0,24 \exp(-0,013h),$$

в соответствии с которым снижение интенсивности импульса в степени, достаточной для устранения

* Спектр наибольших перемещений при неизменных внешнее воздействие, постоянном коэффициенте затухания и переменном значении частоты собственных колебаний модели.

сейсмического дефицита, происходило при толщине щебеночной подушки около 50 см. Учитывая неопределенность исходной информации и то, что результаты, полученные для взрывных импульсов, распространялись на землетрясения с экстраполированием в область более интенсивных воздействий, толщина подушки была принята равной 80 см.

В соответствии с программой работ перед сдачей дома-представителя в эксплуатацию была выполнена его динамическая калибровка мгновенным взрыванием шести систем скважинных зарядов, расположенных вдоль фасада и торца здания (см. рис. 3, б), которые в основании исследуемого дома генерировали колебания грунта со скоростью до 175 мм/с, что соответствовало нижней границе девятибалльного землетрясения по шкале MSK-64.

Результаты натурных испытаний (табл. 2, рис. 4) показали следующее:

- конструкции здания в результате динамической калибровки не получили каких-либо повреждений, кроме осадки по всему периметру здания отмоксти до 10 см и осыпания в период взрывов с потолков побелки и мелких кусков штукатурки — свидетельства того, что интенсивность колебаний здания соответствовала 7 баллам по описательной части шкалы MSK-64;
- снижение интенсивности колебаний при их переходе от грунта к фундаменту оказалось ниже прогнозируемого, однако достаточной для устранения рассчитанного дефицита сейсмостойкости;
- установлена нелинейная зависимость степени гашения колебаний от толщины щебеночной подушки.

После девятибалльного Шикотанского землетрясения (10.10.1994 г.) обследование эксплуати-

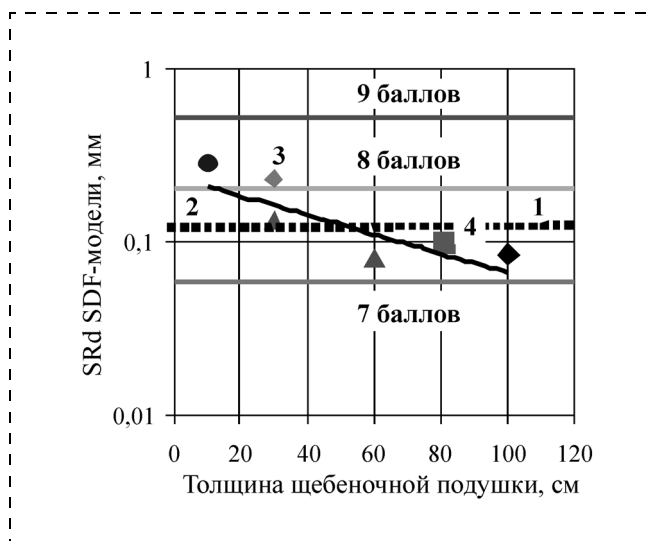


Рис. 4. Прогнозирование гашения промежуточной щебеночной подушкой динамических воздействий:

1 — уровень реальной сейсмостойкости здания; 2 — экспериментальная оценка гашения щебеночной подушкой динамических воздействий от ее толщины; 3, 4 — пересчитанные данные динамических калибровок зданий С3, С4, Т2, фрагментов и построенного здания; SRdSDF — спектр реакций перемещений одномассовой модели

рующегося здания показало отсутствие серьезных повреждений, кроме обрушения двух легких внутренних стен, не закрепленных, как это требуется при сейсмостойком строительстве, по периметру к основным несущим конструкциям (дефект скрытых строительных работ), и мелких трещин в стенах и их соединениях. Из зданий Южно-Курильска оно оказалось единственным уцелевшим, которое после восстановления и его подключения к инженерным коммуникациям продолжало эксплуатироваться.

Новизна решения по конструкции системы сейсмоизоляции защищена патентом РФ № 2081246 [8].

Заключение

Накопленный опыт исследования демпфирующих свойств подушек из сыпучего материала, полученный на базе испытаний полунатурных моделей и реальных трех—пятиэтажных жилых зданий на имитирующие землетрясение экспериментальные мгновенные и короткозамедленные взрывы систем скважинных зарядов и массовые взрывы [9], позволяет считать, что такая система инженерной сейсмозащиты наиболее распространенных на Дальнем Востоке России малоэтажных зданий достаточно технически и экономически эффективна для территорий с сейсмичностью до 9 баллов по шкале MSK-64.

Таблица 2

Основные результаты динамической калибровки

| Параметры | Диапазон значений |
|--|-------------------|
| Грунт | |
| Скорость колебаний, мм/с | 51...175 |
| Скорость распространения импульса, м/с | 615...698 |
| Частота активной фазы взрывного импульса, Гц | 5,8...13,3 |
| Частота основного тона колебаний грунта, Гц | 7,1...8,3 |
| Здание | |
| Частоты собственных колебаний, Гц: | |
| покрытие/второй этаж/фундамент | 5,6/5,7/6,1 |
| Декремент затухания | 0,23...0,35 |
| Скорость колебаний на уровне, мм/с: | |
| покрытия | 15,5...97,2 |
| второго этажа | 12,5...43,8 |
| фундамента | 14,5...32,0 |



При проектировании систем сейсмозащиты трансформацию силового потока при распространении его в системе "грунт—фундамент—конструктивные элементы" следует учитывать, используя так называемую гибридную модель.

При разработке способов обеспечения безопасности сооружений при импульсных воздействиях перспективными являются методы статистической динамики.

Список литературы

1. **Екимов В. В.** Вероятностные методы в строительной механике корабля. — Л.: Судпромгиз, 1966.
2. **Borisov E. C., Golovanov B. E.** Statistical estimation of dynamics of systems with the uncertain elements (Статистическая оценка динамики систем с неопределенными элементами) // XIV Asian technical exchange on marine structures, FESTU. — Vladivostok, 2000.
3. **Борисов Е. К., Славгородский М. В.** Экспериментальная динамика сооружений. Безопасность зданий, располо-

женных в сейсмических зонах промышленных взрывов. — Владивосток: ДВГУ, 2003.

4. **Алимов С. Г., Борисов Е. К., Славгородский М. В.** Экспериментальная динамика сооружений. Исследование демпфирующих свойств щебеночных подушек. — Владивосток: ДВГУ, 2003.
5. **Определение** динамических характеристик дома-представителя в пос. Южно-Курильске. Отчет о НИР // Дальрыбвтуз МРХ СССР. КНТФ "Пеленг". Шифр ХДТ 108К-91. — Владивосток, 1991.
6. **Динамическая** калибровка домов № 3 и № 5 с сейсмоизолирующим фундаментом в Спасске Дальнем. Отчет по НИР // ДальНИИС. Шифр 1-88-121. Часть 1 и 2. — Владивосток, 1988.
7. **Совершенствование** методов сейсмической защиты на объектах треста "Промцемстрой". Отчет по НИР // ДальНИИС, шифр 1-88-201, Владивосток, 1988.
8. **Патент РФ № 2081246** М. кл.⁸. Е 02 D 27/34. Способ изоляции сооружений // Е. К. Борисов, Б. А. Пышкин, В. И. Федоров.
9. **А. с. СССР № 905896** (51) М. кл.⁸. G 01 Y1/00. Способ моделирования землетрясения // Е. К. Борисов, Б. А. Пышкин, Н. Г. Сушков.

УДК 628.54.002.8

Г. М. Золотарев, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.

Технология сбора, транспортировки и переработки бытовых отходов

Обоснована актуальность проблемы сбора, транспортировки и переработки бытовых отходов. Рекомендованы технологии и оборудование для совершенствования указанных процессов, включая их использование в энергетических целях.

Введение

Современные тенденции жизнедеятельности характеризуются постоянным ростом бытовых отходов, объем которых постоянно растет. Ежегодно в Москве и Московской области образуется около 5,0 млн т твердых бытовых отходов.

Сложившаяся практика управления процессом сбора, транспортировки и переработки твердых бытовых отходов не способствует улучшению состояния окружающей среды, в чем постоянно убеждаются и москвичи, и жители Подмосковья. Это и многочисленные несанкционированные свалки, и отсутствие надлежащего оборудования для сбора, переработки и утилизации отходов, и общее пренебрежительное отношение жителей к соблюдению элементарных правил соблюдения чистоты

на улицах и в зонах отдыха. Не оправдывает себя ориентация на применение мусоросжигательных заводов, поглощающих огромное количество кислорода и загрязняющих атмосферу вредными газами, т. е., по существу, превращающих вредные отходы во вредные газообразные выбросы.

Негативное воздействие на окружающую среду оказывает нерешенность многих правовых и финансовых вопросов. Так, во многих странах Европы приняты законы, запрещающие открытое складирование бытовых отходов. Оплата за вывоз и утилизацию бытовых отходов в развитых зарубежных странах в несколько раз превышает существующие тарифы на вывоз мусора в России. Засорение улиц окурками в Англии облагается значительными штрафами. В то же время у нас повсеместно люди выбрасывают окурки на автобусных остановках, не обращая внимание на стоящие рядом урны для мусора, не неся за это никакой ответственности.

В настоящей статье предлагаются меры по управлению процессами сбора, перевозки и утилизации бытовых отходов от квартиры до их вторичного использования и полной нейтрализации в пиролизных установках нового поколения.



1. Сбор бытовых отходов в жилом помещении

Пищевые отходы после каждого приготовления собирают в полиэтиленовые мешочки. Закручивают их, осуществляя первичную герметизацию для предотвращения появления в квартирах мух и комаров. Далее эти мешочки сбрасываются в плотные и прочные мусорные пакеты вместимостью 35 л, выполненные из пленочного материала, которые надевают на мусорный бачок. По мере заполнения пакета его герметизируют, затягивая лентой, встроенной в пакет.

В бытовом обиходе все большее применение получают мусорные пакеты с завязками фирмы "Филтпакас", Литва. Фирма РОСТ-Л, г. Люберцы, ассоциированная с МАНЭБ, разработала пакеты с затяжной лентой из более прочной светлой пищевой пленки. Предполагается двойное использование пленочных пакетов: сначала для пищевых продуктов, а затем для бытовых отходов. Необходимо снабдить всех жителей многоквартирных домов пакетами, включив их стоимость в жилищно-коммунальные услуги. Современное общество уже привыкло к тому, что при покупке любого товара продавец в стоимость покупки включает стоимость соответствующего пакета. Необходимо, чтобы и жилищно-коммунальное предприятие имело свою фирменную функционально пригодную упаковку для мусора. Ведь легче и дешевле мусор вовремя упаковать и отнести в контейнер, чем собирать разбросанный мусор.

Пригодные для вторичного использования отходы: стекло, пластмасса, тряпье, бумага, металлы можно собирать в прочные трансформенные объемные пакеты. Трансформенные пакеты выполняют в виде складывающегося объемного пакета, армированного пластиковыми упругими ребрами, представляющего собой корзины с верхним клапаном. Трансформенный объемный пакет имеет эстетичный вид и выполняет функцию временной мебели. Легко встраивается в интерьер кухни и не занимает отдельного места. Достаточный объем трансформенного пакета позволяет хранить в нем сухие габаритные предметы — бутылки, газеты и бумагу, ненужные вещи, в том числе неиспользуемые элементы электронных приборов.

Таким образом, за счет снабжения населения специальными пакетами достигается сбор двух видов отходов:

— отходов пищевых продуктов, включая упаковочные пакеты продуктов, консервные банки и другие виды мокрых отходов;

— отходов для вторичной переработки: стеклянные и пластмассовые бутылки, неиспользованные изделия из дерева, бумаги, тряпья и металла.

2. Сбор мусора на улицах и в общественных местах

Обычно на автобусных остановках и у магазинов устанавливают небольшие урны для сбора мусора. Из-за больших габаритов пластмассовых бутылок и упаковочных пакетов емкость урн мала. Урны, как правило, переполнены. Количества урн недостаточно для полноценного сбора мусора. В последнее время в урны вставляют полиэтиленовые мешки. Часто при вбрасывании в урну непогашенных окурков содержимое урн воспламеняется, и в течение длительного времени урны дымят. Большинство урн не имеют крышек. В урны попадает дождь и снег, превращая содержимое урн в грязное месиво.

Фирма "РОСТ-Л" разработала оригинальную конструкцию контейнера ТБО-100л для сбора мусора в общественных местах. Особенностью новой конструкции контейнера для сбора мусора в общественных местах является наличие внутренней съемной металлической коробки из оцинкованного железа. На дно коробки после каждой очистки контейнера укладывают таблетку "сухого льда" по аналогии с контейнерами для мороженого. Образовавшийся углекислый газ препятствует возгоранию мусора от непогашенных окурков. Контейнер ТБО-100л оборудован поворотной крышкой с отсеками для вбрасывания окурков. Конструкция уличного контейнера патентуется.

3. Доставка упакованных отходов от квартир на станцию сбора отходов

В настоящее время в многоквартирных домах, не оборудованных мусоропроводами, проживает значительное количество одиноких людей преклонного возраста. Относить пакеты с отходами в пункт сбора мусора на значительное расстояние от дома бывает весьма затруднительно. Поэтому часто пакеты с мусором оставляют рядом с подъездом.

Предлагается в отдельном помещении на 1-м этаже многоэтажного дома устанавливать пластмассовые контейнеры с крышками на колесиках для сбора пищевых отходов и отдельно контейнеры для сухих отходов, которые могут быть использованы для вторичной переработки. Жители квартир выносят два вида отходов и вбрасывают их в соответствующие контейнеры. Ежедневно специальный обслуживающий персонал вывозит контейнеры на квартальную станцию сбора отходов.

Станция сбора отходов строится на группу домов с расстоянием до крайнего дома не более 500 м. Станция сбора отходов оборудуется вытяжной вентиляцией с фильтрами для очистки воздуха. На



станции устанавливают ряд транспортных контейнеров для сбора пищевых отходов и для сбора отходов, направляемых для вторичной переработки.

Обслуживающий персонал станции складывает герметичные пакеты с пищевыми отходами в контейнеры для пищевых отходов. Отходы для вторичного использования также складывают в транспортные контейнеры отдельно для стекла, пластмассы, дерева, бумаги, тряпья, металла.

Рабочие по уборке и благоустройству объединяются в одну производственную организацию с единым руководителем. Организация по уборке мусора должна быть освобождена от всех налогов, кроме единого социального налога. Финансирование сервисной службы осуществляется за счет средств управлений жилищных компаний и за счет средств от продажи вторичного сырья.

4. Перевозка бытовых отходов от станции сбора отходов до мусороперерабатывающего завода

Перевозка бытовых отходов осуществляется специализированным автотранспортом легкого типа. Контейнер с пищевыми отходами и непригодными для вторичной переработки отходами загружают на автомашину, а на его место ставят чистый контейнер. Радиус доставки контейнеров не должен превышать 30 км. В случае перевозки бытовых отходов на расстояние свыше 30 км организуют перегрузочные станции.

В настоящее время в районе Московской кольцевой дороги действует несколько перегрузочных станций, на которых осуществляется сортировка бытовых отходов и формирование из отходов плотных брикетов. Брикеты бытовых отходов грузят в тяжелые, до 30 т, автомашины и отправляют на дальние полигоны отходов для захоронения.

Стоимость перевозки бытовых отходов многократно превосходит стоимость сбора и упаковки отходов. Однако является вынужденной мерой, так как количество свободных полигонов в радиусе до 50 км от МКАД постоянно уменьшается. Кроме того, открытое складирование спрессованных в брикеты отходов аналогично обычному захоронению отходов и вызывает загрязнение подземных вод фильтратом и заполнение воздушного бассейна гнилостными газами.

С целью удешевления стоимости перевозки бытовых отходов предлагается осуществлять упаковку отходов в плотные герметичные капсулы и перевозить их в железнодорожных вагонах на расстоянии 100...200 км. Формирование плотных герметичных капсул весом 1,5...2,0 т осуществляют

с помощью импортной машины "EuRec RBS-2" (Германия). Внедрение новой технологии герметизации твердых бытовых отходов осуществлено на мусороперерабатывающем комплексе "Торбеево" в Люберецком районе Московской области.

Бытовые отходы, пригодные для вторичной переработки, перевозят на территорию специализированного технополиса, где сосредоточена группа предприятий по производству товаров народного потребления из вторичного сырья.

Возможны два варианта перевозки бытовых отходов, используемых в качестве вторичного сырья. В случае осуществления сортировки отходов в помещении станции сбора отходов перевозку отходов осуществляют в отдельных контейнерах, заполненных стеклом, деревом, бумагой, тряпьем, пластмассой, металлом. В случае отсутствия возможности рассортировки отходов на станции сбора отходов перевозку осуществляют навалом с последующим разделением отходов по видам сырья на территории технополиса.

5. Система утилизации твердых бытовых отходов

В настоящее время основной акцент в обращении с бытовыми отходами сделан на строительство мусоросжигательных заводов. Однако детальное рассмотрение показателей работы существующих мусоросжигательных заводов показывает экономическую и экологическую нецелесообразность данной технологии. Удельная стоимость капитальных затрат на переработку 1 т отходов достигает 1000 Евро. Большой объем шлаков и зольных остатков требует дополнительных затрат на их вывозку и захоронение.

Коллектив отечественных специалистов и специалисты из США предложили к широкому внедрению установку непрерывного пиролиза "GAPS" для совместного производства.

После обработки до крупности не более 50 мм измельченные твердые бытовые отходы через систему вакуумных затворов поступают в специальный реактор, где происходит пиролиз без доступа воздуха. Необходимая температура внутри термического реактора 980 °С создается за счет нагрева камеры реактора газовыми горелками. В качестве топлива для нагрева может использоваться природный газ, пропан, биогаз. В результате пиролиза выделяется сингаз, представляющий собой смесь различных газов и состоящий в основном из водорода, метана, оксида и диоксида углерода. Через нижнюю часть реактора автоматически удаляется

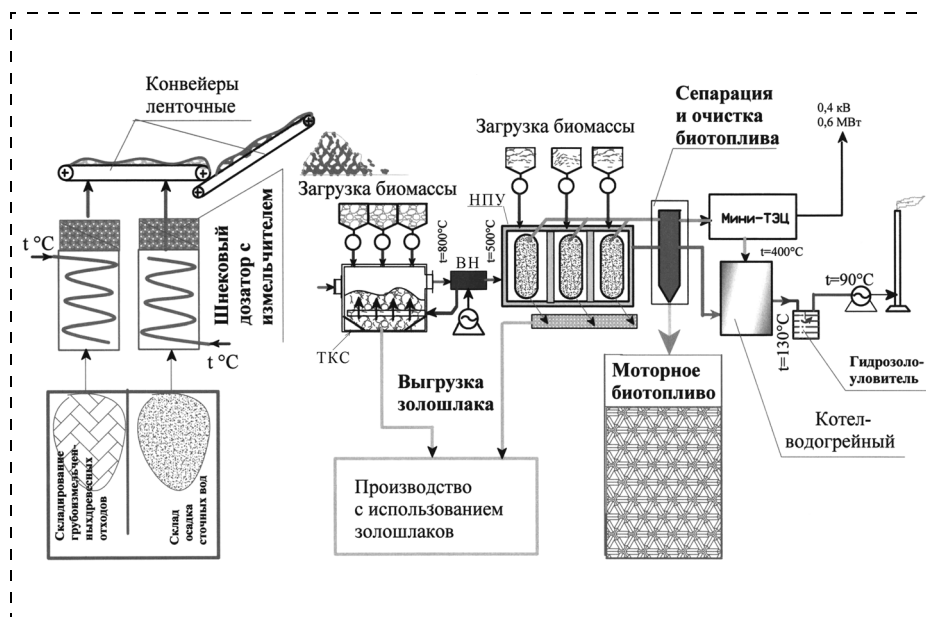
остаток процесса пиролиза, который составляет всего 5...10 % от общей массы отходов.

Сингаз при низком давлении поступает в газомоторный электроагрегат, с помощью которого вырабатывается электроэнергия. Часть выхлопных газов при температуре 500 °С используется для дополнительного нагрева реактора.

Установка "GAPS" получила все необходимые экологические лицензии и разрешения штата Калифорнии и Правительства США. Установки "GAPS" могут размещаться в любом месте города, не влияя на его экологию. В настоящее время проводится экологическая экспертиза и сертификация установки "GAPS" на соответствие российским стандартам и российским экологическим нормам. Применение установок "GAPS" позволяет получить дополнительную прибыль от реализации энергетических кредитов по Киотскому протоколу. Сравнительные характеристики выбросов в атмосферу для мусоросжигательных заводов и для установки "GAPS" приведены в таблице.

МАНЭБ ведет научно-исследовательскую работу по совершенствованию пиролизных установок с целью сделать их пригодными для получения жидкого биотоплива, включая моторное топливо.

Известно, что при температуре 500...600 °С пиролизная установка выделяет в большом количестве жидкую составляющую и в меньшем — газообразную. Поэтому создание низкотемпературной пиролизной установки, работающей на отходах рас-



Технологическая схема опытного завода по утилизации осадка сточных вод

тительного происхождения, позволит получить в значительном количестве котельное печное топливо, а при соответствующей обработке — также и моторное.

МАНЭБ в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007—2012 годы" разработала Техническое задание на проектирование низкотемпературной пиролизной установки для утилизации углеродсодержащих отходов. Особенностью пиролизной установки является использование топки кипящего слоя, работающей на углеродсодержащих отходах, для внешнего нагрева пиролизных реакторов. Это позволяет создать установку с автономным энергообеспечением.

Реактор установки с перфорированным теплопроводящим элементом запатентован. Схема пиролизной установки приведена на рисунке. Исходное сырье — грубоизмельченные древесные отходы и осадки сточных вод с помощью шнековых дозаторов с установленными на головке тросовыми измельчителями поступает на сборный ленточный конвейер. Благодаря тому что вначале на полотно ленточного конвейера поступают сухие измельченные отходы, а затем мокрые отходы, не происходит залипание ленты грязью. Углеродсодержащие отходы направляют в топку кипящего слоя (ТКС) для выработки тепловой энергии и в реакторы низкотемпературной пиролизной установки (НПУ) для выработки биогаза и жидкого биотоплива. На выходе ТКС установлен высоко-

Сравнительная характеристика выбросов в атмосферу (мг/м³)

| Выброс | Пиролизная установка | Мусоросжигательный завод |
|------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Летучая зола и пыль | 3,87 | 10 |
| Оксид углерода CO | 4 | 50 |
| Оксиды азота NO _x | 40 | 100...120 |
| Диоксид серы SO ₂ | 2,02 | 50 |
| Диоксины и фураны | 0,035 | 0,1 |
| Гидрохлорид HCl | — | 10 |
| Кадмий Cd | 0,00015 | 0,05 |
| Свинец Pb | 0,00028 | 0,5 |
| Ртуть Hg | 0,00056 | 0,05 |



температурный воздушнонагреватель (ВН), с помощью которого в сопловое днище топки поступает горячий воздух. Углеродсодержащие отходы падают на раскаленный кипящий слой и интенсивно сгорают. Горячие дымовые газы направляются в теплоизоляционную камеру, где расположены вертикальные трубчатые реакторы. В реакторы через вакуумное загрузочное устройство загружают мокрую биомассу. Под воздействием горячих дымовых газов металлические корпуса реакторов нагреваются до температуры 500 °С и передают теплоту поступающей в реакторы биомассе. В результате низкотемпературного пиролиза биомасса выделяет смесь паров жидкого и газообразного биотоплива. После охлаждения в сепараторе жидкое биотопливо стекает в цистерну, а биогаз поступает в газомоторные электроагрегаты для производства электроэнергии и теплоты. Остаточная теплота дымовых газов после теплоизоляционной камеры используется в водогрейном котле для производства горячей воды, идущей на технологические нужды. В дальнейшем после очистки в гидрозолоуловителе дымовые газы выбрасываются в атмосферу.

Новая технология утилизации углеродсодержащих отходов основана на термохимической переработке органической части отходов без разложения металлов и тугоплавких веществ. Это обстоятельство позволяет без существенных затрат обеспечить

безвредность процесса. Благодаря относительно низкой температуре процесса отпадает необходимость в использовании дорогих жаропрочных материалов, что существенно снижает стоимость изделия и повышает надежность его работы. На низкотемпературную пиролизную установку получено четыре патента Российской Федерации.

Выводы

Новая экологически чистая технология управления бытовыми отходами позволит обеспечить:

- отдельный сбор бытовых отходов в жилых квартирах в прочные герметичные пакеты;
- доставку бытовых отходов для предварительной сортировки на специальные станции, обслуживающие группу жилых домов в радиусе до 500 м;
- экологически чистую утилизацию углеродсодержащих отходов в низкотемпературной пиролизной установке по методу МАНЭБ.

Новая технология радикальным образом изменит отношение к бытовым отходам, обеспечит чистоту в городах, создаст возможность использования вторичных ресурсов, позволит получить значительное количество электрической энергии и моторного топлива.

УДК 699.002.68

Ф. А. Дайнеко, академик МАНЭБ, д-р техн. наук,
Люберецкие очистные сооружения МГУП "Мосводоканал"

Очистка сточных вод в условиях г. Москвы

Описана существующая технология очистки сточных вод на Люберецких очистных сооружениях и утилизации осадка за счет сжигания в топке кипящего слоя.

Историческая топография Москвы и связанная с этим необходимость строительства канализационных сооружений привели к тому, что практически все стоки направлялись на Люберецкие поля орошения, где естественным путем осаждалась твердая фракция, а очищенная в результате отстоя вода направлялась в речку Пехорка и далее — в Москву-реку.

С течением времени в связи с развитием технологии очистки сточных вод на Люберецкой станции аэрации была внедрена новая технология очистки сточных вод с применением радиальных отстойников, дегазацией осадков в метантенках и с механическим обезвоживанием осадка.

В настоящее время сливаемая в речку Пехорка вода по своей чистоте превосходит чистоту воды в Москве-реке. В речке Пехорка водится рыба, а прибрежная зона превращена в зону отдыха.

В настоящей статье приведено описание основных технологических процессов по очистке сточных вод, применяющихся на Люберецких очистных сооружениях.

Технологическая схема очистки сточных вод приведена на рис. 1.

Городские сточные воды поступают по входным канализационным трубам на решетки грубой и мелкой очистки, перед которыми установлены песколовки для крупных фракций песка. После удаления отбросов крупностью свыше 4 мм сточные воды поступают в горизонтальные песколовки для осаждения и удаления из сточных вод минеральных примесей в виде песка. Отбросы с решеток и песок от песколовки вывозят с помощью автотранспорта на свалку и в отвал.

Из песколовки сточные воды направляются в первичные отстойники, где улавливаются оседающие вещества.

Первичные отстойники могут быть радиальные или горизонтальные с временем пребывания в них воды не более 1,5 ч и постоянным удалением сырого осадка влажностью 98,0...99,2 %. Возможна подача избыточного ила в первичные отстойники не более 30 % по сухому веществу в общем количестве поступающей на очистку воды.

Осадок из первичных отстойников через осветлители направляется в сооружения обработки осадка. Из первичных отстойников вода подается в аэротенки и далее — во вторичные отстойники. Сливная вода из первичных отстойников и осветлителей направляется в аэротенки с нитриденитрификацией и после обработки поступает во вторичные отстойники. Активный ил из вторичных отстойников направляют в регенераторы и в илоуплотнители. Уплотненный избыточный ил вместе с илом от первичных отстойников подают на сооружения обработки осадка. Очищенная вода сбрасывается в водоем технической воды.

Процесс биологической очистки возможен по традиционной схеме с полной нитрификацией. Однако в связи с жесткими требованиями по качеству очищенной воды необходимо за-проектировать сооружения с уда-

лением биогенных элементов: азота и фосфора, применив технологию биологической очистки.

С целью доочистки и обеззараживания сточной воды необходимо предусматривать строительство биореакторов и сооружения для реализации одного из методов обеззараживания ультрафиолетом. На современном этапе возможно также проектирование и строительство сооружений с применением мембранной технологии.

Технологическая схема обработки осадка сточных вод приведена на рис. 2.

Сырой осадок и активный ил из системы очистки сточных вод подают в 20 метантенков емкостью по 8000 м³ каждая. В метантенках происходит

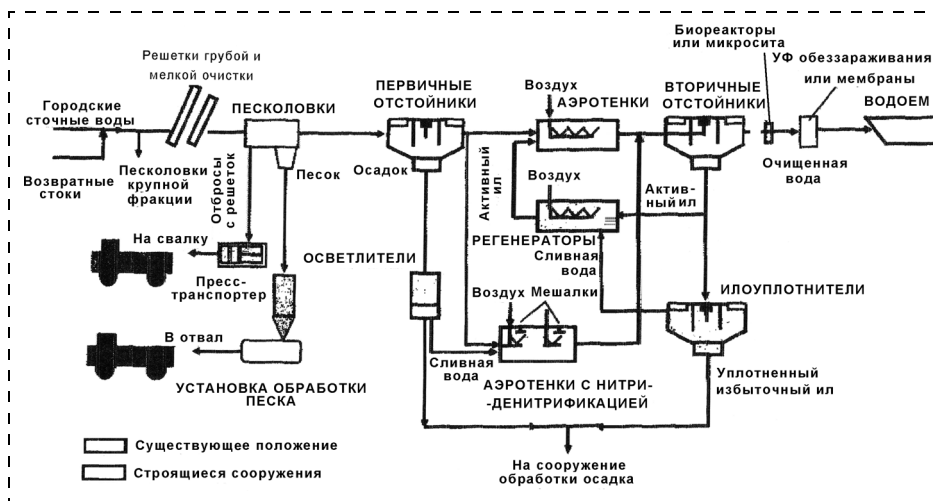


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод на Люберецких очистных сооружениях

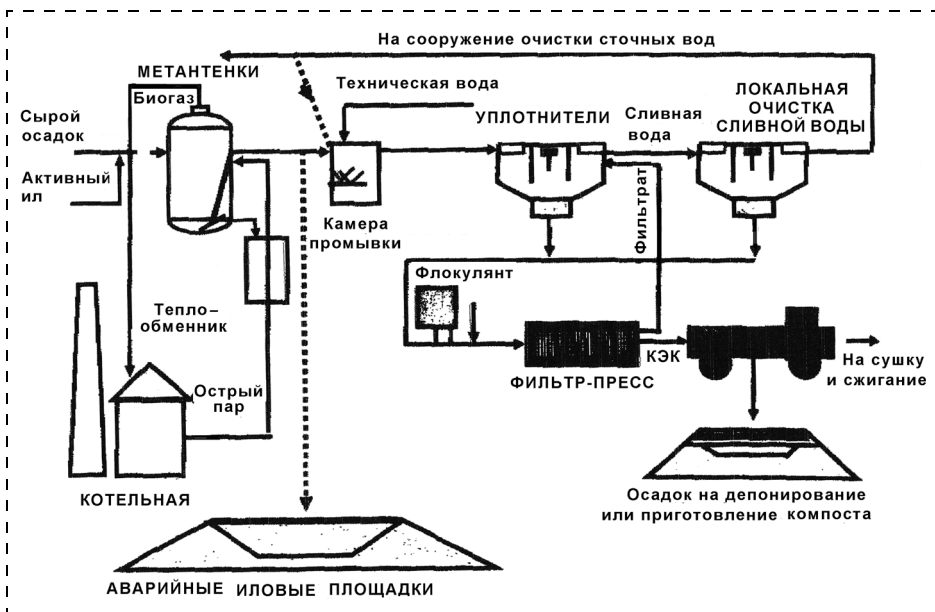


Рис. 2. Технологическая схема обработки осадка сточных вод на Люберецких очистных сооружениях

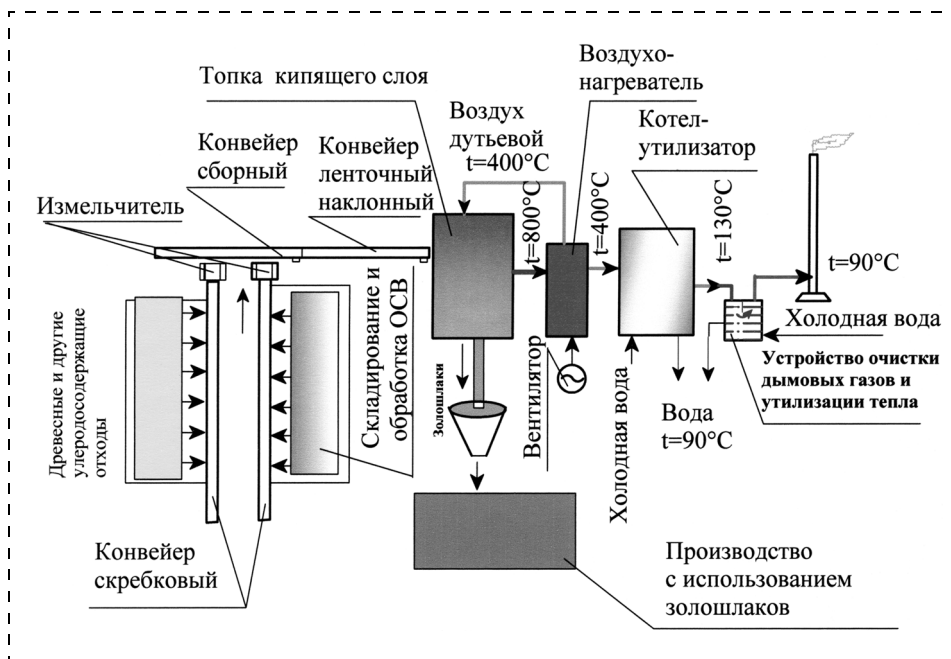


Рис. 3. Рекомендуемая схема утилизации осадка сточных вод для проектирования опытного завода на Люберецких очистных сооружениях

обезвреживание и сбраживание сырого осадка и избыточного ила. Биогаз метантенков сжигают в паровых котлах ДКВР. Острый пар направляют в метантенки для нагрева воды. При температуре 53 °С процесс сбраживания протекает весьма интенсивно, что позволяет получать в сутки 140 тыс. м³ биогаза калорийностью 5000 ккал/м³. В настоящее время прорабатывается вопрос использования биогаза в газопоршневых электроагрегатах для выработки электрической и тепловой энергии. За счет выброса выхлопных горячих газов при температуре 500 °С возможно получение пара, который, в свою очередь, будет использован для нагрева воды в метантенках. Сброженный осадок из метантенков направляют в камеру промывки и далее — в уплотнители. Из уплотнителей осадки сточных вод подают в фильтр-прессы, где происходит обезвоживание осадка до влажности 72...75 %. Сливную воду из уплотнителей подают в отстойник локальной очистки сливной воды. Осадок из локального отстойника также направляют в фильтр-прессы. Обезвоженный и обеззараженный осадок вывозят в специальные илонакопители для захоронения.

Международная Академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности выполняет научно-исследовательские работы по созданию экономически и экологически эффективной технологии утилизации механически обезвоженного осадка сточных вод. Ниже приводится краткое описание

элементов новой технологии (рис. 3) утилизации осадка сточных вод, рекомендуемой к внедрению на Люберецких очистных сооружениях.

Обезвоженный на пресс-фильтрах осадок сточных вод (ОСВ) доставляют на площадку складирования, предварительной сушки и приготовлению к сжиганию осадка в топке кипящего слоя. С помощью колесного погрузчика осадки сточных вод загружают на конвейер с установленным в конце тросовым измельчителем отходов.

Сухие древесные отходы с помощью колесного погрузчика загружают на вспомогательный конвейер и через тросовый измельчитель подают на сборный ленточный конвейер.

Туда же подают мокрый осадок сточных вод. Благодаря тому что на ленте сначала располагаются сухие древесные отходы, а затем сверху располагаются мокрые осадки сточных вод, не происходит залипания грязью ленточного конвейера.

С помощью наклонного конвейера смесь сухих и мокрых отходов поступает в топку кипящего слоя. Для обеспечения надежного сжигания мокрых отходов в сопловую решетку топки подают дутьевой воздух с температурой 400 °С.

Нагрев дутьевого воздуха осуществляют за счет установки высокотемпературного воздухоподогревателя непосредственно на выходном газоходе топки кипящего слоя. Золашлаки из топки кипящего слоя выгружают с помощью шнековых конвейеров и направляют в цех по производству строительных изделий.

После воздухоподогревателя дымовые газы направляют в котел-утилизатор. Горячая вода от котла-утилизатора с помощью сетевого насоса используется для обогрева помещений, а также для частичной сушки осадка, находящегося временно на конвейерах.

Дымовые газы с температурой 130...150 °С после котла-утилизатора направляют в устройство очистки и утилизации тепла отходящих дымовых газов. После очистки от мельчайших частиц золы дымовые газы отводят через дымовую трубу в атмосферу.

УДК 621.499

Е. М. Фогельман, академик МАНЭБ, д-р техн. наук,
ООО "Инжиниринг Плюс А"

Сжигание мокрых углеродсодержащих отходов в кипящем слое с целью выработки тепловой и электрической энергии

Описана схема энерготехнологического комплекса для утилизации мокрых углеродсодержащих отходов. Приведена конструкция топки кипящего слоя для сжигания указанных отходов. Обоснована экологическая и экономическая эффективность предложенной схемы.

Сжигание углеродсодержащих веществ в кипящем слое предусматривает подачу дутьевого воздуха через сопловое днище в топку котла. Сжигание топлива осуществляется в хаотическом режиме с подбрасыванием и падением твердых частиц топлива. При этом частицы топлива удовлетворительно обтекаются дутьевым воздухом, кислород и углерод вступают в реакцию с выделением тепловой энергии:



Интенсивность горения зависит от крупности твердых частиц, а именно от площади поверхностей соприкосновения кислорода и углеродных частиц.

Технология кипящего слоя предусматривает сжигание мелкофракционного угля на сопловой решетке, через которую в зону горения подают горячий дутьевой воздух. В результате удовлетворительного обтекания частиц топлива горячим воздухом и длительного нахождения частиц топлива в зоне горения удается эффективно вести процесс сжигания любых видов топлива, в том числе обводненного.

МАНЭБ совместно с ассоциированной фирмой "РОСТ-Л" разработала оригинальную технологическую схему теплоэнергетической установки кипящего слоя для сжигания мокрых углеродсодержащих отходов.

Новыми элементами теплоэнергетических установок является оригинальная конструкция топки кипящего слоя (ТКС) и устройство очистки и утилизации теплоты отходящих дымовых газов.

Технологическая схема ТКС для сжигания мокрых углеродсодержащих отходов приведена на рис. 1.

Приготовленное для сжигания мокрое углеродсодержащее топливо подают в топку кипящего слоя. Распределение топлива по поверхности горения осуществляют за счет подачи в концевую часть трубопровода воздуха от дутьевого вентилятора. В нижней части топки установлена сопловая камера, в которую подают дутьевой воздух с избыточным давлением.

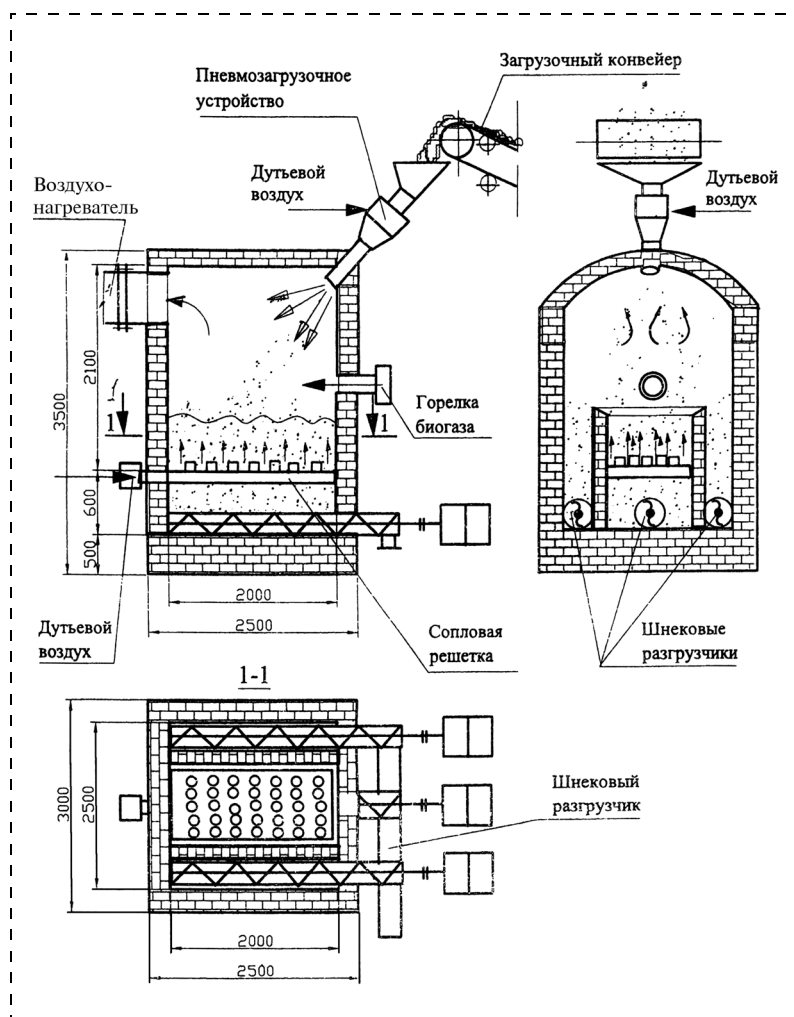


Рис. 1. Схема топки кипящего слоя для сжигания мокрых углеродсодержащих отходов



В основании топки установлена сопловая решетка, которая снабжается 100 соплами на площади 1 м^2 . Суммарное сечение сопловых отверстий не должно превышать 1...3 % от площади основания топки кипящего слоя. На сопловую решетку насыпают крупнозернистый кварцевый песок крупностью 1...3 мм с высотой слоя 50 см. Дутьевой воздух после высокотемпературного воздухоподогревателя, установленного непосредственно за топкой кипящего слоя, с температурой $500 \text{ }^\circ\text{C}$ проходит сквозь бурлящий слой раскаленного песка. При падении частиц влажного топлива на раскаленный кипящий слой вода мгновенно испаряется, а твердые частички топлива интенсивно сгорают, отдавая теплоту водонагревательным трубкам котла. Температура горения достигает $850\text{...}900 \text{ }^\circ\text{C}$ и на этих значениях стабилизируется за счет присутствия в зоне горения воды и пара. При этом инертный наполнитель в виде раскаленного крупнозернистого кварцевого песка служит тепловым аккумулятором, который обеспечивает необходимую инерционность процесса. Установлено, что даже при прекращении подачи топлива в течение 3...5 мин процесс горения возобновляется при повторной подаче топлива без розжига.

В качестве примера приведем расчет конструктивных параметров экспериментальной топки кипящего слоя.

Площадь кипящего слоя выбирают исходя из следующих условий:

$$S_{к.с} = N : q = 1,0 \text{ Гкал} : 2,0 \text{ Гкал/м}^2 = 0,5 \text{ м}^2, \quad (1)$$

где N — теплоэнергетическая мощность котла, принимаем для экспериментального котла КВКС-1 $N = 1,0 \text{ Гкал}^*$; q — теплонапряжение топки кипящего слоя для угольного порошка из отходов сульфогля Воскресенского завода Московской области; $q = 2,0 \text{ Гкал/м}^2$.

Начальная скорость витания $v_{в.с}$ для твердых частиц кипящего слоя крупностью до 1 мм составляет 1,5 м/с.

Расход дутьевого воздуха определяют по формуле

$$\begin{aligned} Q_{дв} &= v_{в.с} S_{к.с} = 1,5 \text{ м/с} \times 0,5 \text{ м}^2 = \\ &= 0,75 \text{ м}^3/\text{с} = 2700 \text{ м}^3/\text{ч}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для подачи дутьевого воздуха был принят вентилятор высокого давления с расходом воздуха $3000\text{...}5000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При скорости витания конгломератов золы крупностью более 150 мкм необходимое сечение верхней

камеры, в которой происходит осаждение твердых частичек золы, выбирают из условия:

$$v_{в.с} S_{к.с} = v_{в.з} S_{о.з}, \quad (3)$$

где $v_{в.з}$ и $S_{о.з}$ — соответственно скорость витания воздуха и площадь осаждения золы.

Отсюда:

$$\begin{aligned} S_{о.з} &= v_{в.с} S_{к.с} : v_{в.з} = \\ &= 1,5 \text{ м/с} \times 0,5 \text{ м}^2 : 0,15 \text{ м/с} = 5 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Исходя из конструктивных размеров экспериментального котла КВКС-1 при необходимом сечении камеры осаждения золы $5,0 \text{ м}^2$ были приняты следующие размеры топочного устройства: $2,3 \text{ м} \times 2,3 \text{ м} = 5,29 \text{ м}^2$. Указанные размеры позволили улавливать в зоне топки золу крупностью выше 150 мкм.

Эффективному осаждению золы в боковых золоборниках топки способствует также пар, присутствующий в дымовых газах. Частички пара, обволакивая мельчайшие частички золы, склеивают их с образованием конгломерата, который, в свою очередь, выпадает в осадок.

Указанные особенности сжигания пылевидного топлива используются в создании зон спокойного и охлажденного дутьевого воздуха в пределах полости топки кипящего слоя для осаждения и улавливания золы.

Мельчайшие частички золы крупностью менее 150 мкм, которые не удается уловить в зоне топки кипящего слоя, проходят через теплосъемную поверхность котла и улавливаются в гидрозолоуловителе, с помощью которого осуществляется наиболее эффективный — мокрый способ очистки дымовых газов от мельчайших твердых частиц.

Для очистки от мельчайших частиц золы и использования теплоты отходящих дымовых газов разработан специальный гидрозолоуловитель (рис. 2), выполненный в виде емкой осадительной камеры 1, заполненной водой до уровня разделительной перегородки с гребешковой кромкой. Горячие, загрязненные мельчайшими частицами золы, дымовые газы поступают в гидрозолоуловитель через входной газоход 2, снабженный оросителем воды. Огибая перегородку под углом 180 ° и проходя сквозь тонкий слой воды, дымовые газы очищаются от твердых частиц золы и охлажденные до температуры $80\text{...}90 \text{ }^\circ\text{C}$ выводятся через выходной газоход 3 к всасывающему патрубку дымососа 4. После влагоотделителя 5 дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу 6. Благодаря низкой температуре дымовых газов, не превышающей $90 \text{ }^\circ\text{C}$, дымовая труба может быть изготовлена из

* Единицы величин и их размерности в статье приведены в редакции автора.

пластмассы, что обеспечивает защиту от коррозии, снижает стоимость дымовой трубы.

Для поддержания постоянного уровня воды на боковой стенке камеры гидрозолоуловителя вварено продолговатое сливное окно с регулируемым шибером. Сливаемая из камеры вода поступает в вспомогательный бак 7, откуда винтовым насосом 8 направляется в ороситель и снова попадает в камеру. По мере накопления осадка в камере его откачивают в отстойник.

Для использования теплоты отходящих дымовых газов в камеру помещают трубчатый змеевик. Нагреваемая в трубчатом змеевике технологическая вода подается насосом для использования потребителями теплоты.

Для интенсификации процесса улавливания мельчайших частиц золы вводят пеноактивные вещества. Имеющуюся систему пылеподавления в гидрозолоуловителе нетрудно приспособить для образования пены, так как многократная циркуляция воды по схеме насос—зумпф—гидрозолоуловитель—зумпф будет способствовать образованию пены, состав которой зависит от количества пенообразователя, вводимого в процесс.

Рассмотрим экологическую чистоту процесса сжигания углеродсодержащих отходов в кипящем слое в отношении оксидов азота и окислов серы. Как уже отмечалось, максимальная температура горения топлива на раскаленной поверхности кипящего слоя, благодаря присутствию воды и пара, стабилизируется на величине 850...900 °С. При этой температуре азот воздуха не вступает в реакцию с кислородом воздуха и не образуются оксиды азота. За счет добавки в топливо известняка и преобразования его в раскаленном кипящем слое в обожженную окись кальция происходит связывание серы с образованием гипса. Разложение известняка начинается при температуре 600 °С. Наиболее интенсивно реакция между углекислым кальцием и окисью серы происходит при температуре 850...900 °С, т. е. при температуре, характерной для кипящего слоя.

Таким образом, с учетом полного сгорания отходов без механического и химического недожога, улавливания основной части золы в боковых золоборниках топки кипящего слоя и осаждения мельчайших частиц золы в гидрозолоуловителе, а также за счет предотвращения образования весьма вредных оксидов азота и связывания серы в безвредный гипс достигается полная экологическая безопасность новой технологии сжига-

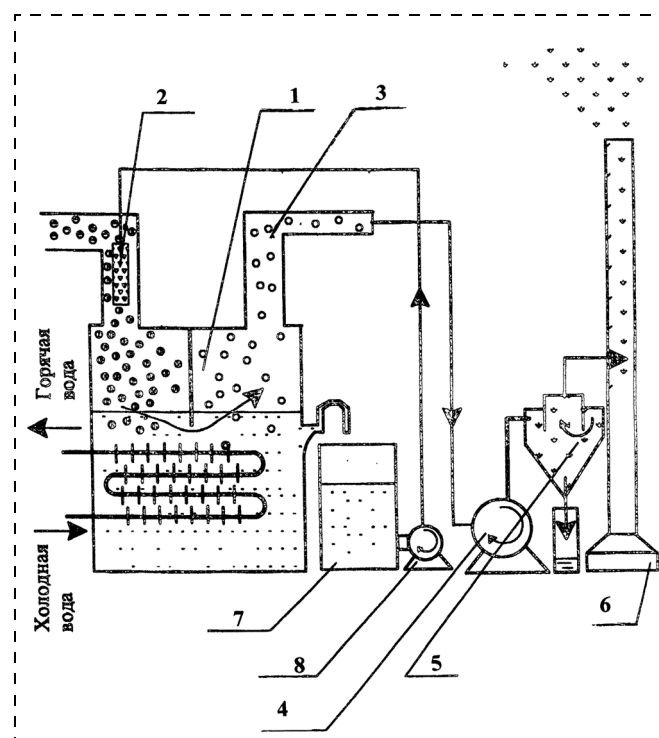


Рис. 2. Схема устройства очистки и утилизации отходящих дымовых газов

ния углеродсодержащих веществ в кипящем слое с целью выработки тепловой и электрической энергии.

Для сжигания мокрых осадков сточных вод МАНЭБ совместно с ГУП "Водоканал С.-Петербурга" ведут работы по созданию энерготехнологического комплекса для условий Люберецких очистных сооружений.

Схема энерготехнологического комплекса для сжигания осадков сточных вод приведена на рис. 3.

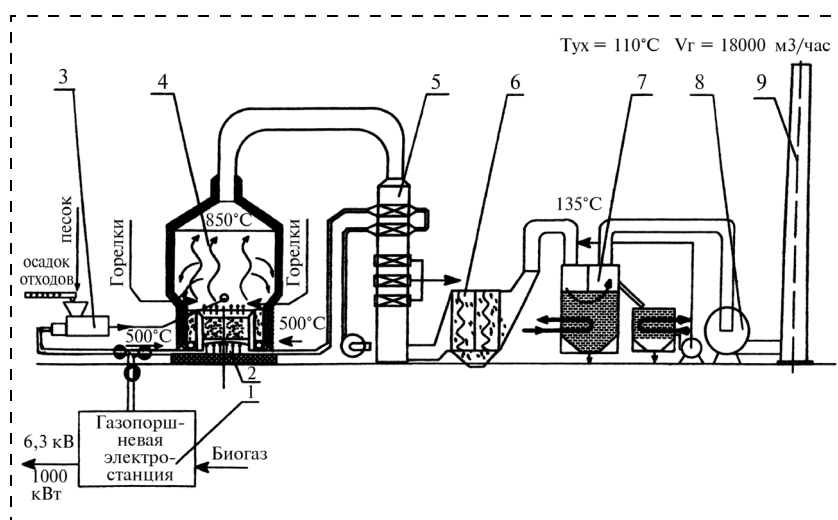


Рис. 3. Схема энерготехнологического комплекса сжигания осадков сточных вод



Биогаз из метантенков с расходом $500 \text{ м}^3/\text{ч}$, калорийностью $5000 \text{ ккал}/\text{м}^3$ по газопроводу подают в газопоршневую электростанцию 1 мощностью 1000 кВт . Выхлопные газы этой электростанции с температурой $500 \text{ }^\circ\text{C}$ направляют в топку кипящего слоя 2 для первоначального прогрева. После прогрева инертного слоя, состоящего из крупнозернистого кварцевого песка, с помощью пневматического винтового питателя 3 в топку кипящего слоя подают осадок сточных вод.

Для обеспечения устойчивого процесса горения с необходимым количеством кислорода в сопловую камеру с помощью дутьевого вентилятора подают предварительно прогретый до температуры $500 \text{ }^\circ\text{C}$ воздух. Крупные фракции золы улавливаются в боковых золоборниках осадительной камеры 4. Дымовые газы поступают в котел-утилизатор 5, в котором размещены секции нагрева дутьевого воздуха и водонагревательные секции для выработки пара. Очистка дымовых газов производится в электрофильтрах 6 и гидрозолоуловителе 7. На конечной стадии дымовые газы всасываются дымососом 8 и направляются в дымовую трубу 9.

Внедрение энерготехнологического комплекса на Люберецких очистных сооружениях обеспечивает необходимые экологические характеристики утилизации осадков сточных вод и позволяет получить значительный экономический эффект.

Экологический эффект характеризуется следующими элементами технологии.

1. Горячие дымовые газы с температурой $500 \text{ }^\circ\text{C}$ стабилизируют процесс горения, обеспечивают мгновенное испарение влаги и создают условия для воспламенения углеродсодержащих веществ, входящих в состав осадка. Образующаяся в результате термообработки осадка сточных вод инертная зола экологически безопасна.

2. Применение топки кипящего слоя при температуре горения не более $850 \text{ }^\circ\text{C}$ позволяет снизить образование оксидов азота, так как при данной температуре свободный кислород воздуха не вступает в реакцию с азотом воздуха.

3. Выбросы оксидов серы в атмосферу предотвращаются за счет добавки в топку известняка ($1...2 \%$ от объема сжигаемого топлива).

4. Использование топки кипящего слоя с подачей мокрого осадка сточных вод ликвидирует механический и химический недожог. Мельчайшие частицы золы, которые выносятся вместе с дымовыми газами, улавливаются в электрофильтре и в системе мокрой газоочистки.

В результате в дымовых газах, выбрасываемых в атмосферу, отсутствуют взвешенные пылевидные твердые частицы.

Экономический эффект от реализации энерготехнологического комплекса для утилизации осадка сточных вод определяется:

— экономией средств по перевозке мокрого осадка 1000 т/сутки на захоронение в отработанном карьере Раменского горно-обогатительного комбината;

— выработкой $10\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электрической энергии при сжигании биогаза в пяти газопоршневых электростанциях;

— выработкой тепловой энергии в количестве $10 \text{ Гкал} \cdot \text{ч}$ при сжигании осадка сточных вод с использованием выхлопных газов газопоршневых электростанций.

Заключение

Новая технология сжигания углеродсодержащих веществ в кипящем слое обеспечивает высокие экологические характеристики по выбросам в атмосферу пыли, оксидов азота, окислов серы.

Температура дымовых газов не превышает $90 \text{ }^\circ\text{C}$, что обеспечивает повышение КПД теплоэнергетической установки и снижает тепловые выбросы в атмосферу.

Областью применения теплоэнергетических установок кипящего слоя для сжигания обводненных углеродсодержащих отходов являются:

— углеобогатительные фабрики при сжигании гидрошламов;

— нефтеперерабатывающие заводы при сжигании нефтешламов;

— энерготехнологические комплексы для сжигания осадков сточных вод.

УДК 627.224.003.12

А. Т. Беккер, д-р техн. наук, проф.,
А. И. Агошков, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,
В. П. Лушпей, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф., **А. Н. Гутник**,
Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ им. В. В. Куйбышева), г. Владивосток

Вероятностный метод оценки воздействия ледовых нагрузок на сооружения нефтегазоотгрузочных комплексов на острове Сахалин

Приведены результаты статистического моделирования на основе метода Монте-Карло, позволившие спрогнозировать вероятность возникновения внезапных отказов, обусловленных превышением ледовых нагрузок от торосов над несущей способностью опор пирсов отгрузки сжиженных природных газов (СПГ) и терминалов отгрузки нефти (ТОН) для различного срока службы.

Освоение нефтегазовых ресурсов континентального шельфа на о. Сахалин неизбежно требует обустройства береговой линии в связи с транспортировкой, переработкой и отгрузкой сырья. Так, по проекту строящегося завода сжижения природного газа (СПГ) недалеко от поселка Пригородное Корсаковского района в технологической схеме предусмотрена система отгрузки, хранения и налива СПГ. Отгрузочно-циркуляционные трубопроводы этой системы будут проложены по причалу завода СПГ, выдающемуся в море на расстояние 800 м. В 500 м от завода расположен терминал отгрузки нефти (ТОН) "Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд", на котором также будет построен пирс меньшей протяженности.

Эксплуатация этих дорогостоящих гидротехнических сооружений будет в значительной мере осложнена в связи с наличием ледяного покрова в зимнее время.

Многие вопросы строительства, проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений на шельфе северных морей требуют своего решения и в первую очередь здесь следует учитывать риски возникновения внезапных и так называемых постепенных отказов [1].

Внезапные отказы возникают при появлении экстремальных значений внешних воздействий (чрезвычайных ситуаций), когда ледовые нагрузки превышают предельно допустимые для сооружения.

Постепенные отказы второго типа возникают за счет постепенного накопления неблагоприятных для сооружения факторов (внутренние деформационные повреждения материала, истирающее воздействие льда, коррозия и т. п.).

Требования безопасности состоят в том, чтобы отказы, связанные с угрозой для здоровья и жизни людей, опасностью для окружающей среды, а также с серьезным экономическим и моральным ущербом, были либо исключены, либо обладали в течение всего установленного срока службы весьма малой вероятностью реализации, т. е. риском. Причем, учитывая основные положения Федерального закона Российской Федерации от 27.12.2002 № 184-ФЗ "О техническом регулировании", высокие требования к безопасности гидротехнических сооружений должны предъявляться на всех стадиях функционирования: изготовления, монтажа, эксплуатации, ремонта и демонтажа.

При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности. Нарушения условий нормального функционирования — отказы и предельные состояния — трактуются в теории надежности как случайные события, а соответствующие технические состояния — как аварийные [1, 2].

Аварии могут быть связаны как с исключительными воздействиями на причальные сооружения (ударные нагрузки, ураганы, наводнения, пожары), так и с неблагоприятным сочетанием обычных нагрузок с весьма малой вероятностью появления. Исходной причиной аварий могут служить крупные ошибки, допущенные при проектировании, расчете, изготовлении, монтаже, эксплуатации и техническом обслуживании, а также сочетания этих ошибок с неблагоприятными внешними условиями, не зависящими от технического персонала.

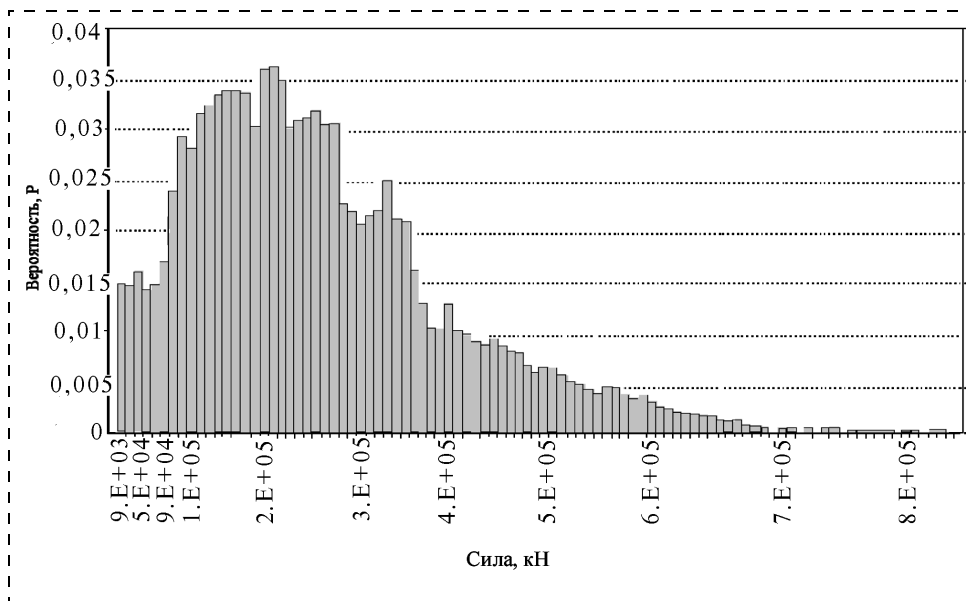


Рис. 1. Гистограмма распределения появления ледовых нагрузок от торосов

Исходные данные для расчета

| Параметры | Обозначение | Единица измерения | Значение |
|--|-----------------------|-------------------|----------|
| Диаметр опоры пирса | D | м | 8,0 |
| Угол трения льда | δ | град. | 0 |
| Сцепление | C | кПа | 40 |
| Количество взаимодействий (имитаций) | N | | 10 000 |
| Минимальная высота паруса | H_{\min} | м | 0,125 |
| Максимальная высота паруса | H_{\max} | м | 4,505 |
| Средняя высота паруса | $H_{\text{ср}}$ | м | 1,47 |
| Дисперсия распределения высоты паруса | $D_{\text{ср}}$ | | 0,721 |
| Сплоченность льда | C | | 0,5 |
| Минимальная скорость подхода льдины к опоре | V_{\min} | м/с | 0,01 |
| Максимальная скорость подхода льдины к опоре | V_{\max} | м/с | 1,1 |
| Средняя скорость подхода льдины к опоре | $V_{\text{ср}}$ | м/с | 0,18 |
| Дисперсия скорости подхода льдины к опоре | D_V | | 2,8 |
| Минимальная прочность льда | R_{\min} | МПа | 0,01 |
| Максимальная прочность льда | R_{\max} | МПа | 4,0 |
| Средняя прочность льда | $R_{\text{ср}}$ | МПа | 2,55 |
| Дисперсия распределения прочности льда | D_R | | 1,82 |
| Минимальный угол внутреннего трения льда | φ_{\min} | град. | 5 |
| Максимальный угол внутреннего трения льда | φ_{\max} | град. | 52 |
| Средний угол внутреннего трения льда | $\varphi_{\text{ср}}$ | град. | 30 |
| Дисперсия угла внутреннего трения льда | D_{φ} | | 25 |
| Плотность морской воды | ρ_w | кг/м ³ | 1026 |
| Плотность морского льда | ρ_i | кг/м ³ | 900 |

Одним из основных неблагоприятных внешних воздействий является столкновение торосов с опорами пирса для отгрузки нефти и СПГ. Используя имитационную модель воздействия торосов, предложенную А. Т. Беккером [2], можно рассчитать вероятность столкновения k -го тороса суммарной высотой H (подводной и надводной частей) $P(F_{\text{рcc}}|H)$, формирующего среднюю силу $F_{\text{ср}}(I, J, S)$, с сооружением, которое произвольно (случайным образом) располагается в заданной области акватории $(I, J, S$ — объем выборки случайных величин).

Для дискретных ледяных образований Д. Невел предложил определять частоту взаимодействия ледяных образований с сооружениями по модели "падающего дождя", когда центральная часть каждого ледяного образования представляется как капля падающего дождя, который распределен однородно и движется относительно сооружения.

В соответствии с моделью "капли дождя" вероятность столкновения каждой силы F_r определяется по теореме гипотез, или формуле Байеса, связанной с условными вероятностями

$$P(F_r/H) = (W + D_k) / (W + D_a)N,$$

где W — ширина сооружения; D_k — средний диаметр ледяного образования; D_a — средний диаметр опоры пирса; N — количество взаимодействий.

На основе статистического моделирования параметров: высоты паруса* $H_s(I)$, прочности льда $R(J)$ и угла внутреннего трения льда $\varphi(S)$ методом Монте-Карло при количестве взаимодействий (имитаций) $N = 10\,000$ получены статистический ряд значений ледовой нагрузки от торосов и теоретическое распределение вероятности появления случайной величины — силы $F_r(I, J, S)$, являющейся функцией случайных величин $H_s(I)$, $R(J)$, $\varphi(S)$.

Для численного моделирования на ЭВМ были приняты исходные данные института СахалинНИПИморнефть (таблица). Для ряда $F_r(I, J, S)$ был принят лог-нормальный закон распределения с параметрами $\mu = 12,42$ и $\sigma = 0,525$. После обработки ряда $F_r(I, J, S)$ получена гистограмма распределения вероятности появления силы $F_r(I, J, S_e)$ (рис. 1).

* Парус — надводная часть тороса.

Гистограмма вероятности столкновения $P_{cp}(F_{rcp}|H)$, где диапазон и интервалы силы сохраняются прежними, приведена на рис. 2.

Таким образом, основным результатом статистического моделирования является получение функции распределения превышений ледовых нагрузок от торосов на гидротехнические сооружения, которая может быть использована для определения расчетных значений ледовой нагрузки.

Вероятность превышения $P(F_0|H)$ за период времени T определяется по вероятности превышения p в N взаимодействиях, полученной из моделирования по методу Монте-Карло по формуле

$$P(F > F_0|H) = 1 - (1 - p)^{\tau T},$$

где N равно среднему количеству случаев взаимодействия со средней частотой τ за период времени T .

Отсюда ожидаемая вероятность для силы $F_r(I, J, S)$ превысить допустимую по условию устойчивости сооружения силу $F_{r0}(I, J, S)$ за период времени T определится из выражения

$$P(F_r(I, J, S) > F_{r0}(I, J, S)) = 1 - e^{-p\tau T}.$$

Функции распределения превышений ледовых нагрузок от торосов за период времени $T = 1; 20; 40$ лет позволяют определить вероятности превышения ледовых нагрузок от торосов для условий, которые могут наблюдаться 1 раз в год, в 20 и в 40 лет, соответственно (рис. 3).

Практическое применение полученной информации осуществляется на стадии определения надежности сооружения по внезапному отказу. При этом, во-первых, учитываются возможные сочетания ледовой нагрузки с другими видами нагрузок, а во-вторых, рассматривается функция распределения параметра, характеризующего сопротивление сооружения разрушению (в соответствии с рассматриваемыми видами отказа), как, например, веро-

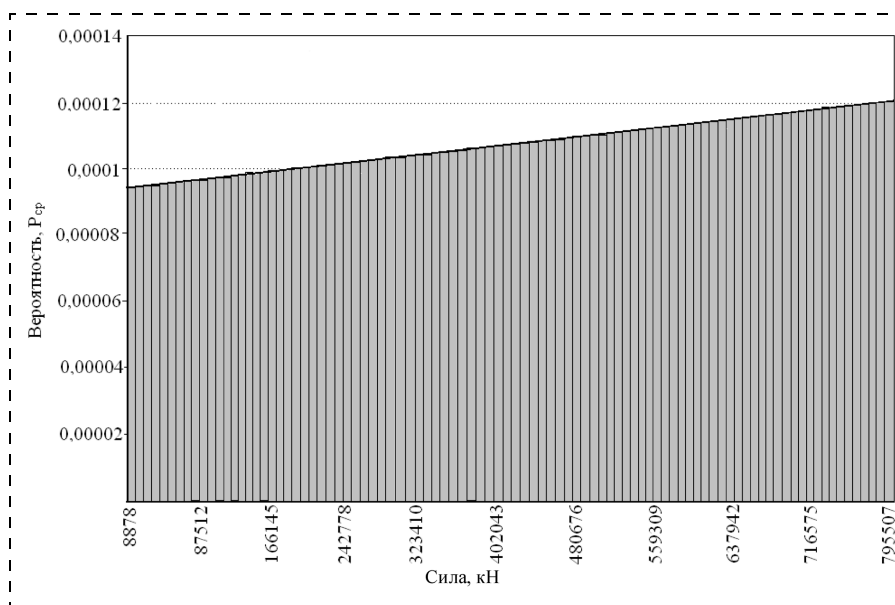


Рис. 2. Гистограмма распределения столкновения торосов с опорами пирса

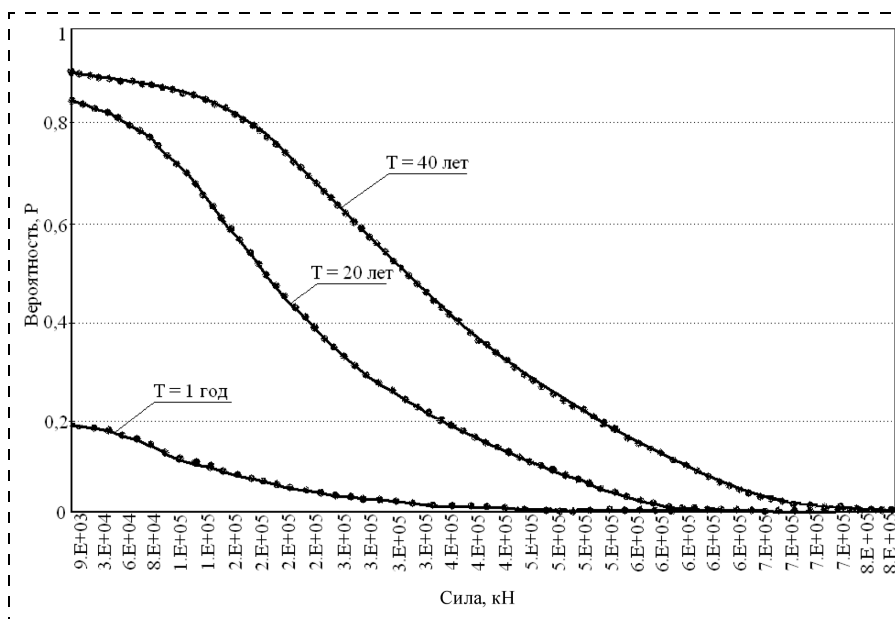


Рис. 3. Кривые превышения ледовых нагрузок за период времени T

ятность превышения внешних нагрузок над несущей способностью опор пирсов СПГ и ТОН.

Список литературы

1. **Бологин В. В.** Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений: 2-е изд. — М.: Стройиздат, 1982. — 351 с.
2. **Беккер А. Т.** Вероятностные характеристики ледовых нагрузок на сооружения континентального шельфа. — Владивосток: Дальнаука, 2004. — 346 с.



УДК 614.841.345.6

А. П. Емельянов, академик МАНЭБ

Проблемы пожарной безопасности в деятельности Латвийского отделения МАНЭБ

Об основных научных работах, выполненных академиками и членами-корреспондентами МАНЭБ в Латвийской Республике за 2003—2006 годы по проблемам пожарной безопасности.

Основными актуальными проблемами в области безопасности жизнедеятельности за последние годы в Латвии были и пока остаются проблемы пожарной безопасности, дорожно-транспортных происшествий и охраны труда. В данной статье остановимся только на проблеме пожарной безопасности, так как она по-прежнему остается наиболее сложной проблемой в сфере безопасности. Только за 2006 г. в Латвии с населением 2,3 млн человек произошло 17420 пожаров, во время которых погибло 234 человека. Если принять среднюю продолжительность жизни человека равной 65 годам, а средний состав семьи в количестве трех человек, то нетрудно подсчитать, что за свою жизнь каждый житель Латвии может 1,5 раза попасть в опасную для жизни и здоровья зону пожара.

Академики МАНЭБ профессор Анатолий Петрович Емельянов, Владимир Петрович Емельянов, Константин Кириллович Диденко, Анатолий Семенович Магиденко, доктора технических наук Валерий Николаевич Литвинов, Александр Абрамович Фрейдсон, члены-корреспонденты МАНЭБ Олег Анатольевич Емельянов, Янис Имантович Иевиньш, Жанна Владимировна Швертыня, Марис Роландович Зиемелис, понимая недопустимость такой ситуации, когда риск гибели людей на пожарах стал равным 0,0001 и многократно превышает уровень в развитых европейских странах, разработали комплексную программу по научному обоснованию мер и мероприятий по оздоровлению обстановки с пожарами. Первым вопросом этой программы был вопрос объективной оценки последствий пожаров: для объективной оценки последствий пожаров нами был включен не только прямой ущерб (сегодня только он и учитывается официально), но и косвенный, а главное — социальный и экологический.

Исследования показали, что экологический ущерб почти в 10 раз превышает материальный, а социальный еще больше. Только объективная,

научно обоснованная оценка последствий пожара дает возможность всем причастным к этой проблеме принимать правильные решения по выходу из этой ситуации, оценивать ее важность и актуальность.

Отсутствие научно обоснованной методологии комплексного (системного) анализа и оценки последствий аварий, катастроф, чрезвычайных ситуаций является причиной недостаточной экономической и экологической проработанности принимаемых решений и проводимых мероприятий, а в некоторых случаях и их неэффективности.

Одновременно исследования показали, что каждый вложенный в пожарного лат (0,54 доллара США) в казну государства возвращает 10 лат. Проведенные исследования позволили подготовить двух молодых ученых по экономическим проблемам противопожарной защиты (диссертациями руководили академики МАНЭБ Я. Иевиньш и К. Диденко). Подготовка молодых ученых весьма актуальна для Латвии. Это вызвано тем, что в Институте охраны труда и гражданской обороны Рижского Технического университета по инициативе и при непосредственном участии академиков МАНЭБ уже 3 года функционирует магистратура по охране труда и начата подготовка инженеров пожарной безопасности и гражданской обороны. Директорами этих программ соответственно являются профессора Я. Иевиньш и В. Емельянов. При институте создан учебно-консультативный центр техногенной безопасности, которым руководит А. Емельянов.

Как показали исследования, важным аспектом этой проблемы является совершенствование информации о причинах пожаров. Статистическая информация занимает важное место в организации целенаправленной работы по предупреждению пожаров. Для этого учеными и специалистами был составлен кортеж, состоящий из шести классификаторов причин пожаров. Оценку проводили 10 экспертов. Полученные при оценке данные, которые оценивались по критерию Фишера, и после выявления наличия согласованного мнения экспертов (докторов, кандидатов наук и инженеров пожарной безопасности и охраны труда) был выбран вариант классификатора, который приводится ниже.



Классификатор причин пожаров

1. Электротехнические причины
 - 1.1. Короткое замыкание.
 - 1.2. Нарушение правил эксплуатации электроустановок.
 - 1.3. Перегрузка электроустановок.
 - 1.4. Большое переходное сопротивление электрических контактов.
 - 1.5. Несоблюдение пожаробезопасного состояния до легковоспламеняющихся веществ, материалов и конструкций.
 - 1.6. Грозовые разряды.
 - 1.7. Статическое электричество.
2. Печное отопление
 - 2.1. Отсутствие или неисправность противопожарной разделки и отступок.
 - 2.2. Горение сажи.
 - 2.3. Отсутствие притопочного листа.
 - 2.4. Технические неисправности (ветхость, наличие трещин и прогаров и т. п.).
3. Самовозгорание и самовоспламенение
 - 3.1. Тепловое.
 - 3.2. Химическое.
 - 3.3. Биологическое.
4. Нарушение мер безопасности при выполнении пожароопасных работ
 - 4.1. Газосварочные.
 - 4.2. Электросварочные.
 - 4.3. Паяльные и лужение.
 - 4.4. Варка битумов и других веществ.
 - 4.5. Отогревание замерзших систем водоснабжения, канализации и других систем.
5. Технологические причины
 - 5.1. Выход из-под контроля технологического процесса (химической реакции).
 - 5.2. Превышение давления и температуры при ведении процесса.
 - 5.3. Превышение давления и отказ в сосудах под давлением.
 - 5.4. Выделение газов и перелив огнеопасных жидкостей.
 - 5.5. Попадание механических предметов в оборудование.
 - 5.6. Перегрев валов, подшипников, механические искры.
 - 5.7. Утечка в трубах и фильтрах.
 - 5.8. Ошибки оператора.
 - 5.9. Несоблюдение совместимости при хранении веществ и материалов.
6. Неправильное обращение с открытым огнем, теплогенерирующими устройствами и приборами (нарушение пожарной дисциплины)
 - 6.1. Неправильное обращение с огнем (свечи, спички и т. д.).

- 6.2. Использование теплогенерирующих устройств и приборов не по прямому назначению.
 - 6.3. Сушка сгораемых материалов вблизи нагретых поверхностей или на них.
 - 6.4. Неправильное обращение с легковоспламеняющимися веществами и их применение не по прямому назначению.
 - 6.5. Оставление детей без присмотра (детская шалость с огнем).
 - 6.6. Курение.
 - 6.7. Оставление без присмотра теплогенерирующих устройств и приборов.
7. Поджоги.
 8. Стихийные бедствия и другие чрезвычайные ситуации
 - 8.1. Ураганы, смерчи.
 - 8.2. Наводнения.
 - 8.3. Крупные аварии.
 - 8.4. Другие виды чрезвычайных ситуаций.
 9. Неустановленные причины.
 10. Причины, не вошедшие в классификатор.

Исходя из анализа последствий пожаров, а также используя классификатор причин их возникновения, были проведены исследования по снижению риска гибели и травмирования людей при пожарах в жилых зданиях.

Исследования показали, что в сельской местности на пожарах люди погибают в 1,5 раза чаще, чем в городах. Это обуславливается рядом факторов:

- в сельской местности пожарная нагрузка средней квартиры в 1,26 раза выше, чем в городе;
- среднее время прибытия пожарных подразделений на пожар на селе больше, чем в городах; так, в течение 5...10 мин в городах пожарные прибывают на 57 % пожаров, а в сельской местности только на 29 %;
- среднее время ликвидации пожара на селе также больше, чем в городе; так, за время до 15 мин в городах ликвидируется до 33 % пожаров, а в сельской местности только 18 %.

Эти и ряд других факторов привели к тому, что интенсивность гибели и травмирования людей, отнесенная к 1 м² жилой площади в Латвии, за последние годы составила:

- в сельской местности — $7,5 \cdot 10^{-6}$;
- в городах — $3,3 \cdot 10^{-6}$.

Наибольшее количество пожаров с гибелью людей происходит в трехэтажных жилых зданиях (7,8 %). Степень огнестойкости здания также существенно влияет на этот показатель. Статистика показывает, что 75,5 % пожаров с гибелью людей приходится на здания пятой степени огнестойкости. Интенсивность возникновения пожаров в этих зданиях



в 3,24 раза выше, чем в зданиях второй степени огнестойкости.

Установлено, что интенсивность гибели людей с ростом числа этажей возрастает незначительно. Расчеты показали, что в жилых домах второй степени огнестойкости интенсивность гибели людей в 3—5-этажных зданиях по сравнению со зданиями в 6—9 этажей увеличивается только в 1,5 раза. Начиная с 9-го этажа и выше эта интенсивность даже немного снижается. Так, для зданий в 10 и более этажей интенсивность уменьшается в 1,019 раза. Была рассчитана безопасная пожарная нагрузка в жилом помещении. Эта нагрузка, приведенная к древесине, составляет всего $1,22 \text{ кг/м}^2$. Фактическая же нагрузка во много раз превышает безопасную.

При решении проблемы обеспечения безопасности людей на пожарах главным критерием должен быть выбран медико-биологический фактор. При возникновении пожара человек должен быть эвакуирован еще до наступления опасных для его здоровья и жизни критических факторов или же за это время пожар должен быть потушен. Это время в среднем составляет 5...8 мин.

Проведенный математико-статистический анализ оперативной деятельности пожарной охраны Латвии показал, что из-за недостатка ресурсов и других возможностей пожарная охрана эту задачу в полном объеме выполнить не может, что, в свою очередь, ведет к высокому риску гибели людей. И это относится почти к 7 % пожаров. Решать эту проблему можно разными путями:

- увеличением числа подразделений пожарной охраны, однако это лимитируется бюджетными возможностями государства;
- развитием и повышением роли и значения пожарного добровольчества;
- тушением пожара за безопасный период начальной стадии развития пожара людьми, оказавшимися в зоне пожара.

Безопасный период начальной стадии пожара определяется временем наступления опасных для человека параметров: температуры среды, задымления, токсичных продуктов горения и пониженного содержания кислорода. Время наступления этих параметров сегодня нетрудно рассчитать. Концепцией здесь служит своевременное обнаружение пожара и создание необходимых и достаточных условий для его успешного тушения в безопасный для человека период его начальной стадии развития. Для сельской местности А. Емельяновым и Н. Литвиновым предложены дешевые и доступные специальные локальные системы пожаротушения, предусмотренные для установки в крестьянских хозяйствах. Что касается обеспечения квартир по-

жарной сигнализацией, то сегодня разработано значительное число их видов, однако требуется решить проблему возможности их повсеместного внедрения.

Для постоянного анализа пожаров с гибелью людей с целью снижения остаточного пожарного риска разработана методика анализа таких пожаров. Следует отметить, что в Латвии средний остаточный риск по жилым зданиям пока остается очень высоким — 0,002, а интенсивность возникновения пожара в расчете на единицу площади жилья (м^2) равна $13,96 \cdot 10^{-5}$.

В целях снижения риска пожаров в жилых домах и на объектах с массовым пребыванием людей (например, учебные заведения) была разработана Методика количественной оценки пожарного риска. При разработке этой методики был применен метод точечных схем, который впервые был предложен М. Гретенером (Швейцарская ассоциация пожарной профилактики). Суть этого метода заключается в учете количественных характеристик, а именно: с одной стороны, факторов, наличие которых на объекте повышает пожарную опасность, а с другой стороны, факторов, снижающих пожарный риск (в том числе факторов от элементов системы пожарной безопасности). Весовые коэффициенты факторов, учитываемых в методе точечных схем, учеными и ведущими специалистами Латвии в области пожарной безопасности устанавливались с учетом специфичных условий Латвии. Поэтому разработанная в Латвии Методика количественной оценки пожарного риска для учебных заведений и жилых домов является модификацией метода точечных оценок.

Достоинством точечных схем является возможность учета и оценки факторов пожарного риска широкого спектра, характеризующих как объект, так и его систему обеспечения пожарной безопасности. Это было опробовано и подтверждено при оценке уровня пожарной безопасности зданий Рижского технического университета, а также в России — при оценке уровня пожарной безопасности зданий музеев (В. И. Присадков, А. П. Шевчук, С. В. Муслакова, В. В. Ставнов).

Метод точечных оценок хотя и не дает абсолютной оценки потерь от пожаров, все-таки является эффективным инструментом управления уровнем пожарной безопасности объекта, а также является простым и доступным для практического применения методом.

Серьезную проблему при управлении рисками представляет проблема научного обоснования приемлемого (нормативного) уровня пожарного риска. Сложность принятия нормативного приемлемого (допустимого) уровня пожарного риска опре-

деляется тем, что он является нелинейной функцией многих составляющих, а именно уровня пожарной опасности объектов, организационно-ресурсных возможностей системы обеспечения их пожарной безопасности и других. Принятый во многих развитых странах допустимый индивидуальный риск на уровне 10^{-6} у многих специалистов вызывает сомнение в его достижимости.

Исследования показали, что каждый административный район, каждый город Латвии с точки зрения пожарной опасности имеет свои особенности, что дает основание по каждой административной единице ввести свой коэффициент пожарной опасности. Следовательно, целесообразно для каждого административного района и города допустимый уровень риска устанавливать с учетом этого фактора.

В портовом городе Вентспилс городской думой уже установлен индивидуальный риск, который не должен превышать 10^{-6} , а социальный (групповой) риск должен быть на уровне 10^{-5} в год.

Научной проработки требуют также аспекты, связанные с человеческими рисками как частью совокупного риска.

Реальные пожары во многих странах, в том числе и в Латвии, свидетельствуют о том, что установленные в нормативных документах требования пожарной безопасности не приводят к снижению социальных, экономических и экологических потерь от пожаров в зданиях. Спроектированные в соответствии с указанными требованиями норм и правил системы пожарной безопасности здания во многих случаях оказываются неэффективными и не асимметричными пожарной опасности. А. В. Матюшин, В. Н. Тимошенко, А. Щеглов (1997 г., Россия) отмечают факт большого количества требований пожарной безопасности, содержащихся в неменьшем количестве нормативных документов, утверждают, что "никто сегодня не в состоянии ответить на вопрос о достаточности этих требований для обеспечения необходимого (требуемого) уровня пожарной безопасности здания. Как правило, действующие строительные нормы и правила содержат требования пожарной безопасности, не увязанные между отдельными системами противопожарной защиты здания, что не позволяет разрабатывать альтернативные проектные решения (исключать из рассмотрения одни требования пожарной безопасности при выполнении других) и затрудняет проектирование безопасных зданий при умеренной их стоимости".

Анализ причин такого недопустимого положения показал, что при разработке нормативных документов не всегда используется системный под-

ход к обеспечению противопожарной защиты зданий, в полной мере не используются научно обоснованные методы обоснования нормативных требований, которые должны быть увязаны в единую эффективную систему обеспечения безопасности здания с учетом взаимосвязи в системе.

Исследования показали, что при разработке нормативных документов во внимание принимается, как правило, только функциональная (потенциальная) опасность и не учитывается ситуационная. Для реализации потенциальной опасности необходимо еще и источник ситуационной опасности. Таким образом, реальная опасность — это потенциальная и ситуационная опасности в совокупности. В этой связи в нормативные документы должно быть включено требование об обязательном учете ситуационной опасности. Тогда не пришлось бы констатировать, например, такие факты, что в городе строятся жилые здания в 30 этажей, а на вооружении пожарной охраны имеется техника, позволяющая спасать людей только до 12-го этажа, или подобное здание строится на таком удалении от места дислокации пожарного депо, что в случае пожара помощь терпящим бедствие своевременно заведомо оказана быть не может.

Существующие нормативные документы по техногенной безопасности пока не содержат требования по экологическим аспектам пожаров, аварий и т. д. Вместе с тем каждый пожар в среднем генерирует около 100 кг вредных и опасных веществ, загрязняя литосферу, атмосферу и гидросферу.

Несмотря на Стокгольмскую конвенцию об изъятии из обращения самых токсичных веществ, включая диоксин, они все же продолжают генерироваться пожарами, особенно при горении отходов. При этом следует отметить, что объемы отходов постоянно растут, а соответственно, растет и число пожаров, связанных с ними. Из сказанного можно сделать вывод, что количество диоксинов растет несмотря на то, что преградой на пути к нормальной жизни человека может стать даже одна молекула диоксина. Для решения этой животрепещущей проблемы в Латвии проводятся системные исследования по снижению пожаров. По результатам этих исследований В. М. Цудечкисом подготовлена докторская диссертация. Кардинальными и эффективными мерами для решения вышеуказанной проблемы являются: предупреждение пожаров, т. е. сокращение их числа, а также их быстрое тушение в безопасный период начальной стадии их развития. Второй аспект представляется весьма важным по двум причинам: первая — недостаточные возможности пожарных служб, вторая — невозможность обеспечения нулевого рис-



ка. Следовательно, существует остаточный риск, в уровень которого сегодня, как показали наши исследования, свою лепту вносят так называемые непрофилактируемые пожары, которые нужно тушить.

В классификатор причин пожаров включены также потери, которые происходят от природных стихийных бедствий. Вместе с тем в нормах по безопасности эти важные вопросы не находят отражения. В то же время при строительстве объектов жизнеобеспечения (пожарная охрана, связь, медицинские учреждения и т. д.) должна быть обеспечена их устойчивость в первую очередь к этим явлениям. Устойчивыми должны быть как жилье, так и другие здания. В настоящее время этот аспект приобретает все более важное значение, так как объективно в связи с изменением климата число природных стихийных бедствий постоянно увеличивается. Только в январе 2007 г. в Латвии имели место две бури, приведшие к затоплению некоторых территорий.

Эти и ряд других проблем безопасности жизнедеятельности по предложению академиков и членов-корреспондентов МАНЭБ были поставлены перед руководством г. Риги, в результате чего совместно с Рижской думой была проведена научно-практическая конференция на тему "Оценка состояния техногенной безопасности г. Риги и ее комплексное обеспечение в контексте развития города". На конференции было подтверждено, что в современных условиях необходимо осознать, что проблемам безопасности, как обладающим высшим приоритетом, должно уделяться должное внимание, определяемое их значимостью. А эта значимость сегодня подтверждена соответствующими статьями Всеобщей декларации прав человека, Европейской Конвенцией по правам человека и другими документами.

Мы считаем, что внедрение научных разработок ученых — членов МАНЭБ будет способствовать дальнейшему укреплению безопасности жизнедеятельности населения.

УДК 614.8

Б. С. Мастрюков, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, проф.,
ГТУ "МИСИС"

Оценка уязвимости образовательных учреждений России в техногенных и природных чрезвычайных ситуациях

Анализ тенденций развития основных природных, техногенных и экологических опасностей и угроз и их прогноз на перспективу показывают [1], что на территории России в ближайшие годы будет сохраняться высокая степень риска возникновения крупномасштабных чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера.

Среди основных целей государственной системы обеспечения безопасности в природно-техногенной сфере следует отметить обеспечение безопасности жизнедеятельности населения в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. Важное значение приобретает прогноз уязвимости объектов экономики (ОЭ), к числу которых относятся и образовательные учреждения (ОУ), по отношению к возможным поражающим факторам техногенных аварий и стихийных бедствий. В дан-

ной статье под уязвимостью будем понимать неспособность организованной системы противостоять негативным (как внешним, так и внутренним) факторам, воздействиям и потерю устойчивости системы управления [2].

Наиболее распространенными источниками ЧС в регионах Российской Федерации являются землетрясения, наводнения, химические и радиационные аварии, пожары, взрывы. В отдельных случаях необходимо учитывать вероятность возникновения ураганов, селей и т. д. В последнее время стало необходимо учитывать уязвимость ОЭ по отношению к террористическим актам.

Определить последствия негативных факторов воздействия достаточно несложно [3], однако в существующих расчетных методиках, как правило, вероятность наступления негативного события (источника чрезвычайной ситуации (ИЧС)) принимается равной единице.



Для оценки уязвимости образовательного учреждения можно использовать величину интегральной оценки риска

$$ИОР = \sum_{i=1}^{i=10} ЛР_i \quad (1)$$

где $ЛР = W \cdot Y$ — локальный риск причинения вреда ОУ вследствие возникновения ИЧС; W — частота наступления ИЧС, год⁻¹; Y — величина причиненного ущерба; i — виды ущерба, некоторые из них охарактеризованы в табл. 1.

В зависимости от вида ИЧС ущерб может быть нанесен только людям (химические и радиационные аварии) или людям и зданиям (пожары, взрывы, землетрясения, наводнения и т. д.). Ущерб может быть прямым и косвенным, физическим, материальным, моральным, экологическим, экономическим и т. д. Величина ущерба может выражаться в денежном эквиваленте, величине безвозвратных и санитарных потерь и т. д.

Используя выражение (1), все ОУ можно ранжировать с точки зрения уязвимости, принимая веро-

ятность возникновения ИЧС, равной единице, и качественно определяя величину ущерба. Например, при воздействии ударной волны на кирпичные малоэтажные здания в зависимости от величины избыточного давления на фронте ударной волны различают следующие виды разрушения: полное ($\Delta P_{\phi} = 35...45$ кПа), сильное ($\Delta P_{\phi} = 25...35$ кПа), среднее ($\Delta P_{\phi} = 15...25$ кПа) и слабое ($\Delta P_{\phi} = 8...15$ кПа). Аналогичное ранжирование может быть приведено и для других ИЧС (табл. 1).

Значительные трудности вызывает оценка уязвимости образовательного учреждения вследствие террористических актов. Наиболее объективными данными, используемыми для оценки защищенности (уязвимости) ОЭ от терактов, применительно к ОУ могут быть наличие или отсутствие условий, приведенных в примечании к табл. 1.

Согласно данным МЧС [5] уязвимость объектов экономики вследствие воздействия негативных факторов техногенных и природных ЧС существенно различается по регионам стран (рис. 1 и 2 — см. 3-ю стр. обложки). Однако это различие определяется как частотой наступления ЧС, так и ве-

Таблица 1

Ранжирование величины ущерба при некоторых типах ИЧС

| ИЧС | Величина ущерба | | | |
|---|-----------------------------|---|--|-----------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Землетрясения Наводнения Ураганы Взрыв (материальные потери) | Слабые разрушения | Средние разрушения | Сильные разрушения | Полное разрушение |
| Взрыв (человеческие потери) | Легкое поражения | Среднее поражения | Тяжелое поражение | Летальное поражение |
| Химическая авария (внешняя) | $D \leq D_{\text{пор}}$ | $D = D_{\text{пор}}$ | $D = 0,5(D_{\text{пор}} + D_{\text{лет}})$ | $D_{\text{лет}} \leq D$ |
| Проникновение опасных химических веществ (ОХВ) внутрь помещения | 0...0,20 | Коэффициент защищенности $K_{\text{защ}}$ 0,21...0,40 0,41...0,60 | | 0...0,20 |
| Пожар | $Q_{\text{в}} \leq 10^{-6}$ | $10^{-6} \leq Q_{\text{в}} \leq 10^{-5}$ | $10^{-5} \leq Q_{\text{в}} \leq 10^{-4}$ | $10^{-4} \leq Q_{\text{в}}$ |
| Радиационная авария | $1,4 \cdot 10^{-4}$ | Уровень радиации, Гр/ч $1,4 \cdot 10^{-3}$ $1,4 \cdot 10^{-2}$ | | $4,2 \cdot 10^{-2}$ |
| Теракт | Одно | Не выполнено из пяти условий защищенности Два Три | | Четыре |

Примечания: слабые разрушения — разрушение крыш, оконных и дверных проемов; средние разрушения — разрушение крыш, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей; сильные разрушения — разрушение несущих конструкций и перекрытий; полное разрушение — обрушение зданий; легкое поражение — ушибы, потери слуха ($\Delta P_{\phi} = 10...40$ кПа); среднее поражение — кровотечения, вывихи, сотрясение мозга ($\Delta P_{\phi} = 40...60$ кПа); тяжелое поражение — контузия ($\Delta P_{\phi} = 60...100$ кПа); летальное поражение — безвозвратные потери ($\Delta P_{\phi} > 100$ кПа); D , $D_{\text{пор}}$, $D_{\text{лет}}$ — текущая, пороговая, летальная токсодозы, мг · мин/л; коэффициент защищенности $K_{\text{защ}}$ — отношение концентраций токсиканта внутри и снаружи помещения при времени экспозиции 1 ч; $Q_{\text{в}}$ — вероятность воздействия опасных факторов пожара на человека, год⁻¹;

Условия защищенности:

- ограждение по всему периметру;
- контрольно-пропускной пункт;
- наряд круглосуточного дежурства;
- противопожарная сигнализация;
- система экстренной связи [4].



личиною наносимого ущерба. Указанный источник [5] может быть использован при определении величины ущерба, нанесенного ОУ по характеристикам уязвимости режима.

Частоту возникновения ИЧС природного и техногенного типа можно определить по формуле

$$W_{\text{ЧС},i} = \alpha_i W_{\text{СФ}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{ЧС},i}$ — вероятность (частота) возникновения ЧС i -го типа в данном субъекте РФ, год⁻¹; α_i — доля ЧС i -го типа во всех ЧС, характерных для данного

региона; $W_{\text{СФ}}$ — вероятность (частота) техногенных или природных ЧС в данном субъекте РФ, год⁻¹ [6].

Величина α_i определяется как доля населения субъекта РФ, оказавшегося в зоне воздействия поражающих факторов ЧС i -го типа, от числа жителей субъекта РФ.

В качестве примеров результатов расчетов по формуле (2) в табл. 2 и 3 приведены соответствующие данные по Северо-Западному и Сибирскому регионам. Как видно, субъекты РФ различаются набором и вероятностью (частотой) появления ис-

Таблица 2

Частота возникновения природных и техногенных ЧС и терактов в Северо-Западном регионе, год⁻¹

| Субъект Российской Федерации | Теракты | Техногенные ЧС | | | Природные ЧС | | |
|------------------------------|---------|----------------|--------------|-----------------|--------------|------------|---------------|
| | | Химические | Радиационные | Взрывы и пожары | Ураганы* | Наводнения | Землетрясения |
| Республика Карелия | 0,25 | 0,104 | — | 0,056 | — | 0,02 | — |
| Республика Коми | 0,35 | 0,24 | — | 0,1 | — | 0,015 | — |
| Архангельская область | 0,46 | 0,308 | — | 0,056 | — | 0,005 | — |
| Вологодская область | 0,44 | 0,444 | — | 0,072 | — | 0,014 | — |
| Калининградская область | 0,33 | 0,0296 | — | 0,011 | — | 0,015 | — |
| Ленинградская область | 0,57 | 0,576 | 0,099 | 0,054 | — | 0,008 | — |
| Мурманская область | 0,31 | 0,04 | 0,018 | 0,01 | — | 0,01 | — |
| Новгородская область | 0,24 | 0,067 | — | 0,013 | — | 0,003 | — |
| Псковская область | 0,26 | 0,07 | — | 0,01 | — | 0,066 | — |
| Санкт-Петербург | 1,6 | 0,81 | 0,027 | 0,036 | — | — | — |
| Ненецкий автономный округ | 0,01 | — | — | 0,006 | 0,028 | — | — |

* Максимальная скорость ветра не менее 32 м/с.

Таблица 3

Частота возникновения природных и техногенных ЧС и терактов в Сибирском регионе, год⁻¹

| Субъект Российской Федерации | Теракты | Техногенные ЧС | | | Природные ЧС | | |
|---|---------|----------------|--------------|-----------------|--------------|------------|---------------|
| | | Химические | Радиационные | Взрывы и пожары | Ураганы* | Наводнения | Землетрясения |
| Республика Алтай | 0,06 | 0,016 | — | 0,02 | 0,2 | 0,066 | 0,48 |
| Республика Бурятия | 0,33 | 0,186 | — | 0,03 | — | 0,084 | 0,3 |
| Республика Тыва | 0,10 | 0,025 | — | 0,025 | — | 0,114 | 0,336 |
| Республика Хакасия | 0,19 | 0,112 | — | 0,032 | — | 0,216 | 0,168 |
| Алтайский край | 0,90 | 0,14 | — | 0,014 | — | 0,096 | — |
| Красноярский край | 1,02 | 0,176 | 0,06 | 0,008 | 0,2 | 0,138 | 0,054 |
| Иркутская область | 0,83 | 0,224 | — | 0,008 | — | 0,108 | 0,138 |
| Кемеровская область | 0,998 | 0,352 | — | 0,02 | — | 0,024 | 0,018 |
| Новосибирская область | 0,927 | 0,104 | — | 0,012 | 0,05 | 0,09 | 0,144 |
| Омская область | 0,72 | 0,16 | — | 0,014 | — | 0,018 | 0,06 |
| Томская область | 0,36 | 0,172 | 0,116 | 0,04 | — | 0,042 | 0,066 |
| Читинская область | 0,398 | 0,088 | — | 0,024 | — | 0,132 | 0,3 |
| Агинский Бурятский автономный округ | 0,02 | — | — | 0,01 | — | 0,104 | 0,276 |
| Таймырский | 0,01 | 0,088 | 0,264 | 0,015 | — | 0,016 | — |
| Усть-Ордынский Бурятский автономный округ | 0,046 | — | — | — | — | 0,052 | 0,148 |

* Максимальная скорость ветра не менее 32 м/с.

точников ЧС природного и техногенного характера, а также террористических актов.

В примерах расчетов последствий ЧС техногенного и природного характера, приведенных в работе [3], при взрыве конденсированных взрывных веществ определено число погибших и пострадавших человек и степень разрушения здания; при прогнозировании последствий химической аварии — количество населения, оказавшегося в зоне летального, тяжелого и среднего поражения с учетом коэффициента защищенности; при прогнозировании последствий наводнения — степень разрушения здания и сооружений.

Проиллюстрируем применение описанной методики на примере гипотетического института, расположенного условно в Вологодской области. Вуз располагается в кирпичном пятиэтажном здании. В помещении вуза одновременно занимается 500 человек. В соответствии с данными табл. 2 для данного субъекта РФ вероятны химические аварии ($W = 0,444 \text{ год}^{-1}$), пожары и взрывы ($W = 0,072 \text{ год}^{-1}$), наводнения ($W = 0,014 \text{ год}^{-1}$) и теракты ($W = 0,44 \text{ год}^{-1}$).

Примем, что в результате аварии на промышленном холодильнике мясокомбината в районе расположения вуза концентрация аммиака может достигнуть 2 мг/л, при взрыве на базе горюче-смазочных материалов величина избыточного давления на фронте ударной волны в районе расположения вуза может составить 30 кПа, при наводнении глубина затопления может составить 0,5 м при скорости движения потока затопления 1 м/с. Примем также, что из пяти условий, по которым оценивается уязвимость вуза вследствие террористических актов, в рассматриваемом вузе отсутствуют два (ограждение по периметру вуза и система экстренной связи).

Этим параметрам будет соответствовать слабая степень разрушения при наводнении (величина ущерба — 1), легкое поражение учащихся при взрыве снаружи (величина ущерба — 1), сильная степень поражения здания при взрыве (величина ущерба — 3), средняя степень поражения при химической аварии (величина ущерба — 3) и 2-я степень уязвимости при теракте.

Интегральная уязвимость данного вуза в соответствии с формулой (1)

$$ИОР = 0,014 \cdot 1 + 0,072 \cdot 1 + 0,072 \cdot 3 + 0,444 \cdot 3 + 0,44 \cdot 2 = 2,514.$$

Максимально возможная при данном наборе ИЧС и заданной частоте их возникновения (все ИЧС соответствуют 4-й степени поражения) $ИОР_{\max} = 4,18$, минимально возможная (1-я степень поражения) $ИОР_{\min} = 1,045$. Такая оценка уязвимости является

достаточно приближенной. Для более точной оценки уязвимости ОУ следует учитывать количество учащихся и персонала, находящегося в здании, время возникновения ИЧС, оборудование здания системой противопожарной защиты, пути эвакуации при возникновении ЧС и т. д.

Решение таких задач основано на методологии формирования интегральной оценки риска путем реализации стандартных формальных и экспертных процедур [7], состоящей из двенадцати этапов, содержание которых кратко излагается ниже.

На *первом этапе* устанавливаются n локальных рисков (ЛР) для оценивания интегрального уровня риска.

На *втором этапе* все ЛР разбиваются на две подгруппы: рассчитываемые и определяемые экспертным путем.

На *третьем этапе* формируется балльная шкала оценок ЛР первой подгруппы от 1 до m .

На четвертом этапе определяются оценки ЛР, входящих во вторую подгруппу, с применением стандартных процедур свертки экспертных оценок. Например, если s_{ij} — экспертная оценка по i -му ЛР, полученная от j -го эксперта, то оценка O_i по этому риску может быть сформирована на основе следующей процедуры

$$O_i = \frac{1}{p_i} \sum_{j=1}^{p_i} s_{ij}, \quad (3)$$

где p_i — число экспертов по i -му ЛР.

На *пятом этапе* определяется множество показателей, которые характеризуют ЛР, входящие в первую подгруппу, т. е. определяются типы и количество показателей Q_i , $i = 1, 2, \dots, q$.

На *шестом этапе* разрабатываются шкалы перечета значений показателей в локальные балльные оценки. Для первых q ЛР, по которым оценку определяют показатели, имеющие характер объектив-

ных данных, формируются $\sum_{i=1}^q Q_i$ отдельных шкал.

Эти шкалы строятся следующим образом. Для j -го показателя ($j = 1, \dots, Q_i$) i -го ЛР ($i = 1, 2, \dots, q$) экспертам или на основании расчетов определяются наилучшее $P_{ij}^{\text{л}}$ и наихудшее $P_{ij}^{\text{х}}$ значения показателя. Затем эти значения откладываются на числовой оси. Таким образом, полученный отрезок включает в себя все возможные значения, которые может принимать этот показатель. После этого отрезок разбивается на m отрезков, причем границы этих отрезков также определяются экспертно. Достаточно часто встречающийся способ разбиения — это разбиение на равные отрезки.

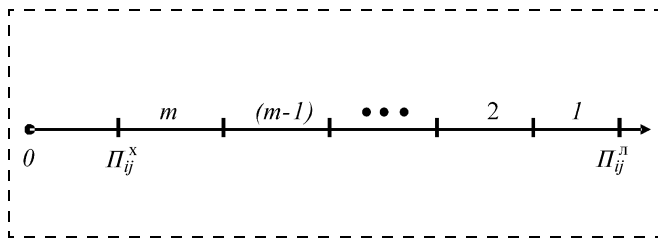


Рис. 3. Шкала пересчета значений показателей в локальные балльные оценки для случая $\Pi_{ij}^l > \Pi_{ij}^x$

Если $\Pi_{ij}^l > \Pi_{ij}^x$, то полученная шкала имеет вид, представленный на рис. 3.

Если же $\Pi_{ij}^l < \Pi_{ij}^x$, то шкала представляется в виде рис. 4.

На *седьмом этапе* измеряются или рассчитываются значения показателей b_{ij} , которые характеризуют ЛР первой подгруппы.

На *восьмом этапе* пересчитываются значения показателей, полученные на седьмом этапе, в промежуточные балльные оценки. Для этого на соответствующей шкале находится значение того или иного показателя и определяется промежуточная балльная оценка, которой это значение соответствует.

На *девятом этапе* определяются оценки уровня ЛР, составляющих первую подгруппу.

$$O_i = \frac{1}{Q_i} \sum_{j=1}^{Q_i} b_{ij}. \quad (4)$$

На *десятом этапе* определяются пары направлений, по которым оценки уровня риска будут сворачиваться в обобщенную оценку. На этом этапе эти пары направлений также определяются экспертами, т. е. эксперты формируют так называемую бинарную структуру свертки [8], которая наглядно иллюстрирует схему последовательного получения сначала обобщенных оценок, а затем и комплексную оценку объекта.

На *одиннадцатом этапе* осуществляется формирование матриц свертки.

Матрица свертки — это таблица, номер строки которой соответствует оценке одного локального риска, а номер столбца — оценке другого локального риска. Отметим, что для каждой пары сворачиваемых оценок выбирается своя матрица свертки. Очевидно, что для m -балльной шкалы матрицы имеют размерность $m \times m$.

Основное внимание при формировании матриц свертки должно быть уделено их непротиворечи-

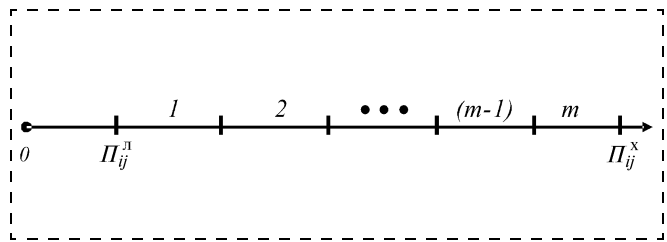


Рис. 4. Шкала пересчета значений показателей в локальные балльные оценки для случая $\Pi_{ij}^l < \Pi_{ij}^x$

вости. Значение каждого элемента матрицы не должно противоречить логике ее построения.

Если обозначить через a_{ij} элементы матрицы свертки, то матрица будет непротиворечивой, если выполняются следующие условия [9]:

1. $a_{ij} = i$;
2. $\min(i, j) \leq a_{ij} \leq \max(i, j)$;
3. $a_{ij} \leq a_{ij+1}$;
4. $a_{ij} \leq a_{i+1j}$.

Нумерация столбцов и строк матриц свертки ведется от нижнего левого угла.

На *двенадцатом этапе* определяется интегральная оценка риска.

Зная *ИОР* и ее составляющие, каждый вуз может сам определить приоритетные направления действий по снижению уязвимости (повышению устойчивости функционирования) в чрезвычайных ситуациях.

Список литературы

1. **Мастрюков Б. С.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. — М.: Академия, 2004. — 336 с.
2. **Анализ и оценка природных рисков в строительстве** / Под ред. А. Л. Рагозина. — М.: ПНИИИС, 1995. — С. 9—25.
3. **Мастрюков Б. С., Овчинникова Т. И.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Прогнозирование и оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях. — М.: УЧЕБА, 2004. — 102 с.
4. **Добровольский В. С., Овечкин А. Н., Павлов А. А.** Модель оценки состояния и подготовки образовательных учреждений к террористическим проявлениям. — М.: Минобрнауки, 2005. — 250 с.
5. **Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации.** — М.: ИПЦ "Дизайн. Информация. Картография", 2005. — 269 с.
6. **Шахраманьян М. А., Акимов В. А., Козлов К. А.** Оценка природной и техногенной опасности России. — М.: ФИД "Деловой экспресс", 1998. — 218 с.
7. **Бурков В. Н., Кондратьев В. В., Цыганов В. В., Черкашин А. М.** Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма. — М.: Наука, 1984.
8. **Глотов В. А., Павельев В. В.** Векторная стратификация. — М.: Наука, 1984.
9. **Кондратьев В. Д., Щепкин А. В.** Комплексное оценивание в области безопасности дорожного движения. — М.: Институт проблем управления РАН, 2002.



УДК 556.33.574.001.25

В. А. Сахаров, член-корреспондент МАНЭБ,

В. А. Мелкий, академик МАНЭБ, д-р техн. наук, **Е. В. Никонова**, асп.,

Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН,
г. Южно-Сахалинск

Оценка степени опасности возникновения неблагоприятной санитарно-эпидемиологической ситуации в водоносных горизонтах территории

Дефицит питьевой воды приводит к чрезвычайным ситуациям. Дефицит воды обуславливается либо отсутствием достаточных ресурсов, либо неудовлетворительным состоянием систем водоснабжения. При планировании нового строительства следует ориентироваться на рассредоточенное водоснабжение. В этом случае устраняется необходимость строительства или увеличения пропускной способности магистральных водопроводов, что, в свою очередь, значительно снижает капитальные затраты, упрощает обслуживание системы и в целом повышает надежность водоснабжения. Дана методика выбора мест водозаборов рассредоточенного водоснабжения, обеспечивающая максимальную защищенность от ЧС.

Обеспечение населения Российской Федерации высококачественной питьевой водой находится в неудовлетворительном состоянии. Нередки случаи, когда дефицит питьевой воды приводит к чрезвычайным ситуациям. Недостаток воды обуславливается либо отсутствием достаточных ресурсов, либо неудовлетворительным состоянием систем водоснабжения.

В условиях кризиса, в котором длительное время пребывают коммунальные предприятия, риск возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями в системах снабжения населения питьевой водой, существенно увеличивается. Высокий износ основных производственных фондов, резкое снижение затрат на обеспечение производственной безопасности, ухудшение технологической дисциплины, сбой на технологически сопряженных объектах, социальная напряженность и другие факторы повышают опасность аварий и катастроф такого рода. Регионы и города должны иметь надежные системы предупреждения чрезвычайных ситуаций на основе мониторинга и непрерывного прогнозирования.

В г. Южно-Сахалинске проблемы водоснабжения не связаны с проблемой дефицита ресурсов. Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод на

территории города составляют 77,08 тыс. м³/сут. Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в 316 тыс. м³/сут. при потребности города в питьевой воде 82,2 тыс. м³/сут. в перспективе 2010 г. Обеспеченность населения городского округа возобновляемыми ресурсами только подземных вод весьма высокая — 1,8 м³/сут. чел. и может полностью удовлетворить все потребности населения и местной промышленности города даже на отдаленную перспективу. Однако неудовлетворительное техническое состояние магистральных и внутриквартальных сетей приводит к значительным потерям воды при ее транспортировке от водозаборов до потребителя.

Потери в системе водоснабжения г. Южно-Сахалинска достигают 50 % от добытой воды. Такое состояние дел часто приводит к ограничениям в подаче воды населению. В периоды зимней межени длительное время практикуется сеансовая подача воды. При неизменности положения в ближайшие годы ситуация с водоснабжением города может перейти в разряд чрезвычайной. Единственный выход из сложившейся ситуации — это капитальный ремонт или замена водопроводных сетей. Однако это требует значительных материальных затрат, которые непосильны местным бюджетам, в связи с чем многие годы ремонт сетей ограничивается "латанием дыр". Таким образом, действующая система централизованного водоснабжения не может обеспечить надежное водоснабжение города, не говоря уже о развитии нового строительства.

Некоторые специалисты, в том числе авторы работы, склоняются к тому, что в сложившихся социально-экономических условиях при планировании нового строительства следует ориентироваться на рассредоточенное водоснабжение за счет небольших водозаборов подземных вод, обеспечивающих отдельные индивидуальные дома, кварталы многоэтажной застройки и производственные предприятия. В этом случае устраняется необходимость строительства или увеличения пропускной способности магистральных водопроводов, что, в свою



очередь, значительно снижает капитальные затраты, упрощает обслуживание системы и, в целом, повышает надежность водоснабжения.

Расчетный средний модуль прогнозных [1] эксплуатационных ресурсов на территории города составляет $6,7 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$. Таким образом, в количественном отношении организация рассредоточенного водоснабжения возможна по всей территории города.

Учитывая, что развитие жилищного строительства происходит в основном за счет малоэтажных индивидуальных домов, в качестве источника водоснабжения в массовом порядке используется и будет использоваться далее первый от поверхности грунтовый водоносный горизонт в силу небольшой стоимости строительства неглубоких (10...15 м) водозаборов подземных вод. Этот же водоносный горизонт может быть использован в случае возникновения чрезвычайной ситуации в системах централизованного водоснабжения для экстренной организации водоснабжения отдельных кварталов многоэтажной застройки, так как скважины могут быть оборудованы в течение нескольких часов.

Вместе с тем система рассредоточенного водоснабжения, ориентированная на грунтовый водоносный горизонт, имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, каждый водозабор согласно СанПиН 2.1.4.027—95. "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения" должен иметь зоны санитарной охраны. Зона санитарной охраны первого пояса (ЗСО-I) устанавливается на фиксированном расстоянии от эксплуатационных скважин, размеры зон санитарной охраны второго (ЗСО-II) и третьего поясов (ЗСО-III) определяются, как правило, расчетным способом. Рассчитанные с использованием формальных параметров ЗСО — II, III имеют очень большие размеры и обуславливают распространение существенных градостроительных ограничений на значительные площади. Во-вторых, являясь первым от поверхности, грунтовый водоносный горизонт уязвим с точки зрения загрязнения из поверхностных источников. Подземные воды горизонта в районах складирования отходов производства и потребления, а также в районах неблагоустроенного жилого фонда и садоводческих кооперативов испытывают значительную нагрузку и зачастую загрязнены в химическом и бактериологическом отношении до опасных уровней. При определенных условиях вода из горизонта может стать источником эпидемий и химического отравления населения, т. е. в горизонте может возникнуть чрезвычайная санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Основной целью данного исследования был прогноз возможного загрязнения подземных вод грун-

тового водоносного комплекса до неприемлемых кондиций при воздействии различных источников. В состав работ входило: гидрогеохимическое опробование водоносных горизонтов и комплексов, геохимическое опробование пород разрезов скважин, определение емкости поглощения и состава обменного комплекса водовмещающих пород и пород зоны аэрации, исследование процессов микробиологического разложения органических соединений и естественных защитных свойств зоны аэрации [2, 3]. В результате исследований было установлено, что природная экосистема обладает очень мощными защитными свойствами, которые предотвращают развитие чрезвычайной санитарно-эпидемиологической обстановки в грунтовом водоносном горизонте на значительные расстояния.

Для обеспечения оптимального выбора площадок водозаборов нами была разработана методика зонирования территории по степени опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте.

В основу зонирования положены: 1) оценка защищенности подземных вод грунтового водоносного горизонта от загрязнения; 2) ранжирование поверхностных источников загрязнения по степени опасности загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта.

Оценка защищенности подземных вод от загрязнения производилась с использованием методики Гольдберга [4]. Под защищенностью подземных вод от загрязнения понимается перекрытость водоносного горизонта отложениями, прежде всего слабопроницаемыми, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды.

Защищенность подземных вод зависит от многих факторов, которые можно разделить на три группы — природные, техногенные, физико-химические.

Основные природные факторы: 1) наличие в разрезе пород слабопроницаемых отложений; 2) глубина залегания подземных вод (мощность зоны аэрации); 3) мощность, литология и фильтрационные свойства пород (в первую очередь, слабопроницаемых), перекрывающих подземные воды; 4) поглощающие (сорбционные) свойства пород; 5) соотношение уровней водоносных горизонтов.

Техногенные факторы — это прежде всего условия нахождения загрязняющих веществ "на поверхности" земли (хранилища отходов в накопителях, шламохранилищах, сброс сточных вод на поля фильтрации, орошение сточными водами, санитарное состояние площадей размещения неблагоустроенного жилого фонда и садоводческих товариществ и т. д.) и определяемый этими условиями характер проникновения загрязняющих веществ в подземные воды.

Физико-химические факторы — специфические свойства загрязняющих веществ, их миграционная способность, сорбируемость, химическая стойкость или время распада загрязняющего вещества, взаимодействие загрязняющих веществ с породами и подземными водами.

Очевидно, что чем надежнее перекрытость подземных вод слабопроницаемыми отложениями, чем больше их мощность и ниже их фильтрационные свойства, чем больше глубина залегания подземных вод, т. е. чем благоприятнее природные факторы защищенности, тем выше степень защищенности подземных вод по отношению к любым видам загрязняющих веществ и условиям их проникновения в подземные воды с поверхности земли. Поэтому при оценке защищенности подземных вод следует исходить прежде всего из природных факторов защищенности. Важнейшим из них является наличие в разрезе слабопроницаемых отложений.

Под слабопроницаемыми понимаются отложения (супеси, суглинки, глины и др.), коэффициенты проницаемости которых менее 0,1 м/сут.

Качественная оценка условий защищенности грунтовых вод в общем случае делается с учетом четырех показателей: 1) глубины залегания уровня грунтовых вод (мощности зоны аэрации); 2) литологии пород зоны аэрации; 3) мощности слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации; 4) фильтрационных свойств пород зоны аэрации и, прежде всего, слабопроницаемых отложений.

Однако в реальных условиях строение зоны аэрации характеризуется сильной изменчивостью.

Поэтому для оценки условий защищенности автотранспортом используются факторы, которые могут быть определены достаточно уверенно: 1) мощность зоны аэрации (по результатам многолетнего мониторинга глубины залегания грунтовых вод); 2) коэффициент фильтрации зоны аэрации, интегрально учитывающий литологию разреза пород, мощность и фильтрационные свойства отложений, включая слабопроницаемые (по результатам опытно-фильтрационных работ) [1].

В пределах территории города выделены три категории защищенности грунтовых вод:

I категория — мощность зоны аэрации менее 1 м, слабопроницаемые отложения в разрезе зоны аэрации практически отсутствуют, защищенность грунтовых вод от загрязнения слабая.

II категория — мощность зоны аэрации не более 3 м, прослойки слабопроницаемых отложений незначительные, защищенность грунтовых вод от загрязнения средняя.

III категория — мощность зоны аэрации более 3 м, в разрезе пород присутствуют слабопроницаемые отложения, защищенность грунтовых вод от загрязнения хорошая.

Корректность принятой градации подтверждена комплексными физико-химическими и микробиологическими исследованиями.

Для учета условий защищенности при построении схемы качественной оценки опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте территориям распространения I категории защищенности присваивается 3 балла; II — 2 балла; III — 1 балл.

Районирование города по степени опасности техногенных факторов проводилось по результатам экологического обследования территории.

По санитарно-эпидемиологической опасности на территории города выделено пять районов с идентичными признаками, которые оценивались также по балльной системе.

1. Площади расположения сосредоточенных источников загрязнения высокой интенсивности (складирование отходов производства и потребления). Возможное загрязнение — бактериологическое, органические соединения, тяжелые металлы, высокотоксичные соединения, соединения азота. Вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта очень высокая (5 баллов).

2. Площади расположения неблагоустроенного жилого фонда и садоводческих кооперативов. Возможное загрязнение — бактериологическое, органические соединения, тяжелые металлы, соединения азота. Вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта высокая (4 балла).

3. Площади расположения производственных зон промышленных предприятий. Вероятность бактериологического загрязнения низкая. Состав возможных химических загрязнителей весьма разнообразен. Вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта средняя (3 балла).

4. Площади распространения сельскохозяйственных угодий. Возможное загрязнение — органические соединения, соединения азота. Вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта низкая (2 балла).

5. Площади расположения благоустроенного жилого фонда и рекреационных зон. Источники загрязнения отсутствуют. Вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта практически отсутствует (1 балл).

Результирующая схема зонирования территории города по степени опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте составлена путем суммирования соответствующих баллов защищенности и санитарно-эпидемиологической опасности поверхностных источников загрязнения при наложении схем районирования.



Правомерность таких построений основывается на данных комплексных исследований, по результатам которых установлено, что бактериологическое и химическое загрязнение подземных вод грунтового водоносного горизонта в районах площадок складирования отходов производства и потребления локализовано в пространстве в непосредственной близости от источника благодаря очень высокой природной самоочищающей способности зоны аэрации и водоносного горизонта. При этом чем лучше условия защищенности грунтового горизонта и меньше интенсивность поверхностных источников загрязнения, тем меньше вероятность загрязнения подземных вод до недопустимого уровня.

По сумме баллов, учитывающих условия защищенности грунтовых вод и опасность поверхностных источников загрязнения, выделены четыре зоны по степени опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической обстановки в грунтовом водоносном горизонте:

1-я зона — сумма баллов 7—8 (защищенность подземных вод грунтового водоносного горизонта слабая и очень слабая; вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта высокая и очень высокая), степень опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте очень высокая. Организация хозяйственно-питьевого водоснабжения недопустима.

2-я зона — сумма баллов 5—6 (защищенность подземных вод грунтового водоносного горизонта слабая и средняя; вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта средняя и высокая), степень опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте высокая. Организация хозяйственно-питьевого водоснабжения не рекомендуется.

3-я зона — сумма баллов 3—4 (защищенность подземных вод грунтового водоносного горизонта средняя и хорошая; вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта средняя и низкая), степень опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте средняя. Организация хозяйственно-питьевого водоснабжения возможна на ограниченных территориях.

4-я зона — сумма баллов 1—2 (защищенность подземных вод грунтового водоносного горизонта хорошая; вероятность загрязнения подземных вод грунтового водоносного горизонта практически отсутствует), степень опасности возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации в грунтовом водоносном горизонте низкая. Организация хозяйственно-питьевого водоснабжения возможна по всей площади без ограничений.

Использование предложенной схемы зонирования города при организации рассредоточенного водоснабжения и аварийного водоснабжения в случае крупных аварий в системах централизованного водоснабжения позволит значительно снизить риск возникновения чрезвычайной санитарно-эпидемиологической ситуации.

Список литературы

1. **Сахаров В. А.** Оценка обеспеченности населения Сахалинской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (отчет по результатам второго этапа). Южно-Сахалинск, СГГЭ. 2000.
2. **Сахаров В. А.** (отв. исполнитель) изучение техногенного воздействия на подземные воды в районе водозабора "Луговое". Южно-Сахалинск, СГГЭ. 1990.
3. **Агарков М. Н.** Режим подземных вод о. Сахалина в 1965—1985 гг. Сводный отчет Комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической партии по объекту "Изучение режима подземных вод на территории Сахалинской области в 1986—1987 гг.". Южно-Сахалинск: СГГЭ, 1988.
4. **Гидрогеологические** основы охраны подземных вод. М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1984.

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский пер., 4
Телефон редакции журнала (495) 269-5397, тел./факс (495) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

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

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

Сдано в набор 12.03.08. Подписано в печать 22.04.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,84. Уч.-изд. л. 9,26. Заказ 355.

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.