



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

3(123)
2011

Редакционный совет:

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

Главный редактор
РУСАК О. Н.

Зам. главного редактора
ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь
ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

- Елин А. М. Работа с персоналом как основа профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний 2
Попов В. М. Методология оценки травмобезопасности рабочих мест 5

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Черный К. А. Основные параметры аэроионного состава воздушной среды помещений и их учет при разработке методик применения коронных аэроионизаторов 10

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Андрюшкин А. Ю. Газодинамическая технология создания звукопоглощающих покрытий из вспененных пластмасс 16
Мурзинов П. В. Методика выбора листовых материалов для высокоэффективных звукозащитных панелей 20

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

- Липатов Ю. А. Задачи и пути решения законодательного обеспечения энергоэффективности и энергосбережения российской энергетики 23

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Закиева Э. З., Каримова Л. Х., Мухутдинов А. А. Исследование сублимации и летучести ускорителей серной вулканизации резиновых смесей и способы снижения их экологической опасности 28
Пантюкова М. Е., Мазлова С. В., Павлова Т. П., Шулаев М. В., Фридланд С. В. Интенсификация биологической очистки сточных вод стимуляторами процесса 31

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- Песков С. Н. Проблемы очистки ливневых сточных вод, поступающих в реку Сура с территории города Пензы 34

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Киселев Я. С., Хорошилов О. А. Определение критических параметров гашения пламени в сухих огнепреградителях 38
Суслов А. П., Добрынин О. С., Смирнов Ю. Д. Пожарная безопасность как одна из основ защиты студентов и преподавателей в современном вузе 46

ОБРАЗОВАНИЕ

- Балыхин Г. А., Бердашкевич А. П. Об особенностях преподавания курса ОБЖ 50

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Сузова Л. В. Структурные компоненты и функции культуры безопасности жизнедеятельности 53

Приложение. Ксенофонтов Б. С. Проблемы очистки сточных вод промышленных предприятий

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 и включен в систему Российского индекса научного цитирования.

УДК 658.345

А. М. Елин, канд. социол. наук, ФГУ "ВНИИ охраны и экономики труда", Москва
E-mail: ELIN37A@yandex.ru

Работа с персоналом как основа профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний

Приведен краткий анализ состояния производственного травматизма и поднимаются вопросы об основных направлениях его профилактики, в числе которых, по мнению автора, основное внимание должно быть уделено повышению квалификации различных категорий работников, в том числе — первых руководителей.

Ключевые слова: производственный травматизм; обучение и повышение квалификации; вредные и опасные факторы производственной среды и трудового процесса; выявление профессионального риска; порядок обучения; развитие и формирование кадрового потенциала; управленческое воздействие

Elin A. M. *The interaction with personnel — basis for prophylactics of on-the-job injury rate and professional diseases*

The article is dealing with short analysis of the state of on-the-job injury rate and matters regarding main directions of its prophylactics, including, as author suggests, that main attention is to be paid to raising qualification of different categories of workers including those of the leaders.

Keywords: on-the-job injury rate; training and up-grading; harmful and dangerous factors of industrial environment and working process; determination of professional risks; the way of training; development and training of staff potential; managerial influence

За последние годы в стране наметилась тенденция устойчивого снижения уровня производственного травматизма; активизирована работа по обучению безопасным приемам и методам труда, что подтверждается статистическими показателями (см. рисунок).

Вместе с тем, по-прежнему велика численность работников, занятых на тяжелых работах и работах с вредными условиями труда. Анализ причин заболеваемости в России показывает, что до 40 % заболеваний прямо или косвенно связано с неудовлетворительными условиями труда. Среди впервые признанных инвалидами более 20 % утратили трудоспособность в возрасте 45—50 лет.

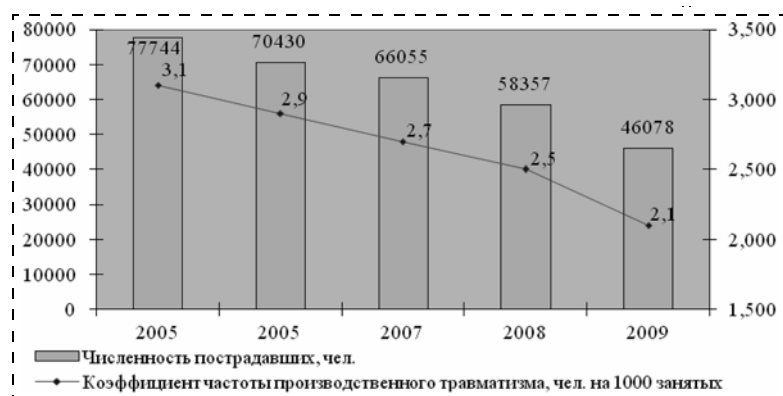
Общая обстановка с охраной и условиями труда в Российской Федерации остается напряженной, несмотря на ряд позитивных изменений по отдельным показателям. Глубокий анализ влияния опасных и вредных производственных факторов на здоровье работников во многих организациях практически не проводится. Повсеместно фиксируются только последствия, приведшие к несчастным случаям, а истинные причины их возникновения рассматриваются поверхностно либо не рассматриваются вовсе.

Неудовлетворительное положение с охраной труда в отдельных видах экономической деятельности и в ряде регионов напрямую сказывается на здоровье работников, имеет серьезные экономические издержки, осложняя демографическую ситуацию, сдерживает развитие и формирование кадрового потенциала в стране в целом и в ряде регионов в частности.

Сложившееся положение требует совершенствования действующей системы подготовки и переподготовки кадров по вопросам охраны и безопасности труда.

Сегодня к данным вопросам в стране необходимо выработать дифференцированный подход, системность и последовательность проводимых мероприятий, а главное следует сосредоточить внимание на качественном освоении обучаемыми учебного материала на основе современных методов и методик, которые должны быть приемлемыми для всех форм обучения и повышения квалификации. В первую очередь должен быть принят новый Порядок (взамен Порядка, утвержденного совместным постановлением Минтруда России № 1 и Минобразования России № 29 от 13 января 2003 г.), пересмотрены и уточнены стандарты повышения квалификации, программы обучения, более тщательно следует готовить комплекты методических материалов, используемых при обучении, и т. п.

Необходимо определить, узаконить и ввести в повседневную практику следующие требования: обучение вопросам охраны труда во всех органи-



зациях независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности должно начинаться с первых руководителей, а затем должны пройти обучение все остальные работники по отработанной системе. Данная система предусматривает: а) выработку, утверждение и реализацию поэтапного, но динамично развивающегося принципа подготовки первых руководителей на основе специально разработанных программ. Первый (ознакомительный) этап предусматривает учебный процесс объемом до 6—8 часов (по утвержденной программе) со сдачей зачета (проверкой знаний). Этот этап обязателен для всех вновь назначаемых или не прошедших ранее обучения руководителей.

Обучение вопросам охраны труда строится с учетом следующих подходов. Должны быть подготовлены (скорректированы) программы подготовки различных категорий управленческого персонала и рабочих. В первую очередь проходят обучение первые руководители, которые должны получить соответствующие знания по законодательству по охране труда с акцентом на организационные, экономические и социальные аспекты этого направления управленческого воздействия. При этом обучение первых руководителей должно быть систематическим и последовательным через формирование специализированных групп (только из числа первых руководителей). Программы и периодичность их обучения и проверки знаний должны быть дифференцированы. Программа обучения руководителей должна предусматривать в первую очередь вопросы:

- государственной политики в области охраны труда;
- методологию создания системы управления охраной труда на основе оценки и управления профессиональными рисками;
- системы прав, обязанностей и сферы ответственности за обеспечение безопасных и здоровых условий труда работников на каждом рабочем месте.

Перед началом обучения целесообразно провести входной контроль уровня знаний требова-

ний охраны и безопасности труда непосредственно в организации по виду ее экономической деятельности.

Программа для руководителей организаций должна быть ориентирована преимущественно на дистанционный (или иной) вид обучения с предоставлением руководителю информационно-методической базы в электронном виде для практического ее использования. Программа лекционного обеспечения для данной категории работников должна быть в пределах 6 академических часов с последующей обязательной проверкой уровня освоенного материала. Для руководи-

телей, проходящих первичную подготовку, такая учеба должна иметь принцип расширенного восприятия объема материала (т. е. систематически усложняться до определенных пределов) с ежегодным ее обновлением. Для руководителей, уже имеющих подготовку начального курса в объеме такой программы, обучение можно проводить один раз в три года с обязательным контролем текущего уровня знаний.

По такой же схеме должны проходить проверку знаний преподаватели высших и средних специальных и средних общеобразовательных учебных заведений, преподающие предметы "Охрана труда", "Безопасность технологических процессов и производств", "Безопасность жизнедеятельности", "Основы безопасности жизнедеятельности" и т. п. Это вызвано тем, что в отдельных высших и средних специальных учебных заведениях преподаватели, ведущие дисциплины, связанные с безопасностью работников, на протяжении ряда лет сами ни разу не повышали свою квалификацию.

По мнению автора, членами комиссий по проверке знаний этих категорий должностных лиц должны быть, как минимум, руководитель обучающей организации, руководитель государственной инспекции труда, директор (заместитель директора) территориального департамента труда. Главное, чтобы при оценке знаний обеспечивались объективность и высокая требовательность со стороны членов комиссии и соответствующий уровень знаний аттестуемого специалиста.

Подбор и подготовка работников остаются важным звеном в структуре мероприятий по обеспечению охраны труда, предупреждения профессиональных рисков. Методы реализации данного направления должны базироваться на анализе профессиональной пригодности, психофизиологического состояния работников в процессе их трудовой деятельности, уровня их компетентности и подготовленности к организации и проведению комплекса работ, в том числе с использованием приемов и методов безопасного труда.



Программы подготовки специалистов по охране труда (риск-менеджеров) должны предусматривать: лекционное сопровождение с проведением практических занятий по отдельным направлениям системы управления охраной труда, элементами выявления, оценки и управления риском. При обучении этой категории работников необходимо обеспечить высокую степень информированности обо всех вновь принятых (действующих) нормативных правовых и методических материалах по охране труда федерального и регионального уровней, а также возможность их использования в повседневной работе.

Особый подход должен быть обеспечен к подготовке той категории специалистов, в подчинении которых находятся работники, выполняющие служебные или иные поручения под их управлением или контролем (например, мастера, начальники цехов, технологи и т. д.). Особенно это должно касаться всех руководителей производственных или иных подразделений, работники которых используют в своей деятельности различные технические средства или орудия труда, или при этом присутствуют источники повышенной опасности. Такие лица должны проходить ежегодную проверку знаний в комиссии организации, при условии, что обеспечиваются соответствующие требования к членам таких комиссий. Программы их подготовки, кроме общих вопросов охраны труда, должны содержать специфические требования безопасности отраслевой направленности с учетом особенностей организации труда на конкретных рабочих местах.

Перечень должностей сотрудников организации, не подлежащих обязательной проверке знаний по охране труда, определяется в каждой конкретной организации ее руководителем (работодателем).

Если же в организации произойдет тяжелый несчастный случай или авария, то руководитель организации должен организовать внеочередную проверку с соответствующей предварительной подготовкой работников и приглашением представителя контрольно-надзорной структуры. Серьезной проблемой остается внутрифирменная подготовка персонала по охране труда, которая в большинстве своем находится на низком уровне. Учебные программы длительное время не пересматривались либо вовсе не разрабатывались, а в тех, какие есть, не предусмотрено изучение ни теоретических основ, ни практических приемов ведения безопасной работы, выявления профессиональных рисков и мер по их профилактике. Слабая подготовленность управленческого персонала, ответственного за обеспечение здоровых и безопасных условий труда, осложняет проработку большинства управленческих решений и их практическое осуществление.

В подготовке производственного и вспомогательного персонала организаций также требуется навести элементарный порядок. Все работники, занятые выполнением технологических или иных операций, связанных с обслуживаем оборудованием, использованием инструмента, приспособлений и т. д., должны пройти не только обязательное изучение безопасных приемов труда, но и практическую отработку этих приемов под руководством опытных наставников. Это же касается и основного для работника документа, обеспечивающего безопасность труда, — инструкции по охране труда. Инструкция должна содержать информацию обо всех возможных источниках профессиональных рисков и четко сформулированных мерах снижения степени их воздействия. Работник обязан ее не только знать, но и, безусловно, соблюдать, доводя до автоматизма безопасные приемы труда. При этом большое внимание должно уделяться качеству проведения инструктажей по безопасности труда. Главная цель инструктажа заключается в том, чтобы работники выполняли процессы и операции рационально, безошибочно или, в крайнем случае, своевременно могли бы исправить допущенную ошибку. Эффективность инструктирования как элемента системы обучения безопасности труда обеспечивается тогда, когда содержание инструктажа логично выстроено, последовательно изложено и полностью базируется на реальных условиях выполняемых процессов и операций.

В организации необходимо использовать разнообразные методы мотивации работников к овладению знаниями и навыками обеспечения безопасности труда, что позволяет снижать профессиональный риск или отклонения от нормального ведения работ.

Значительный эффект снижения воздействия на работников вредных или опасных факторов достигается за счет применения средств коллективной и индивидуальной защиты. Такие средства должны быть не только сертифицированными, но и обладать высокими защитными функциями. Анализ показывает, что до 25 % несчастных случаев на производстве происходит именно вследствие низкого качества, отсутствия или не применения работниками средств индивидуальной защиты (СИЗ). Работники должны знать и уметь использовать средства индивидуальной защиты в тех случаях, когда это необходимо. При этом работодатель обязан следить за тем, чтобы работникам выдавались сертифицированные СИЗ, соответствующие виду или технологии выполняемых работ.

В системе предупредительных мер по снижению воздействия профессиональных рисков обучению работников вопросам охраны труда должна быть отведена первостепенная роль. Каждый работник дол-

жен знать и иметь навыки идентификации и выявления риска на своем рабочем месте и принять соответствующие меры по его понижению.

Требуют пересмотра и корректировки образовательные стандарты по специальностям, связанным с первоначальной подготовкой специалистов по профессиям "Безопасность технологических процессов и производств" в высших учебных заведениях, в том числе с точки зрения требований современных подходов к этим вопросам.

Назрел вопрос о подготовке (переподготовке) специалистов по оценке и управлению профессиональными рисками. Очевидно, что для этого необходимо подготовить квалификационные требования к экспертам по оценке рисков и доработать программы подготовки риск-менеджеров, т. е. управленцев по вопросам охраны и безопасности труда.

Отдельный учебный процесс по специализированным программам (объемом до 40 ч и более) должен проводиться со специалистами, являющимися штатными работниками по охране труда или

сотрудниками, на которых приказом работодателя возложены эти функции.

Обоснование программных мер по выявлению, оценке и управлению риском в отдельно взятой организации должно учитывать специфику и особенности производства, уровень проведения работ по охране труда, численность персонала, многие другие факторы и осуществляться в рамках единых методологических подходов, характерных именно для конкретных условий данной организации.

Данные вопросы проистекают из необходимости повышения общей культуры охраны труда на различных производствах в целом и на отдельных рабочих местах в частности.

Обеспечение безопасных условий труда является залогом сохранения жизни и здоровья работающего персонала и является одним из основных требований Конституции Российской Федерации и обязанностью работодателя, закрепленной в действующем Трудовом кодексе Российской Федерации.

УДК 331.461.2:614.8.084

В. М. Попов, канд. техн. наук, доц., Новосибирский государственный технический университет
E-mail: popov@idpo.nstu.ru

Методология оценки травмобезопасности рабочих мест

Предложен алгоритм оценки риска несчастного случая на конкретном рабочем месте, предусматривающий сбор данных о микротравмах и опасных происшествиях, а также анализ причинно-следственных связей, обуславливающих реализацию опасных факторов.

Ключевые слова: травмобезопасность, опасный фактор, фактор риска, несчастный случай, дерево отказов, вероятность, пирамида травматизма

Popov V. M. Methods of estimation of work place injury safety

Estimation algorithm of accident risk at specific workplace is suggested. Shown algorithm is based on data collection about micro-traumas and dangerous situations, and analysis of cause-effect relations, calling forth dangerous factors implementation.

Keywords: injury safety, dangerous factor, risk factor, accident, failure tree, probability, traumatism pyramid

В статье "Математическая модель формирования и реализации опасности травмирования на рабочих местах", опубликованной в первом номере журнала за 2010 год [1], описан метод количественной оценки "травмоопасности" рабочих мест. (Следует уточнить, что общепринятым является термин "травмобезопасность рабочего места" [2]).

Предложенная авторами статьи [1] модель основана на том, что опасные факторы A_i и факторы риска B_i образуют элементарные образования — потенциально опасные комбинации пар A_i-B_i , так что каждое рабочее место можно характеризовать определенным набором и сочетанием этих элементарных комбинаций.

Термин "элементарная комбинация" предполагает, что и сами элементы A_i , B_i являются достаточно простыми. Элементарные опасные факторы общеизвестны; это, например, электрическое напряжение, острые кромки поверхностей, изменение барометрического давления и т. п. В качестве примеров факторов риска в статье названы "отсутствие или неудовлетворительное состояние зазем-



ления, изоляции и других средств электробезопасности". Можно заключить, таким образом, что к элементарным факторам риска авторы статьи относят отдельные неисправности технических средств защиты. Факторами риска следует считать также отсутствие тех или иных организационных мер защиты, предусмотренных нормативными документами, нарушения установленных требований безопасности и ошибки персонала. Кроме того, к числу факторов риска можно отнести отсутствие их антиподов — благоприятных обстоятельств, которые хотя и не предусмотрены нормами, но препятствуют реализации опасности [3].

В соответствии с предложенной авторами статьи [1] концепцией, каждый из приведенных ими в качестве примера элементарных факторов риска является достаточным условием для прохождения электрического тока через тело человека. Но на самом деле это не так, поскольку для реализации любой угрозы, как правило, необходимо наличие не одного, а нескольких элементарных факторов риска.

Если говорить об угрозе поражения человека электрическим током, то для ее реализации недостаточно повреждения изоляции даже при отсутствии защитного заземления. Чтобы оценить ситуации, связанные с этими факторами риска, следует рассмотреть ИТ-систему с изолированной от земли нейтралью источника питания, в которой защитное заземление как раз и является основной мерой защиты от поражения электрическим током [4].

Следствием повреждения изоляции является замыкание фазы на открытые проводящие части (корпус) электроприемника. Потенциал корпуса электроприемника при этом становится соизмеримым с напряжением источника питания сети так, что прикосновение к нему человека может оказаться опасным. Рассматриваемая ситуация является классической [5]; ее удобно пояснить с помощью схемы, приведенной на рис 1. В данном случае ток через человека I_h равен току замыкания на землю I_3 .

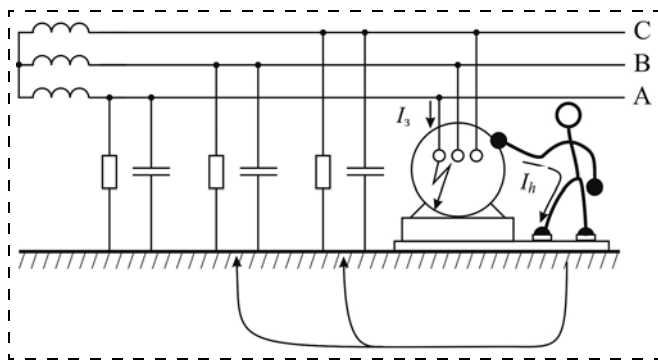


Рис. 1. Прикосновение человека к корпусу незаземленного электроприемника с поврежденной изоляцией

Ограничимся рассмотрением электрических сетей напряжением до 1 кВ, где допустимо прикосновение к открытым проводящим частям электроустановок, хотя и здесь касание человека к корпусу электроприемника является фактором риска. Но появления этого третьего фактора в дополнение к названным выше (отсутствие защитного заземления и замыкание фазы на корпус) все же недостаточно, чтобы ток I_h представлял опасность для здоровья человека. Какие же тогда еще факторы риска должны проявиться, чтобы значение этого тока достигло величины, превышающей предельно допустимый уровень?

Прежде всего необходимо учесть, что на пути электрического тока имеются сопротивления обуви человека и покрытия пола. Хорошо известно, что эти сопротивления на несколько порядков выше сопротивления тела человека, поэтому величина тока I_h в данной ситуации при напряжении сети до 1 кВ настолько мала, что не представляет угрозы для здоровья [6]. Высокие значения сопротивлений обуви и покрытия пола являются факторами безопасности, или защитными факторами, которые в данном случае блокируют имеющиеся факторы риска. Конечно, если обувь промокла или подбита гвоздями, а на полу разлита вода, то их сопротивления будут малы, но данное обстоятельство есть не что иное, как четвертый фактор риска. Немаловажно, что сам по себе этот фактор (как и многие другие) не является элементарным — он обусловлен параметрами двух разных объектов: обуви и пола. А если рассмотреть эти объекты по отдельности, то выяснится, что малая величина сопротивления каждого из них может быть вызвана самыми разными причинами.

Но даже если человек стоит босиком на сырой земле, электрический удар при замыкании одной из фаз на корпус не является неизбежным, ведь значительное сопротивление протекающему току оказывает неповрежденная изоляция двух других фаз. В коротких неразветвленных сетях емкости фазных проводов относительно земли невелики, поэтому значение полного сопротивления изоляции намного выше сопротивления тела человека, и величина тока I_h окажется небольшой. Таким образом, еще одним защитным фактором является исправная изоляция проводов фаз В и С и, соответственно, еще одним фактором риска является низкое сопротивление изоляции этих проводов относительно земли. Можно констатировать, что условием поражения человека электрическим током в рассмотренной ситуации является наличие одновременно пяти факторов риска:

1) замыкание фазы А на корпус электроприемника;

- 2) прикосновение человека к корпусу электроприемника;
- 3) отсутствие защитного заземления электроприемника;
- 4) малое сопротивление электрической связи между телом человека и землей;
- 5) малое сопротивление изоляции проводов фаз В и С относительно земли.

Такую комбинацию никак не назовешь элементарной. Следует заметить, что иногда исход ситуации остается тем же при замене в комбинации одного из элементарных факторов риска другим, порожденным совершенно иными обстоятельствами. Так, малое сопротивление электрической связи между телом человека и землей может быть обусловлено не только плохими изоляционными свойствами обуви и пола, но и одновременным касанием другой рукой какой-нибудь заземленной конструкции.

Тот же самый исход — поражение электрическим током — возможен и в других ситуациях, с иными комбинациями факторов риска. Так, если немного изменить ситуацию, изображенную на рис. 1, представив, что другой рукой человек од-

новременно касается оголенного провода фазы В, или С, значение тока через его тело окажется еще больше, чем в предыдущем варианте, даже при высоких сопротивлениях изоляции фазных проводов относительно земли и хороших изоляционных свойствах обуви и пола. Здесь к первым двум факторам риска добавляется новый фактор — прикосновение к оголенному фазному проводу. Он, в свою очередь, является следствием как минимум трех событий:

- 1) повреждение изоляции фазного проводника;
- 2) нарушение инструкции по охране труда, требующей проверки состояния электропроводки перед началом работы;
- 3) невнимательность работника.

Из приведенных примеров видно, что комбинации опасных факторов и факторов риска часто не являются элементарными — для реализации потенциальной опасности обычно недостаточно единственного фактора риска. К реализации потенциальной опасности нередко приводит несколько цепочек факторов риска, причем сами эти цепочки могут оказаться достаточно сложными и разветвленными. Очевидно также, что решение задачи оценки травмобезопасности рабочего места в каждом случае является уникальным. В связи с этим при анализе риска реализации опасного фактора для идентификации опасных событий удобно использовать "дерево отказов" [7].

На рис. 2 приведен фрагмент "дерева отказов" для ИТ-системы, отражающий рассмотренные ситуации. Представленные на этом фрагменте цепи событий, ведущих к поражению электрическим током, являются лишь небольшой частью модели, отражающей все возможные сценарии. Для получения полной модели необходимо учесть множество других ситуаций, например, двухфазное прикосновение, воздействие на человека шаговых напряжений вблизи места замыкания фазы на землю [5] и другие возможные инциденты. Количество таких сценариев очень велико, а процесс их формирования весьма трудоемкий, так что построение дерева отказов оправдано только в том случае, когда есть подтверждения значимости того или иного опасного фактора, причем в модели целесообразно учитывать лишь значимые факторы риска.

В нижней части рисунка кругами с цифрами показаны элементарные факторы риска B_i — "отказы". Их наименования и нумерация приведены ниже.

1. Замыкание фазы А на корпус электроприемника.
2. Прикосновение работника к корпусу электроприемника.

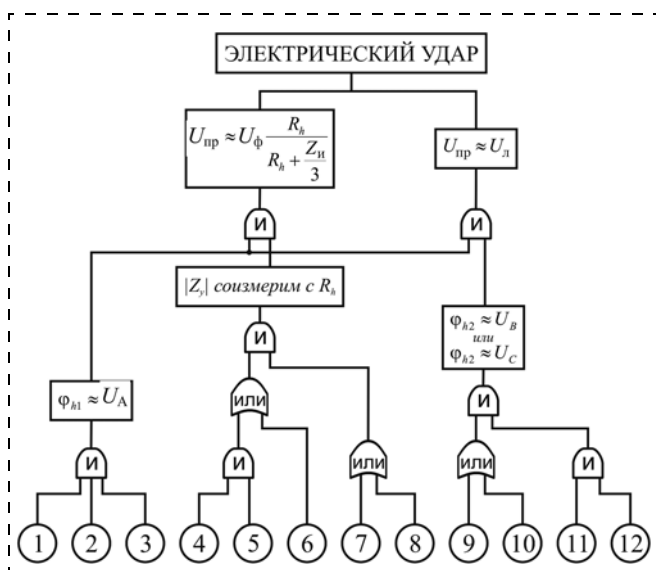


Рис. 2. Фрагмент "дерева отказов", отражающего взаимодействия факторов риска, в результате которых возникают условия для поражения электрическим током человека в ИТ-системе с изолированной от земли нейтралью источника питания

Условные обозначения:

Φ_{h1} — потенциал руки, касающейся корпуса электроприемника; Φ_{h2} — потенциал руки, касающейся поврежденного фазного провода; U_A , U_B , U_C — напряжения фаз А, В, и С соответственно; U_ϕ — действующее значение фазного напряжения; U_Δ — действующее значение линейного напряжения; $U_{пр}$ — напряжение прикосновения; R_h — сопротивление тела человека; Z_y — полное сопротивление участка цепи тока между электрической сетью и ногами человека; $Z_{и}$ — полное сопротивление изоляции фазного провода относительно земли



3. Отсутствие или неисправность защитного заземления (обрыв заземляющего проводника, коррозия заземляющих электродов и т. п.).

4. Малое сопротивление обуви или ее отсутствие.

5. Малое сопротивление покрытия пола.

6. Прикосновение работника к заземленной конструкции.

7. Малое сопротивление изоляции фазы *B* относительно земли.

8. Малое сопротивление изоляции фазы *C* относительно земли.

9. Повреждение изоляции питающего проводника фазы *B*.

10. Повреждение изоляции питающего проводника фазы *C*.

11. Нарушение требований охраны труда перед началом работы относительно проверки целостности изоляции питающих проводников.

12. Невнимательность работника.

Сценарии, предоставленные на схеме, можно разбить на две группы.

Реализация сценариев первой группы связана с исходными факторами риска $B_1—B_8$. Если вероятности исходных факторов риска B_i обозначить p_i , нетрудно получить выражение для вычисления вероятности реализации сценариев первой группы

$$P_1 = p_1 p_2 p_3 p_{11} p_{12} [1 - (1 - p_4 p_5)(1 - p_6)] \times [1 - p_7](1 - p_8)[1 - (1 - p_9)(1 - p_{10})].$$

Вопрос в том, как оценить вероятности, которые нужно подставить в формулу. Ответ на него могут дать только результаты мониторинга исходных элементарных факторов риска, позволяющего собрать представительную статистику. Но затраты работодателя на осуществление мониторинга факторов риска окажутся настолько большими, что с учетом расходов на реализацию мер по снижению профессиональных рисков они не окупятся выгодами от снижения профессионального травматизма.

В отношении некоторых исходных факторов риска осуществление мониторинга может оказаться невозможным. Так, если работодатель не является собственником электрической сети, к которой подключено его электрооборудование, он просто не в состоянии организовать сбор данных о значениях сопротивления изоляции фазных проводов.

Кроме того, помимо вероятности реализации сценариев следует еще оценить значение напряжения прикосновения. В данной группе оно определяется случайными величинами: сопротивлением самого человека R_h , сопротивлениями обуви, покрытия пола и сопротивлениями изоляции фазных

проводов относительно земли. Сопротивления промокшей обуви и мокрого пола намного меньше сопротивления человека и их влиянием можно пренебречь. Строго говоря, проводящий пол обеспечивает электрическую связь не с землей, а с металлическими конструкциями (арматурой) здания, так что следовало бы учесть и их сопротивление, а также сопротивление растеканию тока в земле с фундамента этого здания. Но эти сопротивления тоже малы, так что Z_y определяется сопротивлениями изоляции фазных проводов относительно земли. Часто эти сопротивления одинаковы, и тогда напряжение прикосновения можно определить по формуле [4]

$$U_{\text{пр1}} \approx U_{\text{ф}} \frac{R_h}{R_h + \frac{Z_{\text{и}}}{3}}.$$

Таким образом, $U_{\text{пр1}}$ является случайной величиной, условную функцию распределения которой можно определить, выполнив соответствующие преобразования функций распределения электрического сопротивления тела человека $F(R_h)$ и сопротивления изоляции фазного провода относительно земли $F(Z_{\text{и}})$.

Хотя было проведено множество исследований сопротивления тела человека, полученных данных недостаточно, чтобы высказать гипотезу о виде функции его распределения. Единственное, что установлено достаточно определенно — это диапазон значений R_h . При токах, превышающих длительно допустимые значения, R_h может находиться в пределах от многих сотен Ом до десятка и более кОм [5].

Как уже было сказано выше, организовать исследования распределений $Z_{\text{и}}$ работодатель не имеет возможности. Если принять во внимание, что значения этого сопротивления могут отличаться между собой уже на несколько порядков, становится понятно, что нельзя высказать сколько-нибудь обоснованную гипотезу о значении вероятности того или иного значения $U_{\text{пр1}}$.

Итак, проведенный анализ показал, что практически неразрешимые в условиях реального производства проблемы получения необходимых исходных данных делают невозможными как оценку вероятности реализации некоторой группы сценариев, так и оценку условного распределения вероятности напряжения прикосновения $F(U_{\text{пр}})$.

К сказанному необходимо добавить, что исход электрического удара определяет не только величина напряжения прикосновения, но и продолжительность воздействия, путь прохождения тока в теле человека, его восприимчивость к электрическому току и множество других случайных факто-

ров [6]. Так что даже если знать, какое напряжение воздействует на человека, практически нет возможности вычислить условные вероятности тех или иных последствий — электрический шок, асфиксия, фибрилляция и т. п.

Проведенный анализ показал, что получить количественную оценку травмобезопасности рабочего места, продвигаясь по "дереву отказов" от исходных факторов риска до реализации опасного фактора, нельзя из-за высокой неопределенности подавляющего большинства исходных факторов риска. Но это вовсе не означает, что подобные модели не могут принести пользы при практическом решении вопросов снижения уровней риска травмирования работника. С их помощью можно проследить причинно-следственные связи, которыми обусловлены несчастные случаи, и принять эффективные меры по предотвращению реализации нежелательных сценариев.

Но каким образом все же получить количественную оценку травмоопасности рабочего места, минуя стадии многоступенчатых исследований и расчетов? Наиболее простой путь — это накопление достаточного массива статистических данных об электротравмах и получение соответствующих статистических оценок. Самой серьезной трудностью на этом пути является очень малый объем статистики о несчастных случаях на конкретном рабочем месте (а иногда и полное отсутствие такой статистики) [8]. Но эту трудность вполне возможно преодолеть, если воспользоваться так называемой "пирамидой травматизма", на нижних уровнях которой находятся микротравмы и опасные происшествия, завершившиеся без травм. Такого рода инциденты происходят довольно часто, так что статистические данные о них являются достаточно представительными [9]. Благодаря существованию определенных соотношений между разными уровнями пирамиды, можно дать прогноз частоты несчастных случаев с исходами разной степени тяжести для конкретного рабочего места. Причем и статистика, и прогноз будут отражать не только степень опасности условий, которые обеспечил работодатель на данном рабочем месте, но и недостатки личных или профессиональных качеств работника.

Таким образом, работа по оценке травмобезопасности конкретного рабочего места и снижению риска несчастных случаев должна содержать перечисленные ниже этапы.

1. Непрерывный сбор данных не только о несчастных случаях, но и об опасных происшествиях и микротравмах.

2. Статистическая обработка данных и количественный прогноз частоты несчастных случаев с исходами разной степени тяжести.

3. Сопоставление полученных оценок с принятыми критериями риска несчастных случаев. Если оценки подтверждают приемлемость риска, принимается решение о том, что имеющиеся меры по обеспечению безопасности работника достаточны, а его личные и профессиональные качества удовлетворительны. Если оценки свидетельствуют о неприемлемости риска, переходят к последующим этапам.

4. Оценка значимости реализовавшихся опасных факторов на основе полученной статистики.

5. Построение "деревьев отказов" для всех значимых опасных факторов и выявление значимых исходных факторов риска.

6. Принятие мер, препятствующих развитию неблагоприятных сценариев и устраняющих, либо снижающих влияние исходных факторов риска.

7. Оценка эффективности принятых мер по истечении времени, достаточного для сбора представительной статистики в изменившихся условиях.

Эти процедуры являются циклическими и проводятся в полном объеме до тех пор, пока на этапе 3 не будет получено подтверждения приемлемости риска травмирования. После этого процесс оценки травмобезопасности рабочего места ограничивается первыми тремя этапами.

Список литературы

1. Родин В. Е., Исаков В. А., Суворов С. Б. Математическая модель формирования и реализации опасности травмирования на рабочих местах // Безопасность жизнедеятельности. — 2010. — № 1. — С. 12—16.
2. Порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2008. — № 10.
3. Попов В. М. Психология безопасности профессиональной деятельности. Часть 1. Основы: Учебное пособие. — Новосибирск: НГТУ, 1997. — 88 с.
4. Правила устройства электроустановок. — Новосибирск: Изд-во СУИ, 2010. — 464 с.
5. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 448 с.
6. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. — Л.: Энергоатомиздат, 1991. — 480 с.
7. Алымов В. Т., Тарасова Н. П. Техногенный риск: Анализ и оценка. — М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. — 118 с.
8. Попов В. Социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний: принципы учета показателей профессионального риска для обоснования страховых тарифов конкретной организации // Человек и труд, 2010. — № 4. — С. 49—53.
9. Варення Г. А. Управление рисками несчастных случаев как аксиома трудовой деятельности // Безопасность жизнедеятельности. — 2003. — № 12. — С. 6—8.

УДК 613.155:537.562

К. А. Черный, канд. техн. наук, доц., Пермский государственный технический университет
E-mail: sms@pstu.ru

Основные параметры аэроионного состава воздушной среды помещений и их учет при разработке методик применения коронных аэроионизаторов

Приведены результаты исследования концентраций и спектрального распределения по электрической подвижности отрицательных аэроионов при проведении мероприятий по искусственной ионизации воздуха при помощи коронных аэроионизаторов. Определены основные закономерности в их изменении. Обсуждаются физико-химические основы наблюдаемых изменений. Предложено учитывать выявленные закономерности при разработке методик применения коронных аэроионизаторов.

Ключевые слова: ионизация воздуха, аэроионизаторы, спектральное распределение аэроионов, электрическая подвижность

Chernyy K. A. *The main parameters of indoor air ion mode and their role in working out standard-setting of use of corona air ionizers*

The air ion concentrations and air ion mobility spectra of indoor air under corona air ionization are considered and their basic modifications are presented. Probable physicochemical models of observed modifications are discussed. On the basis of the discovered regularities the foundation of standard-setting use of corona air ionizers is suggested.

Keywords: air ionization, corona air ionizer, air ion spectra, electrical mobility

Введение

В задачах жизнеобеспечения помещений различного назначения, предназначенных для работы, проживания, отдыха, лечения и др., особую роль приобретает проблема обеспечения качества воздушной среды, создания комфортных и безопасных условий пребывания, снижения фактора риска появления различных заболеваний.

Одним из показателей качества воздуха помещений является аэроионный состав воздушной среды, который характеризуется объемными концентрациями аэроионов определенных групп

электрических подвижностей и определенного знака заряда. По электрической подвижности, т. е. по скорости движения аэроионов в электрическом поле единичной величины, аэроионы подразделяются, как правило, на легкие — подвижностью более $1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, тяжелые — подвижностью менее $0,01 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ и средние промежуточные — подвижностью $0,01 \dots 1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Отметим, что такая классификация и границы в известной степени формальны и вызваны возможностью измерительной техники.

В помещениях с искусственной средой обитания происходит снижение концентраций легких аэроионов в силу увеличения механизма их стока на заряженные поверхности и осаждения на аэрозольные частицы. Длительное пребывание в такой воздушной среде человека может влиять на его самочувствие, работоспособность, здоровье. Следовательно, необходимо проведение мероприятий по коррекции аэроионного состава воздушной среды помещений. Особое внимание, согласно общепринятому мнению, следует уделять концентрациям отрицательных легких аэроионов.

В настоящее время в санитарно-эпидемиологических правилах и нормах [1] для отрицательных аэроионов регламентированы только количественные характеристики — минимальные (600 см^{-3}) и максимальные ($50\,000 \text{ см}^{-3}$) объемные концентрации. Однако не смотря на то, что в техническом отношении задача проведения мероприятий по искусственной отрицательной аэроионизации воздуха путем применения наиболее широко распространенного способа коррекции аэроионного состава — ионизации при помощи электрических коронных разрядов — не представляет каких-либо трудностей, следует помнить, что гигиенические особенности искусственной ионизации являются достаточно сложными и, следовательно, при искусственной ионизации требуется комплексный контроль, в том числе и за качественными характеристиками аэроионного состава.

Одной из важнейших *качественных* характеристик аэроионного состава является спектральное распределение (спектр) объемных концентраций аэроионов по электрической подвижности, характеризующее физико-химическую природу аэроионов [2]. До настоящего времени исследования спектра аэроионов не достаточно внедрены в практику, так как технические, эксплуатационные и стоимостные характеристики измерительной аппаратуры, пригодной для спектрометрии аэроионов, не полностью удовлетворяют современным требованиям.

Цель настоящей статьи — показать на примере проведенных автором исследований важность учета особенностей изменения как объемных концентраций аэроионов, так и спектрального распределения концентраций аэроионов по электрической подвижности при регламентации и нормировании аэроионного состава, а также определить возможные способы решения определенных актуальных задач, связанных с оценкой аэроионного состава как параметра качества воздушной среды помещений и с разработкой методических рекомендаций по применению коронных аэроионизаторов.

Методика и аппаратура проведения исследований

Предметом исследований выступали концентрации отрицательных аэроионов подвижностью более $0,1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, закономерности изменения концентраций в зависимости от расстояния до аэроионизатора, а также спектральное распределение отрицательных аэроионов по электрической подвижности и его модификация по мере удаления от аэроионизатора. Исследования проводились в помещении объемом 30 м^3 в отсутствии людей (кроме исследователя).

Измерения концентраций и спектрального распределения аэроионов проводились интегральным аспирационным счетчиком аэроионов [3] с высокой разрешающей способностью в диапазоне подвижностей $0,1 \dots 7,9 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ (значения предельных подвижностей перекрываются пределами $0,1; 0,13; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,79; 1,00; 1,26; 1,58; 2,00; 2,51; 3,16; 4,00; 5,00; 6,30; 7,90$).

Исследования проводились для воздуха, ионизированного при помощи двух различных по производительности (величине генерации) электрических коронных аэроионизаторов (далее по тексту — аэроионизаторы типа I и типа II). Автор не приводит конкретные марки исследуемых аэроионизаторов, поскольку не преследует цели рекламы или антирекламы представленных на рынке аэроионизаторов, а ставит перед собой исключительно задачу введения в научный оборот полученных результатов. Различные значения генерации

отрицательных аэроионов объясняются как различными техническими приемами, реализованными в конструкциях аэроионизаторов, так и величиной напряжения, подаваемого на коронирующие электроды. По предоставленным производителями аэроионизаторов техническим характеристикам напряжения аэроионизации составляют величины 36 кВ для аэроионизатора типа I и $5,8 \text{ кВ}$ для аэроионизатора типа II.

Поскольку человеческий организм наиболее приспособлен к природным воздушным средам, результаты исследований спектра отрицательных аэроионов в искусственно ионизированном воздухе помещения сравнивались со спектральным распределением в чистом природном воздухе, заимствованном из наиболее обширных и статистически достоверных результатов научных исследований [4].

Результаты исследований

С гигиенической точки зрения важной характеристикой, учитываемой при применении аэроионизаторов, является создаваемая ими неравномерность распределения суммарной концентрации аэроионов по объему помещения: достаточно большие концентрации аэроионов вблизи аэроионизатора вплоть до превышения максимально установленных гигиенических нормативов 50 000 см^{-3} [1] и резкое уменьшение концентрации аэроионов по мере удаления от него.

В результате исследования установлено, что для обоих типов аэроионизаторов изменения концентраций отрицательных аэроионов подвижностью более $0,1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ в зависимости от расстояния d (рис. 1) до аэроионизаторов с большой степенью точности описывается соотношением

$$n = Ke^{-bd^2},$$

где n — объемная концентрация аэроионов, см^{-3} ; d — расстояние до аэроионизатора, см; K и b — не-

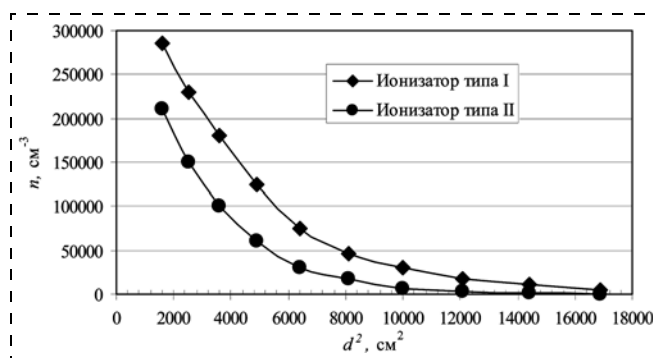


Рис. 1. Зависимости концентрации отрицательных аэроионов подвижностью более $0,1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ от расстояния d до аэроионизатора



которые числовые коэффициенты, характеризующие конструктивные особенности аэроионизатора: для аэроионизатора типа I $K = 455113$, $b = 0,0003$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9960$; для аэроионизатора типа II $K = 402635$, $b = 0,0004$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9987$.

Распределения отрицательных аэроионов по подвижности и модификация спектра аэроионов в зави-

симости от расстояния d до аэроионизатора типа I представлены на рис. 2. В распределении аэроионов, созданных аэроионизатором типа I, по сравнению с распределением атмосферных ионов [4], значительную долю составляют аэроионы средней промежуточной группы подвижности. В непосредственной близости от аэроионизатора типа I в спектральном распределении наблюдаются ярко выраженные две моды средних промежуточных аэроионов с подвиж-

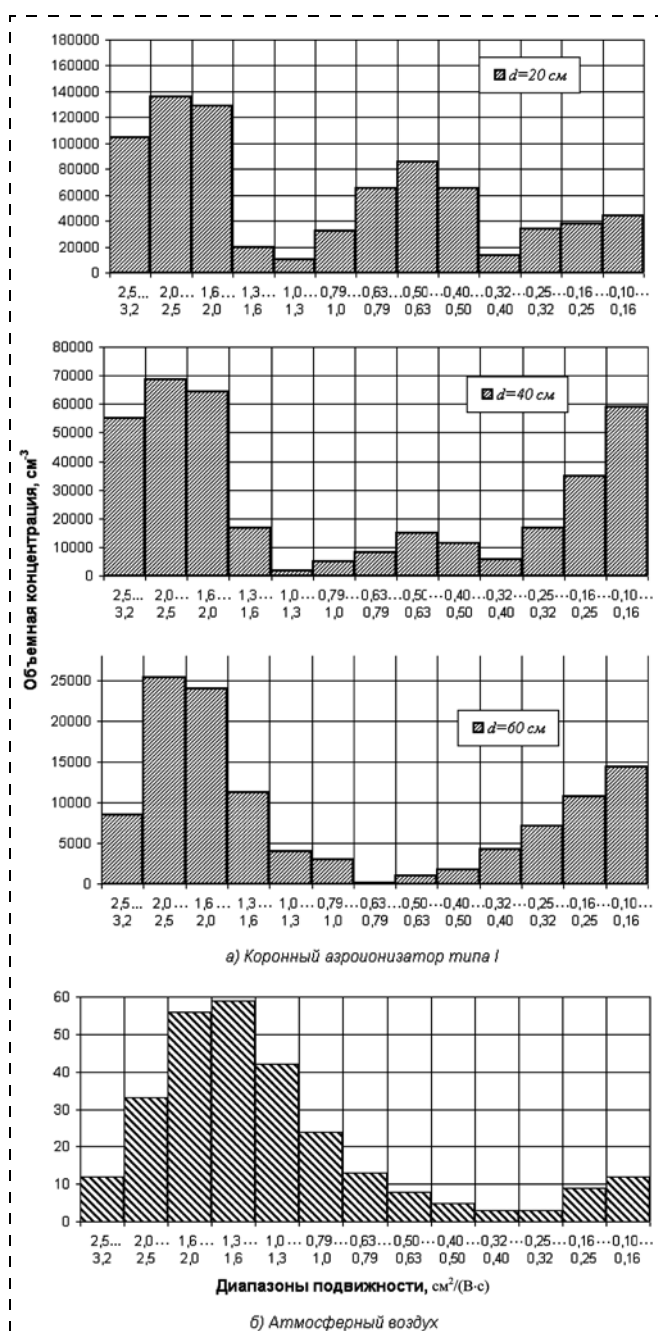


Рис. 2. Спектральные распределения отрицательных аэроионов: а — воздух помещения с коронным аэроионизатором типа I; б — чистый атмосферный воздух (по данным [4])

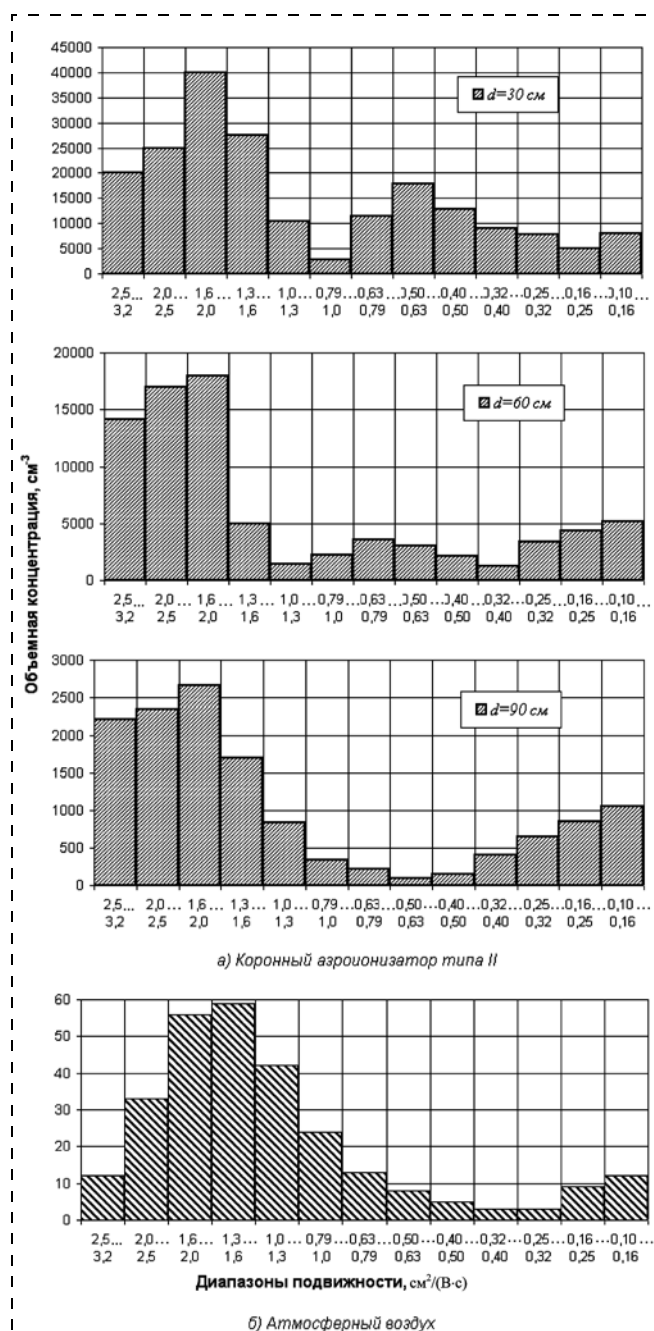


Рис. 3. Спектральные распределения отрицательных аэроионов: а — коронный аэроионизатор типа II; б — чистый атмосферный воздух (по данным [4])

ностью порядка $0,5$ и $0,1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ соответственно. По мере удаления от аэроионизатора мода $0,5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ постепенно вырождается, при этом наблюдается усиление моды $0,1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. При дальнейшем увеличении расстояния от аэроионизатора мода $0,5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ не наблюдается, мода $0,1 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ имеет тенденции к вырождению.

Форма спектра аэроионов, сгенерированных аэроионизатором типа II (рис. 3), близка по форме к природному. Средние промежуточные аэроионы с модой порядка $0,5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ наблюдаются лишь в непосредственной близости от аэроионизатора типа II (порядка 30 см). На расстояниях порядка 90 см от аэроионизатора типа II, концентрации средних промежуточных ионов незначительны.

Обсуждение полученных результатов

Исследуемый аэроионизатор типа I является мощным генератором аэроионов отрицательной полярности. При его практическом использовании следует принимать во внимание превышение санитарно-гигиенических нормативов концентрации отрицательных аэроионов $50\,000 \text{ см}^{-3}$ в непосредственной близости. Таким образом, критерием применимости аэроионизатора типа I в непрерывном режиме работы должна служить регламентация минимального расстояния до него (порядка 90 см). Нормативное значение минимальной концентрации отрицательных аэроионов соблюдается вплоть до расстояния 150 см .

В силу достаточной, но не чрезмерной ионизирующей способности аэроионизатора типа II концентрации отрицательных аэроионов в диапазоне реального удаления от аэроионизатора 70 см и более не выходят за установленный верхний нормативный предел $50\,000 \text{ см}^{-3}$. Таким образом, область применения аэроионизатора типа II с точки зрения максимальной и минимальной допустимых концентраций аэроионов ограничена расстояниями порядка $70...130 \text{ см}$.

Полученные закономерности изменения концентрации аэроионов в зависимости от расстояния до аэроионизатора не согласуются с результатами [5], согласно которым зависимость концентрации от расстояния определяется экспоненциальной функцией от расстояния, а не от квадрата расстояния, как в нашем случае. Причиной тому видятся следующие соображения. С одной стороны, закономерность уменьшения концентрации аэроионов с расстоянием можно рассматривать как следствие имеющих место процессов рекомбинации аэроионов, подчиняющихся закону показательной функ-

ции. В результате рекомбинации убыль числа аэроионов в различных сечениях аэроионного потока является экспоненциальной функцией расстояния. С другой стороны, уменьшение концентрации аэроионов с расстоянием связано с увеличением сечения аэроионного потока и должно убывать обратно пропорционально квадрату расстояния. Очевидно, что закономерности уменьшения числа ионов являются следствием суммарного действия указанных причин. По-видимому, приоритет в реализации одного из обозначенных выше механизмов уменьшения аэроионов в конкретных исследованиях и приводит к различиям в форме закономерностей убыли аэроионов с расстоянием, однако указанные гипотезы требуют дальнейшего теоретического и экспериментального изучения и проверки.

Спектр аэроионов характеризует физико-химическую природу аэроионов [6] и позволяет на основе его исследования сделать вывод о качестве ионизации воздушной среды. Как показывают приведенные выше результаты исследований, в спектральных распределениях аэроионов, созданных коронными аэроионизаторами, по сравнению с распределением, характерным для чистого атмосферного воздуха [4], в значительном количестве наблюдаются аэроионы подвижностью $0,1...1,0 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, относящиеся к группе средних промежуточных аэроионов.

Отметим, что средние промежуточные аэроионы в значительных количествах обнаруживаются крайне редко. Между тем, появление аэроионов с подвижностями $0,1...1,0 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ согласно работе [7] наблюдается при облучении интенсивным ионизирующим излучением. Аналогично, в проведенных автором экспериментах концентрации обнаруженных средних промежуточных аэроионов находятся в прямой зависимости от величины приложенного к ионизирующему электроду напряжения (36 кВ для аэроионизатора типа I, $5,8 \text{ кВ}$ для аэроионизатора типа II). Чем больше напряжение на ионизирующем электроде, тем в больших концентрациях наблюдается побочная генерация средних промежуточных аэроионов.

В настоящее время еще не выработано единого мнения по поводу физической природы и химического состава средних промежуточных аэроионов. Наибольшее распространение получили следующие две гипотезы.

Первая гипотеза основывается на формировании при ионизации воздуха так называемых нейтральных ионных пар [8]. В результате реакции гидратации образованных в ионизированном воз-



духе первичных легких молекулярных аэроионов появляются комплексные аэроионы. Кулоновская ассоциация разнополярных комплексных аэроионов приводит к появлению нейтральных квазистабильных ионных пар. Присоединение к ионной паре легкого молекулярного аэроиона дает типичный средний промежуточный аэроион диаметром 1,5...2 нм. Ассоциация разнополярных средних промежуточных и легких молекулярных аэроионов друг с другом и с ионными парами ведет к укрупнению вновь образующихся аэрозольных частиц до диаметра 3...5 нм. Ион-стимулированные притоки аэрозольного вещества обуславливают рост сечения захвата легких молекулярных и средних промежуточных ионов и снижение их концентрации.

Согласно второй гипотезе средние промежуточные аэроионы возникают в результате нуклеации [9].

Автор, исходя из результатов своих наблюдений, склоняется ко второй гипотезе. Во-первых, в проведенных исследованиях образование средних промежуточных аэроионов по первому из рассмотренных выше механизмов не представляется возможным в виду практически полного отсутствия положительно заряженных комплексных аэроионов и невозможностью появления нейтральных ионных пар. Во-вторых, согласно работам [10—12] появление в спектральном распределении аэроионов средней промежуточной группы подвижности объясняется возможным образованием новых химических веществ (прежде всего при отрицательном электрическом коронном разряде гидроксония, озона и оксидов азота) и аэрозольных частиц из газовой фазы в областях повышенной ионизации. Возможным механизмом формирования фракции средних промежуточных аэроионов в таком случае видится конденсация вновь образованных аэрозольных частиц на комплексные аэроионы. В результате конденсации аэроионы тяжелеют, формируется фракция средних промежуточных аэроионов. В дальнейшем средние промежуточные аэроионы принимают участие в образовании более тяжелых частиц, концентрации как легких, так и средних промежуточных аэроионов уменьшаются из-за образования значительного количества более тяжелых фракций ионов.

Известно [13], что концентрации и размер образующихся в результате действия источника ионизации аэрозольных частиц зависят главным образом от активности и времени действия источника ионизации. На основании выполненных исследований, при малых временах облучения

(при измерении спектра в непосредственной близости от коронного аэроионизатора) в воздухе формируются средние промежуточные аэроионы с модой по подвижности порядка $0,5 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. По мере удаления от аэроионизатора (увеличения времени облучения) доля аэроионов средней промежуточной группы подвижности в суммарной концентрации аэроионов уменьшается, формируются преимущественно менее подвижные аэроионы и форма спектра приближается к природной.

Заключение

Несмотря на широко известные результаты научных исследований о позитивном влиянии на человеческий организм отрицательной аэроионизации в помещениях, нельзя считать их широкое применение достаточно обоснованным. Проведение мероприятий по искусственной ионизации воздушной среды в помещениях не ограничивается только установкой коронного аэроионизатора, а требует проведения всесторонних количественных (объемные концентрации аэроионов) и качественных (спектральное распределение аэроионов по электрической подвижности) исследований с целью достижения максимального положительного эффекта влияния ионизированного воздуха на организм человека.

Полученные зависимости концентраций аэроионов от расстояния до аэроионизатора позволяют организовать заданный ионный состав непосредственно в зоне наиболее продолжительного пребывания человека (например, за рабочим столом) путем изменения расстояния до аэроионизатора и тем самым разработать рекомендации по размещению конкретного типа аэроионизатора в помещении. Отметим, что вопрос о необходимости указания в эксплуатационной документации аэроионизатора величин концентраций аэроионов при различных расстояниях до него ранее уже отмечался в литературе [14] и автор полностью солидарен с этим мнением.

Проведенные исследования показывают, что не все типы аэроионизаторов создают в воздухе аэроионный состав с качественными параметрами, подобными наблюдаемым в чистом атмосферном воздухе. Обнаруженные в значительных концентрациях вблизи коронных аэроионизаторов аэроионы средней промежуточной группы подвижности по своей химической природе могут являться частицами вредных веществ — озона и оксидов азота.

В современной литературе отсутствуют данные о биологическом действии средних промежуточных аэроионов. Это объясняется их незначительным количеством в природных условиях. Поэтому, учитывая возможное негативное влияние аэроионов этого типа на самочувствие человека, для широкого применения искусственной отрицательной аэроионизации (особенно коронных аэроионизаторов с большой производительностью, например, "люстр Чижевского") необходимо проведение аналогичных представленным выше исследований с целью выявления характеристик генерации дополнительных заряженных частиц в воздухе, выбора благоприятных мест расположения и режимов эксплуатации аэроионизаторов.

Использование не только количественных, но и качественных нормируемых параметров аэроионного состава при контроле качества воздушной среды помещений делает возможным более полное обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в искусственных средах обитания и, кроме того, позволяет научно обоснованно разрабатывать методики применения аэроионизаторов и проводить новые исследования в области искусственной аэроионизации.

Список литературы

1. **Гигиенические требования** к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений: Сан-ПиН 2.2.4.1294-03: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Рос. Федерации: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 18 апреля 2003 г.
2. **Мещеряков А. Ю., Федотов Ю. А.** Проблемы оценивания аэроионного состояния среды обитания // Приборы и системы управления. — 1998. — № 11. — С. 75—79.
3. **Черный К. А.** Физические параметры и способы формирования биопозитивной воздушной среды в замкнутых помещениях: дис. ... канд. техн. наук. — Пермь, 1999. — С. 49—59.
4. **Horrak U., Salm J., Tammet H.** Statistical characterization of air ion mobility spectra at Thkuse Observatory: Classification of air ions // J. of Geophysical Research. Atmospheres. — 2000. — Vol. 105. — P. 9291—9302.
5. **Wu C. C., Lee G. W. M., Yang S., Yu K. P., Lou C. L.** Influence of air humidity and the distance from the source on negative air ion concentration in indoor air // The Science of the Total Environment. — 2006. — 370. — P. 245—253.
6. **Сальм Я. И., Ихер Х. Р.** Исследование спектра подвижностей легких аэроионов // Тр. ин-та экспериментальной метеорологии. — 1983. — Вып. 30(104). — С. 116—121.
7. **Ветчинин С. П., Якубов И. Г.** О подвижности тяжелых комплексов // Журнал теоретической физики. — 1976. — № 10. — С. 2162—2167.
8. **Смирнов В. В.** Экспериментальное исследование формирования ионных кластеров в воздухе // Тез. докл. V Всесоюз. конференции "Аэрозоли и их применение в народном хозяйстве". — М., 1987. — Т. II. — С. 88—89.
9. **Таммет Х. Ф., Ихер Х. Р., Сальм Я. И.** Спектр атмосферных ионов в диапазоне подвижности 0,32—3,2 см²/(В·с) // Ученые записки Тартуского ун-та. — 1987. — Вып. 755. — С. 29—46.
10. **Liu L., Guo J., Li J., Sheng L.** The effect of wire heating and configuration on ozone emission in a negative ion generator // J. of Electrostatics. — 2000. — Vol. 48. — P. 81—91.
11. **Rehbein N., Cooray V.** NO_x production in spark and corona discharges // J. of Electrostatics. — 2001. — Vol. 51—52. — P. 333—339.
12. **Nagato K., Matsui Y., Miyata T., Yamauchi T.** An analysis of the evolution of negative ions produced by a corona ionizer in air // Intern. J. of Mass Spectrometry. — 2006. — Vol. 248. — P. 142—147.
13. **Корниенко В. И., Смирнов В. В.** Количественная модель аэрозолеобразования при радиоллизе воздуха // Тр. ин-та экспериментальной метеорологии. — 1989. — Вып. 48(138). — С. 71—78.
14. **Каширин А. Б., Безгрешнов В. Н.** Необходимая концентрация. Практические аспекты ионизации воздуха в офисных помещениях // Охрана труда. Практикум. — 2008. — № 7. — С. 63—70.

Информация

Международная выставка

"Охрана, безопасность, противопожарная защита — SIPS 2011"

4—6 октября 2011 года Краснодар, ВЦ "КраснодарЭКСПО"

Цель выставки — оказать содействие в реализации программы правительства, нацеленной на обеспечение комплексной безопасности Юга России.

Особое внимание на выставке уделено антитеррористическим программам, работе таможенной службы и средствам таможенного контроля, пограничному контролю, досмотровому оборудованию, системам противопожарной безопасности и спасательному оборудованию, современным системам телекоммуникаций, системам идентификации и охранной безопасности.

Контакты: Организационный комитет по тел. (495) 935-73-50, доб. 4242, 4241
или по e-mail: ides@ite-expo.ru Сайт выставки: www.ides.ru

УДК 628.517.2

А. Ю. Андриюшкин, канд. техн. наук, Балтийский государственный технический университет "Военмех" имени Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург
E-mail: Saschala@mail.ru

Газодинамическая технология создания звукопоглощающих покрытий из вспененных пластмасс

Рассмотрен газодинамический метод формирования звукопоглощающих покрытий из вспененных пластмасс. Представлены экспериментальные результаты сравнения звукоизоляционных свойств ограждения со слоем звукопоглощающего покрытия из полиуретанового поропласта, напыленного дозвуковым и сверхзвуковым газодинамическим методом.

Ключевые слова: звукоизоляция, звукопоглощающие покрытия, вспененные пластмассы, газодинамический метод

Andryushkin A. Yu. *Gasdynamic technology creation sound absorbing covering from foamy plastic*

The considered gasdynamic method shaping sound-absorbing covering from foamy plastic. The experimental results of the comparison soundinsulating characteristic of the fence will Presented with layer the sound-absorbing covering from polyurethane raised dust subsonic and supersonic gasdynamic method.

Keywords: soundinsulation, soundabsorbing covering, foamy plastic, gasdynamic method

Звукопоглощающие покрытия применяются в основном в облицовках производственных помещений и технических устройств, требующих снижения уровня шума (промышленные цехи, установки вентиляции и кондиционирования воздуха), а также для создания оптимальных условий слышимости и улучшения акустических свойств помещений жилых и общественных зданий. Звукопоглощающая способность материалов обусловлена их пористой структурой и наличием большого числа открытых сообщающихся между собой пор, максимальный диаметр которых обычно не превышает 2 мм (общая пористость должна составлять не менее 75 % по объему). Большая удельная поверхность материалов, создаваемая стенками открытых пор, способствует активному преобразованию энергии звуковых колебаний в тепловую энергию вследствие

потерь на трение. Эффективность звукопоглощающих материалов оценивается коэффициентом звукопоглощения, равным отношению количества поглощенной энергии к общему количеству падающей на материал энергии звуковых волн [1].

Звукопоглощающие покрытия имеют волокнистое, зернистое или ячеистое строение и могут обладать различной степенью жесткости (мягкие, полужесткие, твердые).

Мягкие звукопоглощающие покрытия изготавливаются на основе минеральной ваты или стекловолокна с минимальным расходом связующего (до 3 % масс.) или без него. К ним относятся маты или рулоны с объемной массой до 80 кг/м³, которые обычно применяются в сочетании с перфорированным листовым экраном (из алюминия, асбестоцемента, жесткого поливинилхлорида) или с пористой пленкой. Коэффициент звукопоглощения этих покрытий на средних частотах (250...1000 Гц) составляет 0,7...0,85.

К полужестким покрытиям относятся минераловатные или стекловолоконные плиты с объемной массой 80...130 кг/м³ при содержании синтетического связующего 10...15 % масс., а также древесноволокнистые плиты с объемной массой 180...300 кг/м³. Коэффициент звукопоглощения полужестких покрытий на средних частотах составляет 0,65...0,75. В эту же группу входят звукопоглощающие покрытия из вспененных пластмасс, имеющие ячеистое строение (пенополиуретан, полистирольный пенопласт). Вспененные пластические массы называют пенопластами (большинство ячеек изолировано друг от друга) или поропластами (большинство ячеек сообщается между собой).

Твердые покрытия волокнистого строения изготавливаются в виде плит на основе гранулированной или суспензированной минеральной ваты и коллоидного связующего (крахмальный клейстер, раствор карбоксиметилцеллюлозы). Объемная масса твердых покрытий составляет 300...400 кг/м³. Коэффициент звукопоглощения на средних частотах равен 0,6...0,7.

К одному из наиболее перспективных направлений относится создание звукопоглощающих покрытий на основе вспененных пластмасс, что связано с их более высокими свойствами по сравнению с другими материалами. Вспененные пластмассы трудногорючи, обеспечивают хорошую тепло- и звукоизоляцию, вибродемпфирование, имеют низкий коэффициент теплопроводности, легкий вес, высокую адгезионную прочность, высокую экологичность. Вспененные пластмассы могут наноситься, например, напылением практически на любые материалы: дерево, стекло, металл, бетон, кирпич, краску, независимо от конфигурации поверхности. В результате этого отсутствует необходимость в специальном крепеже покрытия.

Многие свойства пено- и поропластов объясняются особенностью их структурного строения, а именно, наличием двух фаз (твердой и газообразной), что придает им малую плотность, относительно высокую удельную прочность, высокие тепло- и звукоизоляционные, а также демпфирующие свойства. Эластичные пено- и поропласты эффективно уменьшают вибрацию и поглощают толчки, в связи с чем их используют в амортизирующих устройствах. Их высокие звукопоглощающие свойства обеспечивают как высокую звуконепроницаемость, так и поглощение звуковых колебаний в широком диапазоне частот.

Звукопоглощательная способность пено- и поропластов определяется степенью поглощения звуковой энергии частицами воздуха внутри ячеек и работой трения при движении частиц газа между сообщающимися ячейками, а также жесткостью ячеистого каркаса или частотой возбужденных колебаний. У поропластов звукопоглощающие свойства выше, чем у пенопластов, в связи с тем, что ячейки у них сообщаются и работа внутреннего трения находящегося в них газа больше. Лучшими свойствами обладают поропласты малой плотности. Экспериментально установлено, что наибольшее звукопоглощение обеспечивают полужесткие пено- и поропласты.

Изменяя соотношение компонентов в реакционной смеси и технологические режимы вспенивания пластмассы, можно получать звукопоглощающие покрытия с определенной ячеистой структурой и с необходимыми свойствами. Получение необходимой структуры пено- или поропласта и неизменность его свойств по объему всего покрытия обуславливается высокой однородностью реакционной смеси, т. е. распределение компонентов по объему смеси должно быть равномерным.

Таким образом, актуальной проблемой при формировании звукопоглощающего покрытия является получение однородной реакционной смеси. От равномерности распределения компонентов по объему

реакционной смеси зависит качество получаемого на ее основе звукопоглощающего покрытия, а, следовательно, и качество всей конструкции.

Наиболее перспективным и технологичным методом формирования звукопоглощающих покрытий является газодинамический метод, основанный на диспергации, перемешивании и гомогенизации компонентов покрытия в потоке газа и их дальнейшее напыление на покрываемую поверхность. Чаще всего из исходных компонентов покрытия формируют одну или несколько обладающих хорошей текучестью композиций, которые транспортируют по трубам и шлангам к распылительной головке и в виде струй подают в факел распыления. Композиции напыляют на покрываемую поверхность, капли композиций образуют реакционную смесь, после прохождения реакций, вспенивания и отверждения смеси получают звукопоглощающее покрытие. Анализ напылительного оборудования показывает, что однородность реакционной смеси при напылении зависит от следующих технологических факторов: способ перемешивания и распыления композиций, вид сопел и характер истечения струй из них, точность дозировки композиций, расстояние от распылительной головки до покрываемой поверхности [2].

В традиционном оборудовании для подачи газа используют сопла в виде цилиндрического отверстия или в виде кольцевой щели, из которых истекают дозвуковые или околосзвуковые струи газа. При этом эффективная диспергация, т. е. получение частиц (капель) малых размеров, высоковязких композиций, затруднена, поэтому приходится предусматривать предварительное перемешивание композиций между собой перед их распылением. Таким образом, формирование однородной реакционной смеси дозвуковым газодинамическим методом при распылении высоковязких композиций проблематично и требует применения дополнительного оборудования.

Предлагаемый сверхзвуковой газодинамический метод позволяет значительно повысить степень диспергации капель и турбулентность газожидкостного потока, так как недорасширенная сверхзвуковая газодинамическая струя (струя, у которой давление на срезе сопла больше давления окружающей среды), имеет турбулентный участок высокой интенсивности. Необходимо отметить, что скачки уплотнения, возникающие на начальном участке недорасширенной сверхзвуковой струи, способствуют диспергации капель, так как капля, проходя через скачок уплотнения, подвергается значительному силовому воздействию, что приводит к ее дроблению. Применение многоструйной подачи газа через сверхзвуковые сопла, охватывающие каналы подачи композиций в распылительной головке, по-

Коэффициент затухания β , 1/м, для различных покрытий

Звукопоглощающее покрытие	Среднегеометрическая частота октавной полосы f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Плита минераловатная на фенольном связующем	1,8	6,1	10,4	15,0	18,0	32,0	45,0	47,0
Холст из супертонкого стекловолокна ($\rho = 20 \text{ кг/м}^3$)	3,0	5,0	6,0	9,0	14,0	24,0	34,0	45,0
Холст из супертонкого базальтового волокна ($\rho = 20 \text{ кг/м}^3$)	3,0	6,0	8,0	11,0	25,0	34,0	37,0	38,0
Текстолитовая плита марки АТМ-1	1,4	2,0	3,5	8,0	14,0	20,0	22,0	22,0
Полиуретановый эластичный поропласт марки ППУ-ЭТ	5,0	8,0	12,0	19,0	30,0	37,0	42,0	50,0

звояет значительно повысить число скачков уплотнения и турбулентность в факеле распыления. При этом желательно, чтобы сверхзвуковые струи газа располагались близко друг к другу и взаимодействовали между собой, что приводит к появлению дополнительных скачков уплотнения. Таким образом, многоструйная подача взаимодействующих между собой сверхзвуковых струй газа позволяет организовать факел распыления с развитой системой скачков уплотнения и высокой турбулентностью, а, следовательно, повысить однородность реакционной смеси и звукопоглощающие свойства формируемого покрытия.

Вспененные пластмассы чаще всего получают на основе полиэфируретана, полистирола, поливинилхлорида, полиэтилена, фенольно- и мочевиноформальдегидных, эпоксидных и других смол. Пено- и поропласты получают вспениванием соответствующего полимера при расширении равномерно распределенного в нем газа. Эти материалы представляют собой структурированную систему, отдельные ячейки которой связаны в общий каркас, придающий системе определенную жесткость.

Рассмотрим формирование звукопоглощающего покрытия из вспенивающейся пластмассы сверхзвуковым газодинамическим методом на примере формирования пенополиуретанового покрытия. Способ перемешивания композиций в факеле распыления является наиболее рациональным с точки зрения получения мелкодисперсных капель и их интенсивного пе-

ремешивания между собой (рис. 1). В распылительную головку с определенным расходом подаются подготовленные к распылению полиэфирную и изоцианатную композиции через центральное отверстие 1 и кольцевое концентрическое отверстие 2. Воздух подают в коллекторную воздушную полость 3, связанную со сверхзвуковыми соплами 4, охватывающими отверстия 1 и 2 подачи полиэфирной и изоцианатной композиций. Воздух вытекает из сверхзвуковых сопел 4 в виде системы сверхзвуковых взаимодействующих между собой струй. Образованные струями композиций и сверхзвуковыми струями воздуха факел распыления можно разбить по длине на четыре участка.

На первом участке между распылительной головкой и сечением 1—1, равным $(5...10)da$ (da — диаметр выходного сечения сверхзвукового сопла 4), сверхзвуковые струи воздуха, истекающие из сопел 4, распространяются автономно, т. е. не взаимодействуют между собой. При этом на струи полиэфирной и изоцианатной композиций со стороны сверхзвуковых струй воздуха оказывается сильное аэродинамическое воздействие, приводящее к распаду струй композиций в непосредственной близости от выходных отверстий 1 и 2 на крупные капли.

На втором участке между сечениями 1—1 и 2—2, равным $(10...100)da$, начинается взаимодействие сверхзвуковых струй между собой. При этом образуется развитая система скачков уплотнения, проходя через которые крупные капли дробятся на более мелкие с размерами $10^{-5}...10^{-7} \text{ м}$.

На третьем участке между сечениями 2—2 и 3—3, равным $(100...300)da$, происходит объединение одиночных сверхзвуковых струй в единый воздушно-жидкостной поток, в котором наблюдается значительная разница скоростей в различных областях потока. Здесь происходит интенсивный массо- и теплообмен между областями потока, капли композиций переносятся из осевой области потока к его периферии.

На четвертом участке между сечением 3—3 и покрываемой поверхностью, равным $(300...600)da$, воздушно-жидкостной поток превращается в одиночную осесимметричную воздушно-жид-

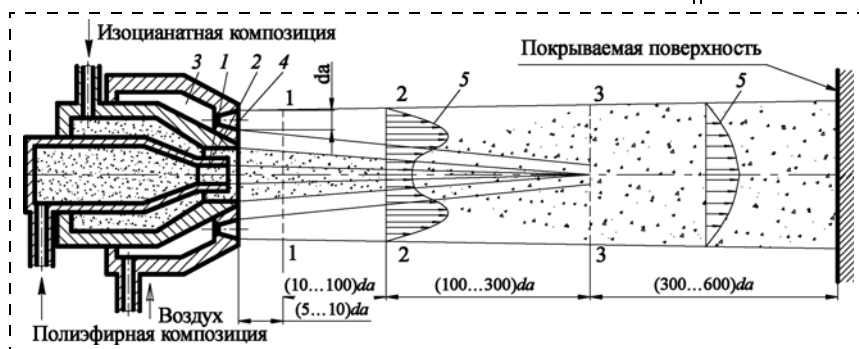


Рис. 1. Распылительная головка с многоструйной подачей воздуха в факел распыления:

1 — центральное отверстие (полиэфирная композиция); 2 — кольцевое концентрическое отверстие (изоцианатная композиция); 3 — коллекторная воздушная полость; 4 — сверхзвуковое сопло; 5 — профили скоростей потока

костную струю с высокой турбулентностью. На этом участке происходит интенсивное перемешивание капель, выравнивание их концентрации по поперечному сечению воздушно-жидкостной струи. Далее капли попадают на покрываемую поверхность, образуют однородную реакцию смесь, после вспенивания и отверждения которой формируется пенополиуретановое покрытие [3].

Проведем сравнение звукоизоляционных свойств ограждения в виде листа из материала АМг6 (1000 × 1000 × 3) мм со слоем звукопоглощающего покрытия из полиуретанового поропласта, нанесенного дозвуковым и сверхзвуковым газодинамическим методом. Звукоизоляция ограждения:

$$R = R_0 + R_{зп}, \quad (1)$$

где R_0 — звукоизоляция ограждения без слоя звукопоглощающего покрытия, дБ; $R_{зп}$ — звукоизоляция слоя звукопоглощающего покрытия, дБ; R — звукоизоляция ограждения со слоем звукопоглощающего покрытия, дБ.

$$R_{зп} = 8,7\beta\delta + 20\lg\left(\frac{m_0 + m_{зп}}{m_0}\right), \quad (2)$$

где β — коэффициент затухания, 1/м (см. таблицу); δ — толщина слоя звукопоглощающего покрытия, м; m_0 — поверхностная плотность ограждения без звукопоглощающего покрытия (лист из материала АМг6), кг/м²; $m_{зп}$ — поверхностная плотность звукопоглощающего покрытия, кг/м².

Формирование покрытия на листе АМг6 проводилось газодинамическим методом с дозвуковой (80 м/с) и сверхзвуковой (370 м/с) скоростью истечения струй воздуха из распылительной головки. В результате процесса напыления дозвуковым и сверхзвуковым методом было получено по три образца звукопоглощающего покрытия толщиной 20, 45 и 70 мм. Влияние толщины звукопоглощающего покрытия, полученного разными методами, на звукоизоляцию ограждения показано на рис. 2. Полученные результаты говорят о том, что звукопоглощающая способность покрытия, сформированного сверхзвуковым газодинамическим методом, на 5...7 % выше, чем при формировании звукопоглощающего покрытия такой же толщины дозвуковым газодинамическим методом. Это уве-

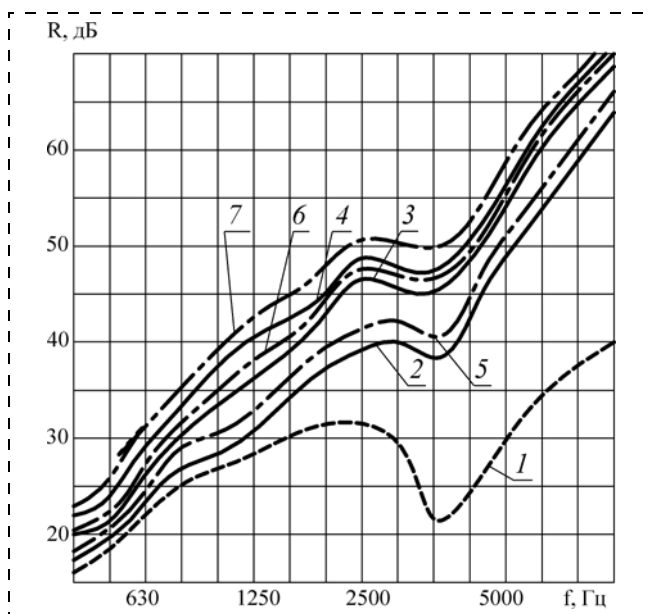


Рис. 2. Влияние толщины звукопоглощающего покрытия δ и метода формирования этого покрытия на звукоизоляцию ограждения:

R — звукоизоляция ограждения, дБ; f — частота, Гц; 1 — ограждение без покрытия; 2, 3, 4 — звукопоглощающее покрытие толщиной 20, 45, 70 мм, соответственно, нанесенное дозвуковым газодинамическим методом; 5, 6, 7 — звукопоглощающее покрытие толщиной 20, 45, 70 мм, соответственно, нанесенное сверхзвуковым газодинамическим методом

личение звукопоглощающей способности обусловлено более однородной и упорядоченной структурой покрытия, полученного сверхзвуковым газодинамическим методом.

Применение сверхзвукового газодинамического метода обеспечивает повышение однородности реакционной смеси, что предопределяет высокие звукопоглощающие свойства вспененного покрытия.

Список литературы

1. СНиП 23-03—2003 Защита от шума.
2. Андришкин А. Ю., Галинская О. О., Цыплаков О. Г. Влияние технологических факторов на характеристики качества пенополиуретанового теплоизоляционно-силового слоя корпусных секций ТПК МБР // Сборник статей "Учебный процесс и исследования в области разработки военно-технических систем". — СПб.: БГТУ, 2001. — С. 101—108.
3. Андришкин А. Ю. Напыление покрытий сверхзвуковым газодинамическим методом / Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики "АНТЭ-2009" // Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. Т. 2. 12—13 октября 2009 года. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2009. С. 289—293.



УДК 628.517.2

П. В. Мурзинов, асп., Воронежская государственная лесотехническая академия
E-mail: murzinov@box.vsi.ru

Методика выбора листовых материалов для высокоэффективных звукозащитных панелей

Рассмотрена методика выбора рациональных параметров листовых материалов, предназначенных для изготовления звукоподавляющих панелей. Эта методика позволяет обеспечить минимальную поверхностную плотность звукоподавляющих панелей при условии сохранения на должном уровне их звукоизоляции и коэффициента звукопоглощения.

Ключевые слова: шум, защита от шума, акустические панели, звукоподавляющие панели, коэффициент звукопоглощения, волновое уравнение, изгибная жесткость пластин, звукоизоляция, коэффициент потерь, поверхностная плотность

Murzinov P. V. Technique of the choice of sheet materials for highly effective the panel overwhelming a sound

The technique of a choice of rational parameters of the sheet materials intended for manufacturing the panel overwhelming a sound is considered. This technique allows providing the minimal superficial density the panel overwhelming a sound under condition of preservation up to the mark their sound insulation and factor of a sound absorption.

Keywords: noise, protection against noise, acoustic panels, the panel overwhelming a sound, factor of a sound absorption, the wave equation, flexural rigidity of plates, sound insulation, factor of losses, superficial density

Шум — один из наиболее распространенных вредных факторов окружающей среды. Вследствие увеличения мощности и числа автомашин на улицах городов, оборудования на производстве, санитарно-технического и другого оборудования зданий и сооружений суммарная звуковая мощность источников шума непрерывно повышается. Это обстоятельство наряду с необходимостью уменьшения массы ограждающих звукозащитных конструкций значительно затрудняет решение задачи защиты от шума и в то же время делает ее с каждым годом все более актуальной [1]. Одним из направлений повышения эффективности звукозащитных конструкций является разработка панелей, обладающих минимальной массой и максимальными акустическими характеристиками.

Звукозащитные панели изготавливают из различных материалов, среди которых значительную часть составляют листовые материалы. Эти материалы для обеспечения максимального эффекта звукозащитных панелей должны обладать способностью к максимальному демпфированию воздухом. Сочетание физических параметров листового материала должно быть таким, чтобы окружающая воздушная среда обладала максимальным влиянием на движение поверхности этого листа. Как указывает акустик-практик Р. Тейлор, рабочая характеристика панельного, или мембранного, поглотителя очень сходна с характеристикой резонатора Гельмгольца. Такой поглотитель можно изготовить из любого материала, отвечающего следующим основным требованиям: подходящая масса, достаточное затухание и достаточная гибкость. Незадемпфированные жесткие панели могут только ухудшать положение в результате появления гармоник [2].

Рассмотрим фрагмент листового материала в виде пластины, находящейся в состоянии вибрации и демпфируемой окружающей средой, что показано на схеме (рис. 1).

Для определения величины снижения уровня звука, излучаемого пластиной, используем метод волнового сопротивления тонких пластин. Сни-

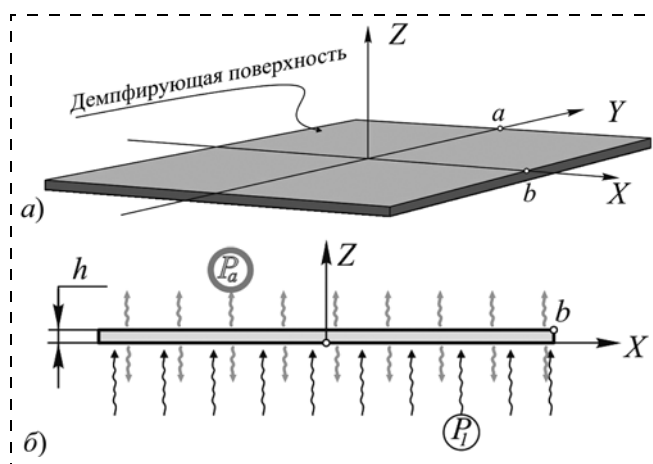


Рис. 1. Схема фрагмента листового материала в виде пластины: а — аксонометрическая проекция; б — сечение панели и схема движения звуковых потоков

жение уровня звука в воздушной среде может быть определено соотношением [3]:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{\eta_1}{\eta} \right), \quad (1)$$

где η_1 — коэффициент потерь пластины при демпфировании окружающим воздухом; η — коэффициент потерь пластины при отсутствии демпфирования окружающим воздухом.

Коэффициент потерь η_1 , входящий в соотношение (1), может быть определен на основе гипотез Кирхгофа—Ляве [4]: прямолинейный элемент, нормальный к срединной поверхности до деформации, остается прямым и нормальным к срединной поверхности, не меняя своей длины. Деформации предполагаются малыми. В пластине реализуется обобщенное плоское напряженное состояние. Деформацию срединной поверхности при изгибе пластины не учитывают. Предполагаем, что на пластину действует нормальная нагрузка

$$F(x, y, t) = P_1(x, y, t) - P_a(x, y, t),$$

(где t — время), а на контуре приложены поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты.

Толщина пластины h постоянна, а материал пластины обладает внутренними потерями, поэтому необходимо учесть коэффициент поглощения материала пластины в изгибной жесткости

$$B = \frac{Eh^3(1+i\eta)}{12(1-\nu^2)}, \quad (2)$$

где E — модуль Юнга; ν — коэффициент Пуассона; $i = \sqrt{-1}$ — мнимая единица.

Уравнение колебаний пластины можно представить в следующем виде [4]

$$B\Delta\Delta\xi + \rho_1 h \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = P_1(x, y, t) - P_a(x, y, t), \quad (3)$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ — оператор Лапласа; ξ — поперечное перемещение пластины; ρ_1 — плотность материала пластины.

Силовое воздействие на пластину единичной площади будет складываться из возбуждающего звукового давления $P_1(x, y, t)$ и демпфирующего влияния $P_a(x, y, t)$ окружающего воздуха на пластину [5]. Величина $P_a(x, y, t)$ определяется из решения уравнения движения акустической среды, ограниченной с одной стороны колеблющейся поверхностью и свободным расстоянием. Уравнение

движения удовлетворяет одномерному волновому уравнению [6]

$$\frac{d^2 \Phi}{dz^2} - \frac{1}{c^2} \frac{d^2 \Phi}{dt^2} = 0, \quad (4)$$

где $\Phi = \frac{1}{\rho_0} \int p d\tau$ — потенциал скорости малых возмущений воздушной среды с плотностью ρ , который определяет приращение давления и скорость акустических волн; p — избыточное давление малых возмущений в воздушной среде; c — скорость звука в воздухе.

Предположим, что движение поверхности элемента пластины носит колебательный характер в форме

$$\xi(x, y, t) = \xi_0 e^{i(\omega t - k(x+y))},$$

где ω — частота колебаний; $k = 4\sqrt{\frac{M_{\pi}\omega^2}{B}}$ — волновое число изгибных волн; M_{π} — поверхностная масса; ξ_0 — максимальное поперечное перемещение пластины.

Тогда решением уравнения (4) будет

$$\Phi = c\xi_0 \frac{e^{i\omega\frac{h}{c} + i\omega\left(t + \frac{z}{c}\right)} - e^{i\omega\left(t - \frac{z}{c}\right)}}{e^{ik(x+y)}}. \quad (5)$$

В выражении (5) представлены явно две бегущие волны — от поверхности в бесконечность. Учитывая, что давление действует с одной и другой стороны листа, и принимая во внимание уравнение (5), получим перепад давления, действующего на единичный элемент пластины

$$P_a = \rho \frac{d}{dt} \Phi \Big|_{z=h} - \rho \frac{d}{dt} \Phi \Big|_{z=0},$$

$$P_a = 2i\rho\omega c\xi_0 e^{-ik(x+y)} e^{i\omega t}. \quad (6)$$

Интенсивность поперечных усилий на единичную площадь будет формироваться потоком звуковых волн, форма которых носит гармонический характер

$$P_1(x, y, t) = P_0 \exp[i(\omega t - k(x+y))]. \quad (7)$$

Учитывая равенство (6), уравнение (3) можно представить в виде

$$B \left(\frac{\partial^4 \xi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \xi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \xi}{\partial y^4} \right) + \rho h \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} - P_0 e^{i[\omega t - k(x+y)]} + 2i\rho\omega c\xi_0 e^{-ik(x+y)} e^{i\omega t} = 0. \quad (8)$$

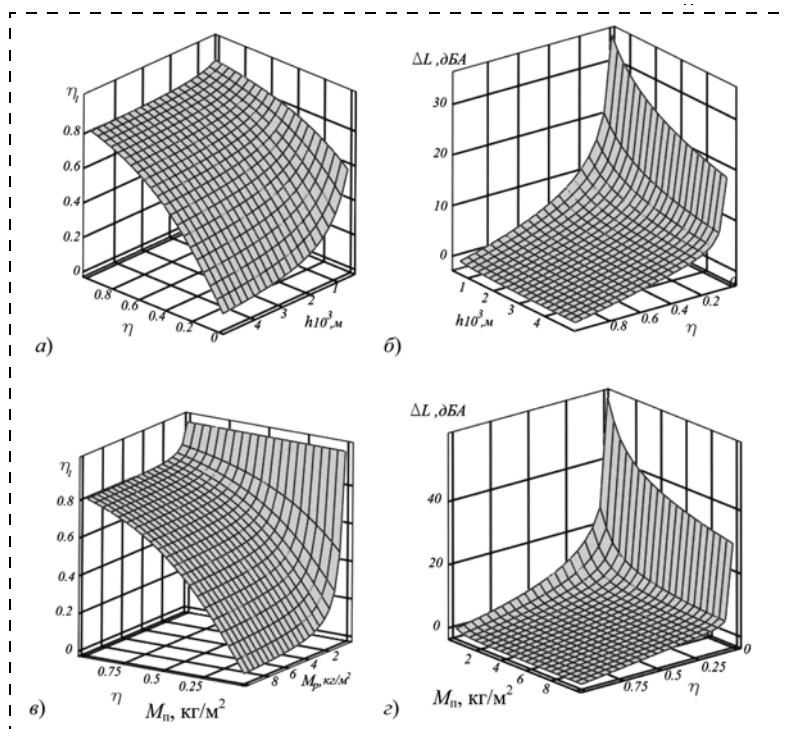


Рис. 2. Акустические характеристики листового материала по формулам (12) и (1) при $\omega = 1000$ Гц, $c = 334$ м/с, $\rho = 1,29$ кг/м³:

а, в — коэффициент потерь листового материала в условиях демпфирования воздухом η_1 ; б, г — величина снижения уровня звука при возбуждении листового материала ΔL

Решение этого уравнения будет

$$P_0 = 4Bk^4(1 + i\eta)\xi_0 - \rho_1 h \xi_0 \omega^2 + 2i\rho c \omega \xi_0. \quad (9)$$

Теперь можно определить волновое сопротивление пластины в условиях демпфирования окружающей воздушной средой, т. е.

$$Z = \frac{P_0}{\xi_0 i \omega} = 4\rho_1 h \omega \eta + 2\rho c - i3\rho_1 h \omega. \quad (10)$$

Импеданс пластины в условиях демпфирования воздухом содержит действительную и мнимую части, поэтому, преобразуя уравнение (10) и разделяя вещественную Re и мнимую Im части, получим

$$\text{Re} = 4\rho_1 h \omega \eta + 2\rho c, \quad \text{Im} = -3\rho_1 h \omega. \quad (11)$$

Определим коэффициент потерь пластины в условиях демпфирования окружающей воздушной средой

Таблица 1

Рациональные диапазоны параметров листовых материалов

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение
Поверхностная плотность M_p , кг/м ²	0,05	1,5
Толщина $\eta \cdot 10^3$, м	0,05	1,5
Коэффициент потерь η	0,08	0,1

$$\eta_1 = \frac{\text{Re}}{|Z|} = \frac{\frac{4}{3}\eta + \frac{2}{3}\frac{\rho c}{\rho_1 h \omega}}{\sqrt{1 + \left(\frac{4}{3}\eta + \frac{2}{3}\frac{\rho c}{\rho_1 h \omega}\right)^2}} \quad \text{или}$$

$$\eta_1 = \frac{\frac{4}{3}\eta + \frac{2}{3}\frac{\rho c}{M_p \omega}}{\sqrt{1 + \left(\frac{4}{3}\eta + \frac{2}{3}\frac{\rho c}{M_p \omega}\right)^2}}, \quad (12)$$

где $M_p = \rho_1 h$.

Из представленных на рис. 2 графиков видно, что наибольшему эффекту демпфирования воздухом подвержены листовые материалы, физические параметры которых попадают в диапазоны, показанные в табл. 1.

В соответствии с представленной методикой, в Воронежской государственной лесотехнической академии была разработана звукопоглощающая структурированная панель [7] ЗОСП-1 (рис. 3). Панель содержит два параллельных между собой листа 1 и 2, между которыми установлены прямоугольные пластины 3. Эти пластины располагаются перпендикулярно листам 1 и 2. Между пластинами 3 помещены наклонные пластины 4, которые соединены с пластинами 3 и листами 1 и 2.

Звуковые волны, попадающие на листы 1 или 2 и проходящие через них, попадают в объемы, образованные пластинами 3, 4 и листами 1 и 2. При отражении от стенок этих объемов образуются звуковые волны с противофазой, в результате чего происходит подавление звуковых волн.

В табл. 2 представлены листовые материалы, которые могут быть основой для изготовления звукозащитных панелей. Анализ их физических параметров указывает на то, что наиболее рациональным

Таблица 2

Физические характеристики листовых материалов

Материал	M_p , кг/м ²	$h \cdot 10^3$, м	η
Бумага	0,08	0,07	0,08
Ватман	0,2	0,26	0,09
Картон DKF 5	1,2	3,2	0,06
Картон КАОН-1	3	3	0,12
Шпон (сосна)	0,51	1	0,02
Акриловый лист PALGLAS	4,76	4	0,01
ПВХ вспененный PALFOAM	0,94	2	0,02
Поликарбонатный лист PALSUN	3,6	3	0,01

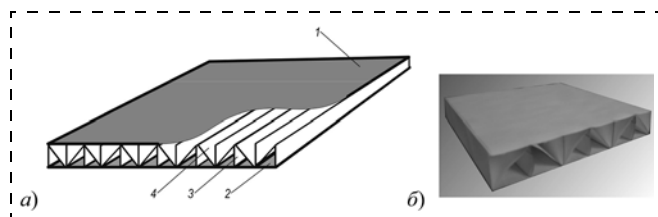


Рис. 3. Звукоподавляющая структурированная панель ЗОСП-1: а — конструктивная схема; б — опытный образец

листовым материалом с позиции звукопоглощения является бумага и ватман. Изготовленные из ватмана панели ЗОСП-1 получились очень легкие с неплохими акустическими характеристиками, которые показаны в табл. 3. Из таблицы видно, что панели ЗОСП-1 имеют наименьшую поверхностную плотность при средних значениях звукоизоляции R и коэффициента звукопоглощения α .

Представленная методика поиска рациональных параметров листовых материалов позволила сократить время поиска конструктивного решения акустических панелей резонансного типа, обладающих эффективными характеристиками.

Разработанные панели ЗОСП-1 могут быть установлены на внутренние стенки кабин, салонов, кожухов и экранов машин и летательных аппаратов, а также на внутренние стены зданий. Они позволяют обеспечить подавление звуковых волн с широким

Таблица 3
Акустические характеристики листовых материалов ($\omega = 1000$ Гц)

Панель	$h \cdot 10^3$, м	M_p , кг/м ²	R , дБА	α
ДСтП	15	11,72	33	0,51
Фанера	12	9,6	12	0,35
Сталь	2	15,6	18,6	0,01
Обшивка БСТВ-30	1,5	4,86	56,4	—
Павинол ПА-2	2	0,37	10	0,1
Фанера + пенопласт	15	3,42	35,1	—
Пенопласт	50	2,5	9,5	0,02
ЗИПС 7-2	70	27,5	8	—
Панель ЗОСП-1	30	1,14	21,5	0,55

спектром значений их частот. При этом они способны обеспечить защиту человека от шума.

Список литературы

1. Заборов В. И., Лалаев Э. М., Никольский В. Н. Звукоизоляция в жилых и общественных зданиях. — М.: Стройиздат, 1979. — 254 с.
2. Тэйлор Р. Шум. — М.: Мир, 1978. — 308 с.
3. Хекл М., Мюллер Х. А. Справочник по акустике. — Л.: Судостроение, 1980. — 400 с.
4. Вибрации в технике: Справочник в 6 т. / Под ред. В. В. Болотина. Т. 1 — колебания линейных систем. — М.: Машиностроение, 1978. — 352 с.
5. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний. — М.: Мир, 1988. — 448 с.
6. Лепсинд Л. Ф. Акустика: учеб. пособ. для вузов. — М.: Высш. школа, 1978. — 448 с.
7. Патент 96884 Российская Федерация, МПК⁷ E04B 1/82, E04C 2/36. Звукоподавляющая структурированная панель / Мурзинов П. В., Асминин В. Ф.; — опубл. 20.08.2010. Бюл. № 23.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 620.9.003.13+.004.18

Ю. А. Липатов, канд. экон. наук, председатель Комитета по энергетике ГД РФ
E-mail: sp_danilova@mail.ru

Задачи и пути решения законодательного обеспечения энергоэффективности и энергосбережения российской энергетики

Рассмотрены проблемы развития нормативно-правовой базы по реализации Федеральных законов Российской Федерации "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности" и "О теплоснабжении" и даны конкретные рекомендации для их решения.

Ключевые слова: федеральный закон, энергосбережение, энергетическая эффективность, теплоснабжение

Lipatov Yu. A. Problems and ways of decision for legislative ensuring of energoefficiency and economy of energy in Russian power engineering

Problems of elaborating a normative-legal base for realization the federal laws — "About economy of energy and increasing a energy efficiency" and "About heat supplies" are considered and real ways of their decision are given.

Keywords: federal law, economy of energy, power effectiveness, heat supplies



Одной из основных проблем российской экономики является неэффективное использование энергетических ресурсов. Обычные граждане ощущают это на примере постоянного роста цен на бензин и в жилищно-коммунальном комплексе. В промышленном производстве, согласно статистическим данным, на тонну продукции в черной и цветной металлургии, химии и нефтехимии в России тратится в два раза больше энергоресурсов, чем в развитых странах; из тонны нефти производится в два раза меньше бензина, чем на Западе; удельный расход топлива на российских тепловых станциях в полтора раза выше, чем в Европе и Америке, и это без учета потерь в тепловых и электрических сетях, затрат на перекачку нефти и газа по трубопроводам из Сибири в Европу и многих других факторов бесхозяйственного отношения к топливно-энергетическим ресурсам Российской Федерации.

Нельзя сказать, что этой проблеме вообще не уделялось внимания. Так, в 1995 г. был принят Федеральный закон "Об энергосбережении", но он носил чисто декларативный характер и не отражал даже существующую на местах систему мер по энергосбережению, включающую региональные программы и законы об энергосбережении, перечень мероприятий по проверке готовности к отопительному сезону, энергетические паспорта предприятий, опыт проведения энергоаудита. Кроме того, в этом законе не просто отсутствовали необходимые положения об энергосбережении, но и существовал запрет на разработку регионального законодательства в этой области, в результате чего было отменено порядка десяти действовавших ранее законов субъектов Российской Федерации в области энергосбережения.

В связи с началом проведения реформы электроэнергетики в стране стал необходим новый закон "Об энергосбережении". К сожалению, Правительство РФ взяло длительную паузу по представлению такого закона и только в 2009 г. в Государственную Думу был внесен проект закона "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности".

В первоначальном виде этот проект касался энергосбережения для жилищно-коммунального хозяйства и содержал в основном нормы запрета и наказаний. Однако после почти годичной доработки на стадии второго чтения с участием заинтересованных органов государственной власти, в первую очередь Министерства энергетики РФ и Министерства экономического развития РФ, проект был дополнен большим потенциалом норм государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В результате в 2010 г. был принят Федеральный за-

кон № 261-ФЗ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты".

1. В Законе № 261-ФЗ определено базовое понятие энергетических ресурсов, к которым относятся все виды энергии и, одновременно, энергоносители, такие как электрическая и тепловая энергия, углеводороды, вторичные и возобновляемые источники энергии. Закон содержит ряд норм по повышению эффективности использования энергоресурсов. В частности, все лица, осуществляющие производство, добычу и транспортировку энергетических ресурсов должны проводить обязательное энергетическое обследование, целью которого является получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов, и составлять энергетические паспорта, в которых должна содержаться информация об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении, о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов), о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении.

Однако, что касается линий электропередач, электрических станций и источников тепловой энергии, нефтедобывающих и газодобывающих компаний, трубопроводов, предприятий топливно-энергетического комплекса в целом, эти положения нуждаются в конкретизации. Необходимо также законодательно определить, что понимать под энергосбережением для линий электропередач и трубопроводов, как рассчитывать энергосбережение при производстве электрической и тепловой энергии, как, например, оценивать эффективность использования попутного нефтяного газа, вторичных источников энергии. Такие базовые положения не могут быть расшифрованы в подзаконных актах, они должны быть урегулированы на законодательном уровне. Поэтому в этой части, кроме разработки нормативной базы, требуется дополнение Закона № 261-ФЗ в части повышения эффективности использования энергетических ресурсов и энергоносителей, а также необходим закон об энергоэффективности и энергосбережении в топливно-энергетическом комплексе.

В Законе № 261-ФЗ предусмотрен четкий график введения в действие норм в области энергосбережения. На первом этапе — это разработка в 2010 г. региональных и муниципальных программ в области энергосбережения. На втором этапе — до конца 2011 г. повсеместная установка приборов учета энергоресурсов и переход к взаимным расчетам и государственному тарифному регулирова-

нию на основе данных приборов учета, а не утвержденных нормативов потребления. В период 2010—2011 гг. планируется введение управляющими организациями многоквартирных домов планов обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме, определенных перечнями, утверждаемыми органами государственной власти субъектов Российской Федерации, а также добровольных мероприятий в этой области.

Следующим этапом — до конца 2012 г. должно стать повсеместное введение системы обязательных и добровольных энергетических обследований и составление энергетических паспортов жилых домов, предприятий и иных объектов экономики, компаний, органов государственной власти, учреждений и создание государственной информационной системы учета данных таких обследований в масштабе всей страны.

Закон предусматривает и иные новые механизмы повышения энергоэффективности и энергосбережения, в частности: энергосервисный контракт и его частный случай — энергосервисный контракт как составную часть договора купли-продажи, поставки, передачи энергетических ресурсов, систему мер государственной поддержки в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, систему мер государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении.

Законом оговорено, что следующие по срокам исполнения положения закона могут быть реализованы только при условии строгого соблюдения сроков реализации предшествующих положений. Однако реализация уже первого по срокам положения Закона № 261-ФЗ — составление региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (июль 2010 г.) — прошла в отсутствие необходимых нормативных актов, в частности Требований к региональным, муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В результате указанные программы в лучшем случае переписывались с аналогичных документов прошлых периодов, составленных до принятия этого закона, а в худшем — переписывались с подходящей заменой слов "республика" и "область".

Таким образом, в настоящее время требуется скорейшая разработка нормативных актов, регулирующих следующие вопросы:

разработка и реализация федеральных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

определение перечня товаров, которые должны содержать информацию об энергетической эффективности, и правил нанесения такой информации;

установление правил определения классов энергетической эффективности товаров и многоквартирных домов;

определение требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;

установление принципов определения перечня обязательных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме;

установление требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг, размещение заказов на которые осуществляется для государственных или муниципальных нужд;

установление порядка осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности;

установление правил создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и обеспечения ее функционирования;

установление требований к региональным, муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

установление требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, в случае, если цены (тарифы) на товары, услуги таких организаций подлежат установлению федеральными органами исполнительной власти.

2. В Законе № 261-ФЗ одним из основных направлений регулирования является жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). Концепция и ряд основных положений в этой области были реализованы принятым в июле 2010 г. Федеральным законом № 190-ФЗ "О теплоснабжении", например в части повышения энергоэффективности и энергосбережения в теплоснабжении, урегулирования вопросов надежности теплоснабжения, совершенствования государственного управления и тарифного регулирования в теплоснабжении. Окончательный текст этого закона был подготовлен в весеннюю сессию рабочей группой Комитета Государственной Думы по энергетике при деятельном участии представителей Министерства энергетики РФ, Федеральной службы РФ по тарифам, Министерства экономического развития РФ и Министерства регионального развития РФ.



Закон "О теплоснабжении" максимально вписывается в существующую законодательную базу, в нем сформулированы основные положения реформы теплоснабжения, которые должны сделать отрасль инвестиционно-привлекательной, обеспечить безопасное гарантированное теплоснабжение. Определенная этим законом реформа теплоснабжения должна стать основой для последующего масштабного жилищного строительства, которое необходимо сегодня для преодоления дефицита жилья и нарастания объемов ветхого и аварийного жилого фонда.

Следует отметить, что ранее нормы, регулирующие деятельность в этой жизненно важной сфере, были распределены по жилищному и градостроительному законодательствам, электроэнергетике, законодательству о регулировании организаций коммунального комплекса. Сейчас все нормы собраны в одном законе, написанном достаточно ясным языком, и доступны для понимания как руководителями теплоснабжающих организаций и глав муниципалитетов, так и потребителями и простыми гражданами.

Актуальность принятия закона "О теплоснабжении" заключается в том, что с 1 января 2011 г. прекращает действие Федеральный закон "О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в Российской Федерации" и требуется сохранить законодательную базу регулирования тарифов в области теплоснабжения. В отдельной главе закона "О теплоснабжении" описывается порядок определения и изменения тарифов на тепловую энергию и мощность, на услуги по передаче тепловой энергии, платы за подключение к тепловым сетям. В этом законе определен также исчерпывающий список тарифов и платежей в области теплоснабжения. Из этого списка исключены инвестиционные надбавки, которые служили основным источником бесконтрольного роста тарифов в сфере ЖКХ.

В Законе № 190-ФЗ по новому формируются источники финансирования инвестиционных программ теплоснабжающих организаций. Эти изменения должны остановить или уменьшить рост тарифов на теплоснабжение и за счет введения долгосрочных тарифов сделать рост таких тарифов предсказуемым. Кроме того, отдельная статья посвящена договорным отношениям между потребителями тепловой энергии и теплоснабжающими организациями. Договора теплоснабжения и по оказанию услуг по передаче тепловой энергии дают иные, отличные от тарифного регулирования, виды взаимоотношений производителя и потребителя тепловой энергии.

Законом регулируются также вопросы организации коммерческого учета тепловой энергии, порядка и мест установки приборов учета этой энер-

гии, порядка учета и компенсации потерь в тепловых сетях и внутри многоквартирных домов. Определены основные положения отношений по развитию систем теплоснабжения, урегулированы вопросы вывода из эксплуатации тепловых установок, наделения ответственности по эксплуатации бесхозных тепловых сетей.

В настоящее время вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности относятся к числу важнейших государственных приоритетов Российской Федерации. В связи с этим для правильного понимания норм Закона № 261-ФЗ и полноценной реализации его положений необходимо создание адекватной системы подзаконных актов. К сожалению, как это обычно бывает, разработка этих актов задерживается. Например, так случилось с обеспечением нормативного регулирования разработки к 1 августа 2010 г. региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Наряду с достаточно подробным регулированием в сфере ЖКХ, в Законе № 261-ФЗ содержится ряд положений, лишь намеченных законодателем. Это касается мер по стимулированию использования возобновляемых и вторичных источников энергии, развитию использования газомоторного топлива, которые условно можно отнести к вопросам повышения эффективности использования энергоресурсов.

Так, Закон № 261-ФЗ содержит положение об обязательном включении в число целевых показателей и перечня обязательных мероприятий региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности числа случаев использования возобновляемых источников энергии. Однако реализация этих положений закона затруднена отсутствием нормативных актов, которые должны быть приняты в соответствии с изменениями, внесенными еще в 2007 г. в Федеральный закон № 35-ФЗ "Об электроэнергетике".

Несколько лет на рассмотрении в Госдуме РФ находится законопроект "Об использовании альтернативных видов моторного топлива". Было подготовлено несколько редакций этого законопроекта и ни у кого не вызывает сомнения необходимость его принятия. Однако ведомственная разобщенность мешает подготовить действительно работоспособный закон. В связи с реализацией основных положений Федерального закона № 261-ФЗ представляется необходимым пересмотреть концепцию законопроекта "Об использовании альтернативных видов моторного топлива". При этом новая концепция этого законопроекта должна включать

реализацию следующих положений Федерального закона № 261-ФЗ, касающихся расширения использования альтернативных видов моторного топлива:

- транспортным средствам, использующим газомоторное топливо, необходимо присваивать более высокий класс энергетической эффективности;

- в составе показателей оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов должны быть утверждены показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности, включающие увеличение количества транспортных средств, в отношении которых проведены мероприятия по замещению бензина, используемого транспортными средствами в качестве моторного топлива, природным газом с учетом доступности использования последнего;

- перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, подлежащих включению в региональные, муниципальные программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, должен включать в себя мероприятия по замещению бензина, используемого транспортными средствами в качестве моторного топлива, природным газом;

- в состав показателей энергетического обследования в случае обязательности его проведения в составе перечня типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности должны содержаться сведения о количестве транспортных средств, переведенных на использование газомоторного топлива. Количество транспортных средств, переведенных на использование газомоторного топлива, должно фиксироваться в энергетическом паспорте предприятия (организации);

- при размещении заказов на поставки транспортных средств для государственных или муниципальных нужд при равных прочих условиях органы государственной власти и местного самоуправления обязаны закупать транспортные средства, использующие газомоторное топливо.

На протяжении ряда лет в Комитете по энергетике ГД РФ обсуждается концепция государственной программы развития малой энергетики и использования вторичных энергоресурсов. В настоящее время при Комитете активно функционирует секция экспертного совета по малой энергетике. Одним из ключевых вопросов в этой теме является развитие когенерации электрической и тепловой энергии на источниках тепловой энергии (имеются в виду достаточно крупные котельные). Всеми признается энергетическая выгода дополнительной генерации электроэнергии при производстве тепловой. Однако, поскольку производство тепло-

вой энергии относится к регулируемым видам деятельности, необходимо в законе "О теплоснабжении" предусмотреть включение в тарифы теплоснабжающих организаций затраты на создание мощностей по комбинированной выработке электрической и тепловой энергии.

К этой же теме относится использование местных и традиционных источников энергии, в первую очередь торфа и отходов лесоперерабатывающей промышленности. В течение ряда лет в Комитете находится подготовленный к внесению законопроект "О торфе", в котором намечен ряд необходимых изменений в законодательстве, направленных на спасение российской торфяной промышленности, находящейся в критическом положении. Незаинтересованность министерств, в первую очередь Министерства энергетики РФ, не позволяет сдвинуть эту тему с мертвой точки. Необходимо также принятие законодательных норм, стимулирующих переработку торфа и древесных отходов в топливные pellets, которые широко используются в европейских странах. К вопросу эффективности использования каменного угля в электроэнергетике относится и вопрос переработки золошлаковых отходов.

В заключение следует отметить, что поднятые в этой статье вопросы развития нормативно-правовой базы по реализации положений Федерального закона № 261-ФЗ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты" были предметом обсуждения на "круглом столе", организованном 10 ноября 2010 г. Комитетом Государственной думы по энергетике с участием представителей Департамента ЖКХ Минрегиона России, Департамента Минэнерго России, Управления контроля энергетики Федеральной антимонопольной службы РФ, НП "Российское теплоснабжение", ОАО "Российские Коммунальные Системы", ОАО "РусьГидро", ОАО "Газпром", ОАО "Газпром-газэнергосеть", ЗАО "Агентства по прогнозированию балансов в электроэнергетике", Национальной ассоциации водородной энергетики и других организаций. Участники совещания приняли следующие рекомендации.

Комитету по энергетике Государственной думы РФ: с учетом положений Закона № 261-ФЗ создать рабочую группу по разработке законопроекта, регулирующего повышение эффективности использования энергоносителей, и доработать законопроект "Об использовании альтернативных видов моторного топлива".

Правительству Российской Федерации: в кратчайшие сроки разработать нормативно-правовые акты, необходимые для реализации основных положений Федерального закона № 261-ФЗ и Федерального закона № 190-ФЗ.

УДК 543.713:678.044

Э. З. Закиева, асп., Л. Х. Каримова, асп., А. А. Мухутдинов, д-р хим. наук, проф.,
Казанский государственный технологический университет
E-mail: mirel4ik@mail.ru

Исследование сублимации и летучести ускорителей серной вулканизации резиновых смесей и способы снижения их экологической опасности

Представлены результаты исследования сублимации и летучести ускорителей серной вулканизации резиновых смесей и предложены способы уменьшения их негативного влияния на окружающую среду в процессе их производства, эксплуатации и хранения.

Ключевые слова: сублимация, летучесть, ускорители, константа скорости, энергия активации

Zakieva E. Z., Karimova L. H., Mухutdinov A. A. Research of sublimation and volatility accelerators of sulfuric vulcanization of rubber mixes and search of ways of decrease of their ecological danger

Results of research of sublimation and volatility accelerators of sulfuric vulcanization of rubber mixes are presented and ways of reduction of their negative influence on environment in the course of their manufacture, operation and storage are offered.

Keywords: sublimation, volatility, accelerators, a constant of speed, energy of activation

Известно, что ускорители серной вулканизации каучуков представляют собой токсичные и пылящие вещества. В процессе хранения, транспортировки и эксплуатации ускорителей происходит выделение их в окружающую среду, что служит источником образования канцерогенных нитрозаминов. В этой связи уменьшение сублимации и летучести соответствует основным принципам экологизации технологий и является актуальной экологической задачей.

Летучесть веществ зависит от молекулярной массы, межмолекулярного взаимодействия, степени кристалличности, дефектности кристаллов, полярности молекулы, агрегатного состояния вещества, фазового состояния вещества, удельной поверхности вещества и от внешних условий: температуры, давления, добавления или присутствия другого компонента, влажности воздуха и др. [1].

Приемлемым методом определения летучести ускорителей является метод, основанный на достижении постоянного значения потери массы, т. е. равновесного значения давления насыщенных паров, когда количество отрывающихся с поверхности кристаллических частиц молекул равно количеству молекул, обратно оседающих на поверхность кристаллических частиц.

Исследование сублимации и летучести ускорителей проводили при комнатной температуре (18...22 °С) и атмосферном давлении в течение двух месяцев. Результаты наблюдений представлены на рис. 1.

В то же время следует отметить практически полное отсутствие научных работ по исследованию летучести или сублимации порошкообразных веществ вообще и ингредиентов полимерных материалов, в частности ускорителей тиурама Д, сульфенамида Ц, альтакса и каптакса.

В некоторых работах [2] авторы приходят к выводу, что летучесть ускорителей уменьшается с увеличением молекулярной массы. Летучесть является функцией, главным образом, зависящей от структуры молекулы в целом. Согласно литературным данным наибольшее влияние на летучесть вещества оказывают их молярные объемы. Рассчитанные значения молярных объемов представлены в табл. 1.

Метод определения летучести по потере массы единицей объема ускорителя в процессе хранения

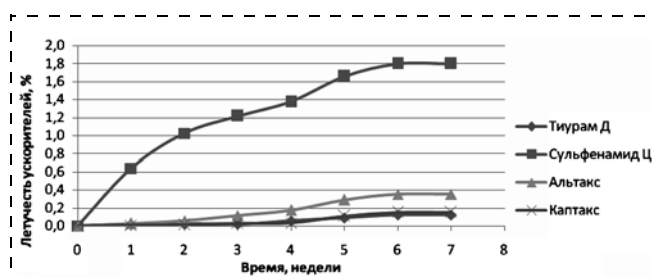


Рис. 1. Значение летучести ускорителей серной вулканизации при комнатной температуре



Таблица 1

Результаты расчетов мольного объема, давления насыщенных паров для ускорителей вулканизации резиновых смесей

Компоненты	Молекулярная масса, г/моль	Плотность, г/см ³	Температура плавления, °С	Мольный объем, см ³ /моль	Летучесть L, %	Летучесть L, мг/см ³	Давление насыщенных паров P, мм рт. ст.	Условия упаковки
Тиурам Д	240,44	1,29	155	186,39	0,12	1,55	0,12	Полиэтиленовые мешки Плотная полиэтиленовая упаковка Полиэтиленовые мешки Полиэтиленовые мешки
Сульфенамид Ц	264,42	1,27	103	208,20	1,80	22,85	1,58	
Альтакс	332,50	1,48	150	224,66	0,35	5,17	0,28	
Каптакс	167,26	1,42	179	117,79	0,15	2,13	0,23	

до постоянного значения позволяет рассчитать давление насыщенного пара.

Сначала определяем летучесть, мг/см³, по эмпирической формуле [2]:

$$L = 16MP/(273 + T), \quad (1)$$

где 16 — поправочный коэффициент; M — молекулярная масса вещества, г/моль; P — давление насыщенных паров вещества, мм. рт. ст.; T — температура проведения эксперимента, °С.

Значение летучести определяют экспериментально с помощью следующего выражения:

$$L = (m_{\text{исх}} - m_{\text{кон}}) \rho \cdot 10^3 / m_{\text{исх}}, \quad (2)$$

где $m_{\text{исх}}$ — масса исходного образца, г; $m_{\text{кон}}$ — масса образца после проведения эксперимента, г; ρ — плотность, г/см³.

Подставляя экспериментальные значения летучести из формулы (2) в формулу (1), определяем давление насыщенных паров, мм рт. ст.:

$$P = (273 + T) \cdot L / (16 \cdot M). \quad (3)$$

Значимость этой формулы заключается в том, что она связывает летучесть непосредственно с молекулярной массой вещества, давлением насыщенных паров и температурой, которые могут быть определены независимо друг от друга.

Как показали проведенные исследования, важным условием экспериментального определения летучести порошкообразных и гранулированных веществ является достижение постоянного значения летучести во времени. В этом случае можно рассчитать достоверные значения равновесного давления насыщенных паров исследуемого вещества (см. табл. 1).

Из приведенных данных видно, что максимальным значением летучести обладает сульфенамид Ц (22,85 мг/см³ или 1,80 %). Так как температура плавления является величиной, зависящей от строения кристаллической решетки твердого вещества, она представляет собой температуру, при

которой кристаллическая решетка нагреваемого твердого вещества разрушается вследствие усиленного теплового движения атомов и молекул. Поэтому температура плавления тем выше, чем сильнее межмолекулярные силы и чем плотнее упаковка кристаллической решетки [3]. Это приводит к выводу о том, что молекулы сульфенамидных кристаллов расположены недостаточно плотно, о чем свидетельствует низкая температура плавления (103 °С). Сульфенамид Ц, так же как и другие исследуемые ускорители, является молекулярным кристаллом, который формируется по принципу наиболее плотной упаковки молекул.

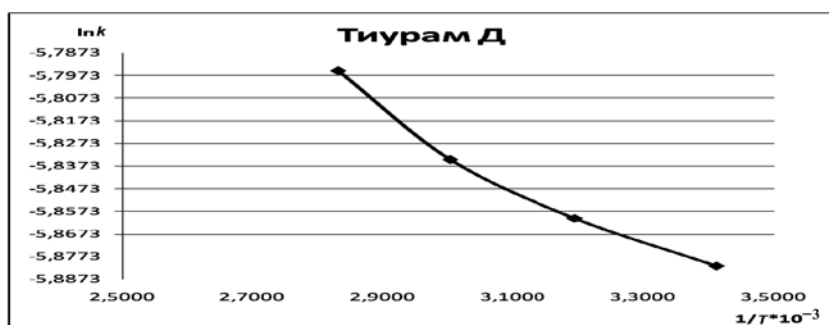
Тиурам Д характеризуется минимальной сублимацией (1,55 мг/см³ или 0,12 %), что обусловлено более плотной упаковкой молекул в кристаллах, о чем свидетельствует высокая температура плавления (155 °С).

Наименьшее давление насыщенных паров характерно для тиурама Д (0,12 мм. рт. ст.). Значимость приведенного расчета заключается в том, что при этом учитывается молекулярная масса компонентов. Наблюдается некоторая зависимость между давлением насыщенных паров, молекулярной массой и летучестью компонентов. Чем больше молекулярная масса, тем меньше давление насыщенных паров, и, наоборот, чем больше летучесть, тем больше давление насыщенных паров. Сравнительно высокое значение

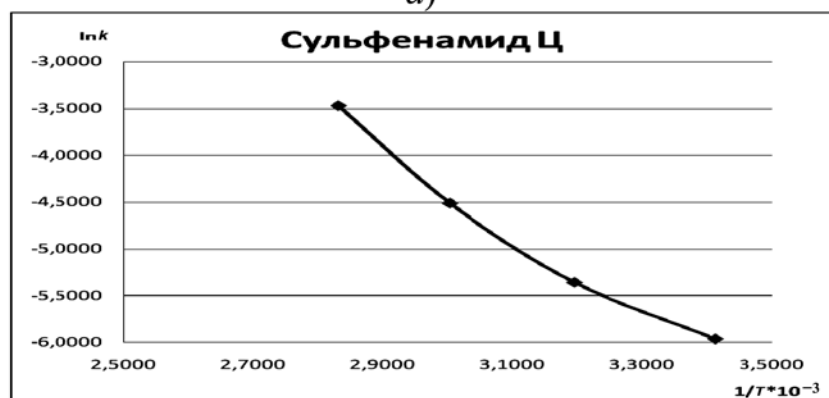
Таблица 2

Результаты расчета энергии активации сублимации ускорителей вулканизации резиновых смесей

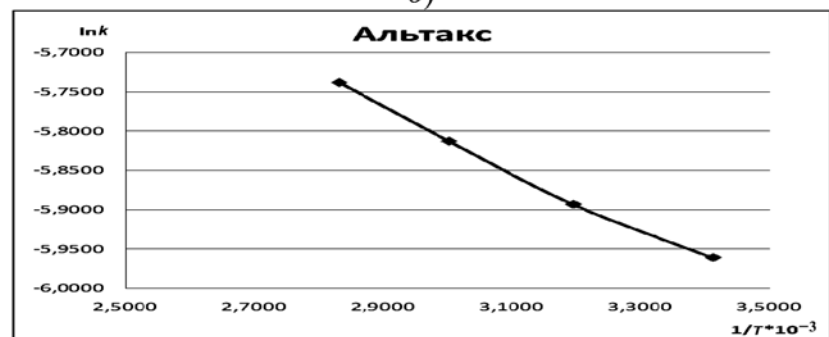
Компоненты	Температура плавления, °С	Летучесть L, %	Энергия активации E, кДж/моль
Тиурам Д	155	0,12	1,25
Сульфенамид Ц	103	1,80	82,62
Альтакс	150	0,35	6,35
Каптакс	179	0,15	7,06



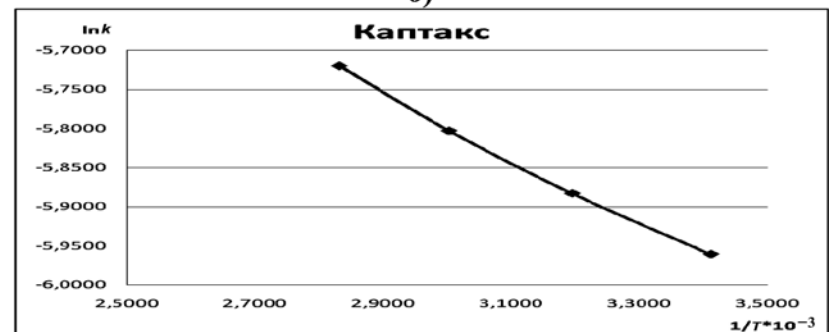
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Зависимость $\ln k$ от $1/T$ для ускорителя:

а — тиурама Д; б — сульфенамида Ц; в — альтакса; г — каптакса

давления насыщенных паров сульфенамида Ц (1,58 мм. рт. ст.) по сравнению с остальными свидетельствует о том, что выделение молекул сульфенамида Ц из кристаллического порошка будет продолжаться до тех пор, пока давление над веществом не достигнет значений, представленных в табл. 1. Следовательно, для уменьшения летучести сульфенамида Ц необходимо его хранение в плотной полиэтиленовой упаковке.

Проведенные исследования сублимации летучести ускорителей позволяют заключить, что существующие нормативы ПДК_{р.з} для этих ускорителей разработаны для пылевидных выбросов, тогда как молекулярное состояние этих ускорителей не учитывается. Поэтому появляется необходимость в совершенствовании нормативов ПДК_{р.з} для ускорителей серной вулканизации каучуков.

Для изучения кинетических характеристик процессов сублимации и летучести проводились эксперименты при температурах 20, 40, 60, 80 °С, что дало возможность рассчитать константу скорости и энергию активации сублимации и летучести (табл. 2, рис. 2). Расчет константы скорости и энергии активации сублимации и летучести производился по методике, представленной в литературе [4, 5].

Обращает на себя внимание сравнительно небольшое значение энергии активации сублимации тиурама Д, это свидетельствует о сравнительно невысокой летучести этого ускорителя. Следовательно, при хранении и транспортировке тиурама опасность фотохимических превращений его молекул с образованием канцерогенных нитрозоаминов невелика.

Поскольку транспортировка и хранение ускорителей происходит во времени, то герметичность тары для их хранения имеет большое значение для уменьшения негативного воздействия токсичных ускорителей на человека в производственных помещениях. Немаловажным является выбор тары в соответствии с давлением насыщенных паров ускорителей. Предлагаемые способы хранения с

выбором тары согласно с давлением насыщенных паров представлены в табл. 1.

Как видно из результатов проведенных исследований вышеприведенный способ уменьшения сублимации и летучести позволяет значительно сократить нежелательные явления, приводящие к загрязнению окружающей среды.

Список литературы

1. Китайгородский А. И. Молекулярные кристаллы. — М.: Наука, 1971. — 305 с.

2. Лекции по экологическому мониторингу [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.kristall.lan.krasu.ru/Edication/Lecture/Expertiza/lec5.html>, свободный.
3. Мухутдинов А. А., Нелюбин А. А., Ильясов Р. С. и др. Экологические аспекты модификации ингредиентов и технологии производства шин. — Казань: Изд-во "Фэн", 1999. — 400 с.
4. Эмануэль Н. М., Кноре Д. Г. Курс химической кинетики. — М.: Высшая школа, 1969. — 432 с.
5. Ангерт Л. Г., Зенченко А. И., Кузьминский А. С. Улетучивание ингредиентов из полимеров // Коллоидный журнал. — 1960. — Т. 22. — № 1. — С. 2—8.

УДК 628.543.142

М. Е. Пантюкова, асп., С. В. Мазлова, асп., Т. П. Павлова, канд. техн. наук, М. В. Шулаев, д-р техн. наук, доц., С. В. Фридланд, д-р хим. наук, проф., Казанский государственный технологический университет
E-mail: pantyukova@mail.ru

Интенсификация биологической очистки сточных вод стимуляторами процесса

Приведены данные исследования целесообразности использования меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты для интенсификации биологической очистки сточных вод. Установлено, что меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты обеспечивает стимуляцию жизнедеятельности микроорганизмов активного ила, повышает степень очистки сточных вод по различным показателям.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, янтарная кислота, меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты, динамика изменения, биостимулятор

Pantyukova M. E., Mazlova S. B., Pavlova T. P., Shulaev M. V., Fridland S. V.
Intensification of biological sewage process stimulators

Researches about expediency of use melamin salts bisoxsimetilfosfin acids for an intensification of biological sewage treatment are conducted. It is established that melamin salt bisoxsimetilfosfin acids provides stimulation of ability to live of microorganisms of active silt, raises sewage treatment degree on various indicators.

Keywords: biological sewage treatment, amber acid, melamin salt bisoxsimetilfosfin acids, dynamics of change, a biostimulator

При постоянно возрастающем объеме и изменении технологий производств органического и нефтехимического синтеза весьма актуальной ос-

тается задача интенсификации процессов биологической очистки сточных вод.

Известно, что некоторые органические соединения выполняют функцию активизации функционирования живого вещества. Наиболее часто в качестве биологически активного вещества применяется такой препарат как янтарная кислота и ее производные [1]. Вместе с тем дефицит этого продукта и избирательная активность к определенным биообъектам требует изысканий новых эффективных соединений. Таким образом, поиск соединений, способствующих эффективной биоочистке сточных вод, является актуальной задачей.

В связи с этим было исследовано влияние одного из биостимуляторов сельскохозяйственного назначения — меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты на микроорганизмы активного ила в процессе биологической очистки промышленно-бытовых сточных вод ОАО "Казаньоргсинтез", определена эффективность в сравнении с янтарной кислотой и возможность ее использования.

Меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты представляет собой кристаллический порошок белого цвета. Соединение малотоксично для теплокровных (LD₅₀ 2000 мг/кг на мышах и 6000 мг/кг на крысах) и не обладает ДНК — повреждающей и мутагенной активностью в широком диапазоне концентраций, не требует особых условий хранения и используется как стимулятор роста растений [2].

Известно, что многие природные и синтетические биологически активные вещества проявляют биоэф-



фекты в области низких ($10^{-10} \dots 10^{-4}$ моль/л) и сверхнизких ($10^{-20} \dots 10^{-11}$ моль/л) концентраций [3, 4]. Так меламинавая соль бисоксиметилфосфиновой кислоты в концентрациях $10^{-7} \dots 10^{-8}$ % повышает урожайность на 9,8...42,8 % [2]. Исследования этой соли при интенсификации очистки почв от нефтепродуктов биообъектами также свидетельствует об эффективности ее использования [5].

В соответствии с поставленной целью была исследована биологическая очистка сточных вод с применением меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты. Результаты сравнивались с традиционной биологической очисткой, т. е. без добавления стимулятора. Процесс очистки проводился в присутствии меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты в концентрации 10^{-6} мг/дм³, а в контрольном аэротенке — традиционная биологическая очистка.

Сравнение эффективности очистки осуществлялось по изменению интегрального показателя очистки сточных вод — химическому потреблению кислорода (ХПК).

Данные эксперимента, представленные на рис. 1, показали, что в условиях применения меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты очистка идет более эффективно по сравнению с традиционной биологической очисткой. Так за 1 ч эксперимента значение ХПК с 850 мгО₂/дм³ снизилось до 270 мгО₂/дм³ в то время как при традиционной биологической очистке значение ХПК к этому времени составило всего 520 мгО₂/дм³. А в конце эксперимента опытный аэротенк обеспечивал на 5 % более глубокую очистку сточной воды, чем контрольный.

Помимо исследований влияния меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты на сумму загрязняющих веществ производства ОАО "Казаньоргсинтез" были проведены исследования по очистке воды от индивидуальных соединений.

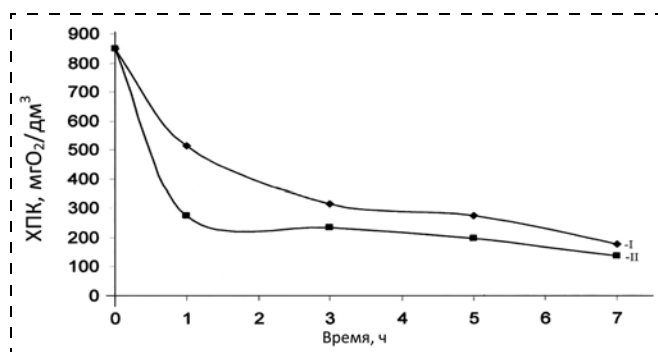


Рис. 1. Кинетика изменения ХПК в системах очистки:
I — биологическая очистка без добавления стимулятора; II — биологическая очистка при добавлении меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты в концентрации 10^{-6} мг/дм³

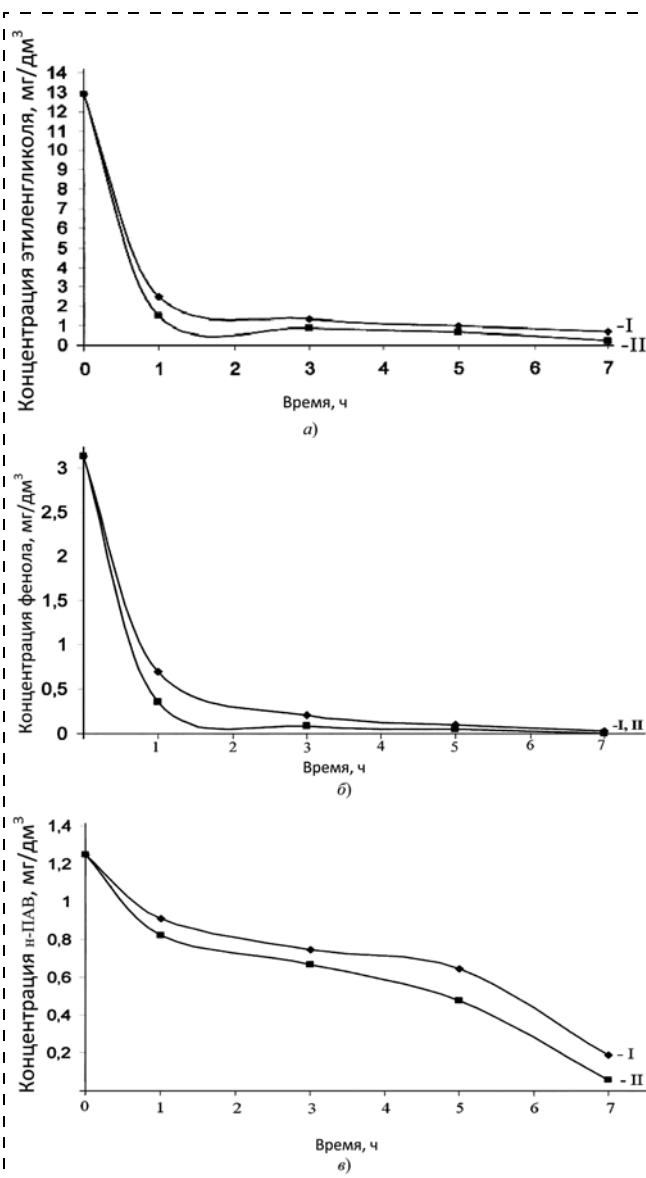


Рис. 2. Кинетика изменения концентрации этиленгликоля (а), фенола (б) и н-ПАВ (в) в системах очистки:
I и II — то же, что на рис. 1

На рис. 2 соответственно представлены данные по концентрациям этиленгликоля, фенола и неионогенных ПАВ (н-ПАВ) в поступающей и очищенной воде при биологической очистке сточных вод с применением меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты в концентрации 10^{-6} мг/дм³ по сравнению с традиционной биологической очисткой.

Из экспериментальных данных, представленных на рис. 2, а, видно, что система биологической очистки с применением меламинавой соли бисоксиметилфосфиновой кислоты обеспечила на 3,5 % более эффективную очистку сточной воды от этиленгликоля по сравнению с традиционной биологической очисткой.

Из экспериментальных данных (см. рис. 2, б) по концентрационному показателю содержания фенола видно, что степень очистки с применением меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты ко 2-му часу на 6,3 % выше по сравнению с традиционной биологической очисткой.

Проанализировав результаты экспериментов, отображенные на рис. 2, в, можно сделать вывод, что в большей степени меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты повлияла на содержание в сточной воде н-ПАВ, ибо степень очистки от которых оказалась эффективнее на 10,7 % по сравнению с традиционной биологической очисткой.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты в концентрации 10^{-6} мг/дм³ способствует более глубокой очистке сточных вод от исследуемых загрязнений.

Для характеристики эффективности действия меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты было проведено также исследование по биологической очистке аналогичных загрязняющих веществ с применением янтарной кислоты. В качестве контрольного аэротенка использовалась система биологической очистки с помощью янтарной кислоты. Концентрация биологически активных веществ в обоих аэротенках составила 10^{-6} мг/дм³. ХПК поступающей воды составляло 690 мгО₂/дм³, рН = 6,9 при температуре 23 °С.

На рис. 3—4 соответственно представлена динамика изменения значений ХПК, концентраций н-ПАВ, этиленгликоля и фенола в поступающей и очищенной воде при биологической очистке сточных вод с применением меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты в сравнении с биологической очисткой с применением янтарной кислоты.

Данные эксперимента, представленные на рис. 3, показали, что в условиях внесения меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты и янтарной кислоты очистка идет с одинаковой эффективностью.

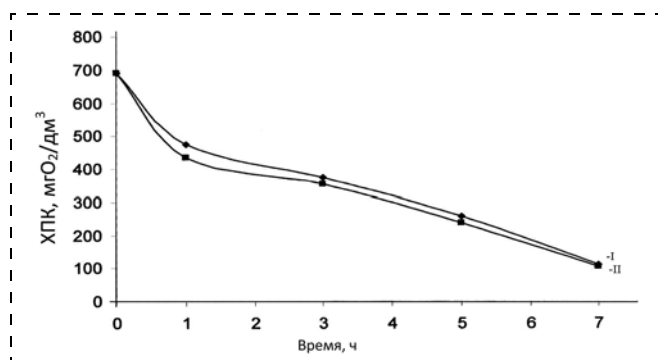


Рис. 3. Кинетика изменения ХПК в системах очистки:

I — биологическая очистка в условиях добавления меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты в концентрации 10^{-6} мг/дм³; II — биологическая очистка при добавлении янтарной кислоты в концентрации 10^{-6} мг/дм³

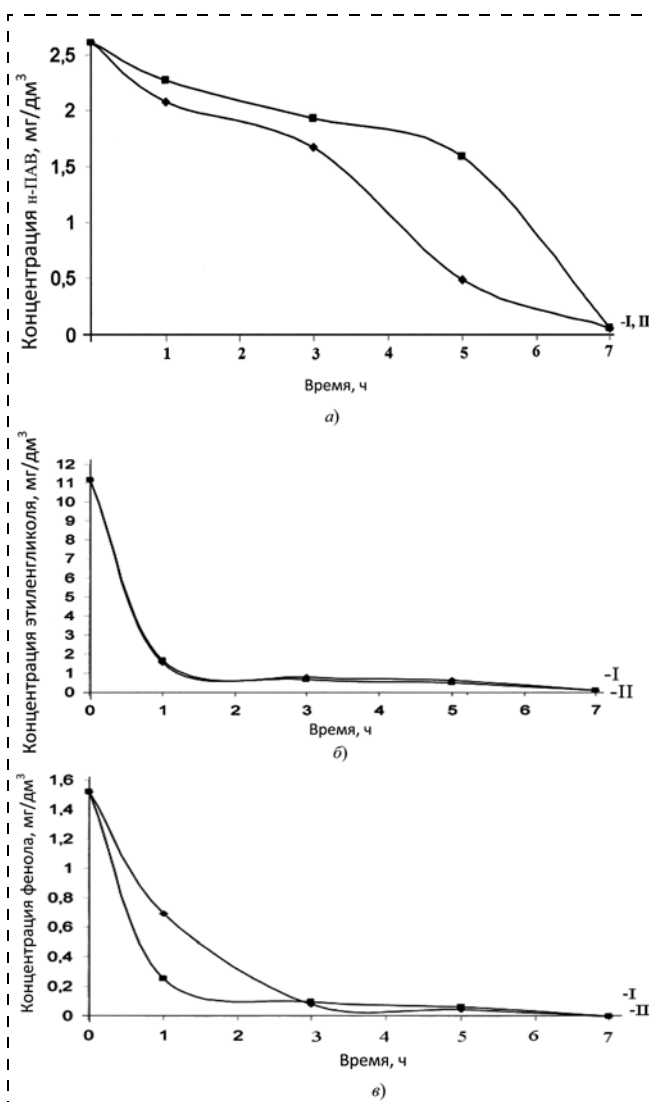


Рис. 4. Кинетика изменения концентрации н-ПАВ (а), этиленгликоля (б) и фенола (в) в системах очистки:

I и II — то же, что на рис. 3

Данные по концентрации н-ПАВ (см. рис. 4, а) показывают, что спустя 5 ч в системе биологической очистки с применением меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты концентрация н-ПАВ была значительно ниже, чем при биологической очистке с применением янтарной кислоты (0,48 и 1,59 мг/дм³ соответственно). Несмотря на это в конце эксперимента степень очистки в обеих системах составила 97,9 %.

Из экспериментальных данных (см. рис. 4, б) по концентрационному показателю содержания этиленгликоля видно, что степень очистки с применением меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты и с применением янтарной кислоты составила в обеих системах 99,2 %.

Результаты, представленные по изменению концентрации фенола (см. рис. 4, в), показывают,



что ко 2-му часу в системе биологической очистки с применением меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты концентрация фенола была значительно ниже, чем при биологической очистке с применением янтарной кислоты. Несмотря на это, в конце эксперимента степень очистки в обеих системах составила 99,8 %.

По данным, представленным на рис. 3—4, можно сделать вывод, что по всем исследуемым показателям (концентрация фенола, этиленгликоля, н-ПАВ и по ХПК) меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты не уступает общеизвестному биологически активному веществу — янтарной кислоте и оказывает схожий стимулирующий эффект.

По результатам исследования о целесообразности использования меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты для интенсификации биологической очистки сточных вод ОАО "Казаньоргсинтез" можно сделать следующие выводы.

1. Применение меламина соли бисоксиметилфосфиновой кислоты и янтарной кислоты при биологической очистке сточных вод обеспечивает стимуляцию жизнедеятельности микроорганизмов активного ила, повышает степень очистки сточных вод по ХПК на 5 %, по концентрации этиленгликоля на 3,5 %, по концентрации фенола на 6,3 %, а наилуч-

шим образом меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты повлияла на содержание в сточной воде н-ПАВ, степень очистки от которого оказалась эффективнее на 10,7 %.

2. Меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты по всем показателям не уступала общеизвестному биостимулятору — янтарной кислоте. Применение янтарной кислоты не целесообразно ввиду ее дефицита и соответственно большой цены, в то время как меламина соль бисоксиметилфосфиновой кислоты является более доступным и дешевым веществом. К тому же она устойчива при хранении в водном растворе длительное время.

Список литературы

1. Хиггинс И., Бест Д., Джонс Дж. Биотехнология: принципы и применение / Пер. с англ. — М.: Мир, 1988. — 480 с.
2. Фаттахов С. Г., Резник В. С., Коновалов А. И. Меламина соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты (Мелафен) как регулятор роста и развития растений нового поколения // Сборник научных трудов 13-ой международной конференции по химии соединений фосфора. — СПб., 2002. — 80 с.
3. Бурлакова Е. Б. Биоантиоксиданты // Ж. Рос. хим. общества им. Менделеева. — 1999. — Т. 43. — № 5. — С. 3—11.
4. Бурлакова Е. Б. Эффект сверхмалых доз // Ж. Рос. хим. общества им. Менделеева. — 2007. — Т. 51. — № 1. — С. 3—12.
5. Захарова К. А. Интенсификация процесса очистки нефтезагрязненных почв с использованием препарата "Мелафен" — К.: КГТУ, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2007. — 20 с.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 351.778.34:628.31

С. Н. Песков, асп., Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, г. Пенза
E-mail: serg_peskov87@mail.ru

Проблемы очистки ливневых сточных вод, поступающих в реку Сура с территории города Пензы

Показаны основные причины загрязнения реки взвешенными веществами, поступающими с территории города. Разработаны меры по улучшению качества поверхностных сточных вод, попадающих в реку Суру, путем создания ливневой канализации и очистительных сооружений. Предложены рекомендации по установке очистительных установок.

Ключевые слова: загрязнение, поверхностные стоки, очистительное сооружение, водоем, экологическая политика

Peskov S. N. Problems of clearing of storm sewage arriving in the river Sura from the city territory Penza

In article principal causes of pollution of the river by the weighed substances arriving with a city territory are shown. Measures on improvement of quality of superficial sewage getting to Sura by creation of the storm water drain and cleaning constructions are developed. Recommendations about installation and clearing of cleaning installations are created.

Keywords: pollution, superficial drains, a cleaning construction, a reservoir, the ecological policy

Введение

В настоящее время проблема чистоты реки Сура очень актуальна, так как река является главной в Пензенской области и рекреационным местом на-

селения г. Пензы. Основной причиной антропогенного загрязнения реки является сброс в водоем неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод промышленными предприятиями, коммунальным хозяйством, дренажно-ливневой канализацией.

Теоретический анализ

Проблема очистки ливневых и талых вод с городской территории изучена слабо. Даже в развитых европейских странах вопрос о необходимости очистки поверхностного стока с городских дорог, с асфальтированных площадей, был поставлен на повестку дня только в последние годы. Вместе с тем при строительстве и эксплуатации дорог, зданий и других сооружений, при интенсивности транспортного потока 20 000...50 000 автомобилей в сутки загрязнение ливневых и талых сточных вод нефтепродуктами, взвешенными веществами, тяжелыми металлами достигает экологически опасных уровней. Особенно остро стоит вопрос по очистке ливневого стока с мостов и эстакад при пересечении реки.

Одной из проблем при оценке влияния городских строек, автодорог и т. д. на поверхностный сток является отсутствие точных величин исходного загрязнения сточных вод. Количество загрязняющих веществ в ливневых водах по разным источникам существенно отличается [1—3]. Известно, что на содержание загрязняющих веществ оказывает большое влияние интенсивность дождя, продолжительность предшествующего бездождевого периода и интенсивность транспортного потока, уборка улиц и другие факторы. Было подтверждено, что наибольшая концентрация загрязненных веществ в стоках будет в первые 10...30 мин от начала дождя (что примерно совпадает с пиковой интенсивностью дождя). Причем концентрация взвешенных веществ будет максимальной в начальный период дождя, потом постепенно будет снижаться, а в конце дождя концентрация может снова возрастать.

В периоды образования гололеда производится обработка поверхности дорог антигололедными солями в смеси с песком или жидкими растворами. При этом ледяная корка тает и поверхность дорог свободна от снега и ледяной корки. Количество антигололедных солей, внесенных в 2009 г., составило около 19 000 т. Согласно ВСН 20-87 [4] количество распределяемых за зимний сезон противогололедных солей на дорогах, проходящих через II дорожно-климатическую зону, не должно превышать верхней границы — 2 кг/м² покрытия. При накоплении хлористого натрия

до 0,2 кг/м² в снеге следует прекратить внесение хлоридов и использовать другие методы борьбы с гололедом. По данным исследований, концентрация хлоридов в снеге "сухих" снегосвалок достигает 3700 мг/л, что превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в воде в 11 раз.

Количество песка, входящего в состав антигололедных смесей, которыми посыпают дорогу, также составляло десятки тонн, что способствовало многократному увеличению грубодисперсных веществ в талых водах [5].

Сброс загрязненных ливневых вод осуществляется в основном за счет поперечного уклона в местную гидрографическую сеть:

- в мелиоративные каналы и коллекторы;
- в водотоки;
- в городскую канализационную сеть.

Таким образом, большинство ливневых и талых вод поступает без очистки в Суру. Обильные дожди собирают с большой площади грубодисперсные вещества с частицами размером более 0,5 мм, грубодисперсные эмульгированные частицы, микрочастицы размером более 0,01 мм, нефтепродукты в количестве <5 мг/л, вещества, экстрагируемые серным эфиром, коллоидными частицами размером от 0,1 до 10 мкм и другие разнообразные загрязняющие химические элементы.

Основное загрязнение реки загрязняющими веществами происходит в черте города (рис. 1). По данным наблюдений, воды реки Сура по индексу загрязнения вод (ИЗВ) характеризуются как "очень загрязненные", удельный комбинаторный индекс загрязнения воды равен 3,73 (см. рис. 1). Наиболее распространенными загрязняющими веществами в водотоках бассейна реки Сура являются соединения железа, марганца, фенолы, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), соединения меди, соединения азота (ионы аммония и нитриты). Максимальная концентрация фенолов, наблюдаемая во время дождя, достигала 10 ПДК. Среднегодовые концентрации железа общего составили 0,9 ПДК, а его максимальное содержание 3,3 ПДК (в створе "выше города"). Среднегодовое содержание фенолов — 1,9 ПДК, а максимальное — 3 ПДК. Уровень загрязнения воды соединениями

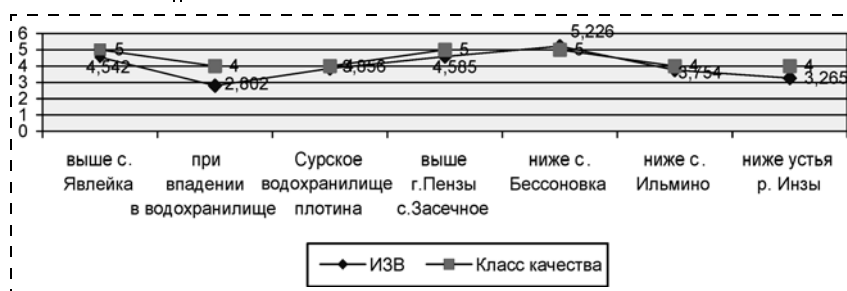


Рис. 1. Качество воды реки Сура



меди в черте города и в створе "ниже города" составил более 5 ПДК. Уровень загрязнения взвешенными веществами составляет 2,9 ПДК, а их максимальное содержание — на уровне 13 ПДК в створе "выше города" [6].

Таким образом, исходное загрязнение реки Сура и рек, впадающих в нее, в пределах города в местах стока высокое и по отдельным ингредиентам превышает ПДК. В этих условиях прямой сброс неочищенных ливневых вод с дорог, промышленных площадок, жилых зон с необорудованными местами для ТБО (твердых бытовых отходов) в реки недопустим, а согласно СанПиН 2.1.4.027—95 — запрещен [7]. С целью доведения нормативных показателей по качеству сбрасываемых сточных вод в реки до разрешенных экологическими требованиями разработана концепция водоотведения ливневых стоков с их повсеместной очисткой и дальнейшим попаданием в реку. Такая масштабная очистка реки от взвешенных веществ предусмотрена впервые. Размещение и тип локальных сооружений определялись с учетом местных условий, характера и схемы водоотвода, производительности очистных сооружений, возможности отведения ливневых вод в канализационную сеть с мостов, эстакад, путепроводов и других технико-экономических показателей. При этом в черте города учитывались требования к составу и качеству сбросных сточных вод.

По картам определялись схожие территории для проектирования дренажно-ливневой канализации с последующим созданием либо простейших очистительных сооружений для очистки от неорганических взвешенных веществ, либо более дорогих очистительных сооружений, способных очистить поверхностные стоки от различных органических соединений. К простейшим очистным сооружениям относятся разнообразные отстойники, фильтровальные колодцы и др., сущность работы которых состоит в механическом методе: из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения — нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Данные сооружения могут быть многообразными как по конструкции, так и по очистительной способности.

Экспериментальная часть

Для исследования во II квартале 2010 г. на реке были сконструированы две простейшие очистительные станции по очистке ливневых вод, поступающих в реку, от механических примесей, нефтепродуктов, различных токсинов (рис. 2). Стан-

ция № 1 при строительстве планировалась как гравитационная, а станция № 2 как фильтрующая. Станция № 1 изготовлена из металлической емкости объемом 3 м³. Вода подается в отстойник через трубу 1, затем движется по кольцевому каналу, который образован цилиндрическим корпусом 2 и цилиндрической перегородкой 3. В процессе вертикального движения сточная вода встречает на своем пути отражающее кольцо 4, которое направляет воду во внутреннюю полость перегородки 3, а более тяжелые частицы примеси продолжают свое движение вниз и накапливаются в сборнике 5. Накопившийся осадок периодически удаляют через трубу 7. При помощи нефтеловушек, бензомаслоуловителей откачивается пленка с поверхности воды 6. Накопившейся осадок возможно также отправлять в специально созданный рядом отстойник, который располагается ниже основного, что позволяет скапливать больше грубодисперсных веществ под действием гравитации.

Такая очистка позволяет выделять из сточных вод до 80 % нерастворимых примесей. Отбор проб происходил после обильного кратковременного дождя. Содержание взвешенных веществ до очистки у станции № 1 достигало 20,6 мг/л, после очистки 4,12 мг/л, у станции № 2 — 19,3 и 1,9 мг/л соответственно. Таким образом, при прохождении через очистительную станцию № 1 происходит снижение количества грубодисперсных элементов более чем в 5 раз. Для уменьшения количества

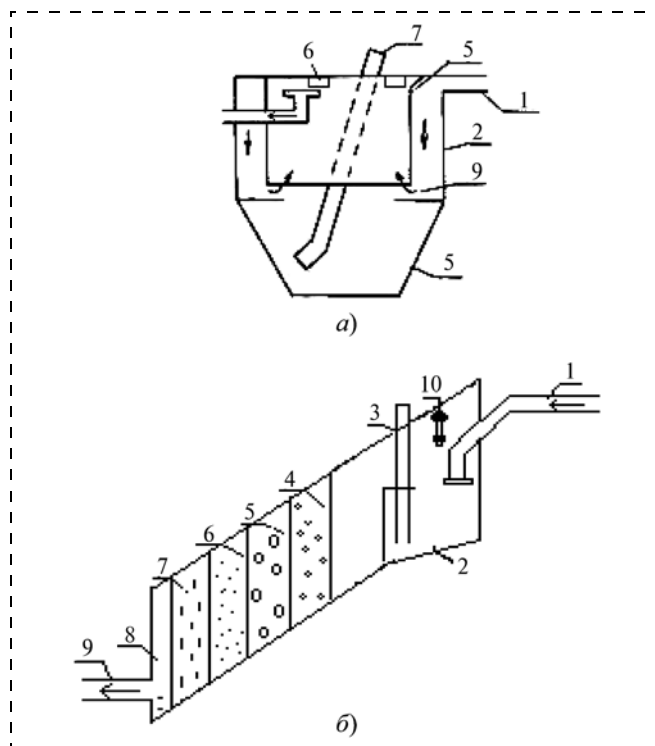


Рис. 2. Схемы станций № 1 (а) и № 2 (б)

взвешенных веществ до 1 мг/л и меньше в отстойник необходимо поместить наиболее усовершенствованные решетки, сетки и другие объекты, способствующие минимизации загрязняющих веществ в стоках. Формы и размеры очистных сооружений достаточно многообразны и зависят в основном от материальной базы и ведения экологической политики региона. Постройка отстойников зависит от рельефа территории и количества сточных вод, поступающих на очистку, они могут быть как подземные, так и наземные с разнообразным очистительным оборудованием внутри.

В фильтрационной станции № 2 в качестве фильтра использовались гравий, щебень, крупнозернистый песок и фунгит. Очистительное сооружение было изготовлено из металлической емкости объемом 4 м³, внутренняя полость была поделена на ряд секций, в качестве перегородок выступали сита с диаметром отверстий 1 мм, а в секции, разделяющей крупнозернистый песок от других фильтратов, — 0,5 мм. Каждой секции соответствовал свой фильтрат (4 — гравий, 5 — щебень, 6 — крупнозернистый песок, 7 — фунгит). Толщина слоев фильтров 30 см. Вода поступает через трубу 1 и попадает в отстойник 2, где происходит оседание грубодисперсных веществ, которые при максимальном накоплении утилизируют через специальную трубу 3, затем вода проходит непосредственно через фильтрат, очищаясь как от крупнодисперсных веществ, так и от некоторых органических соединений, находящихся в стоках. В последней стадии очистки вода проходит через шунгит, в котором обнаружены фуллерены, высокомолекулярные соединения углерода, напоминающие собой микросетки, из которых построены сферические образования. Внутри фуллеренов, как в лечебных капсулах, могут находиться другие атомы — представители почти всей периодической системы элементов.

Благодаря фуллеренам шунгит приобрел абсорбирующие свойства, которые так хорошо очищают воду. Но шунгит не только удаляет из воды вредные примеси, но и обогащает ее полезными минералами — практически всеми из таблицы Менделеева. Благодаря простейшим фильтрам происходит очистка сточных вод от тонкодисперсных веществ до 1,9 мг/л (это количество может достигать максимального значения 0,2 мг/л), снижение количества нефтепродуктов, фенолов, соединений азота. Таким образом, при довольно незначительных затратах удалось уменьшить количество взвешенных веществ в 10 раз и более. В каждой секции предусмотрена крышка для утилизации и замены фильтра. Очищенная вода попадает в секцию 8, в которой происходит очистка от незначительного содержания нефтепродуктов и затем поступает в реку через водоотведение 9.

Для станций № 1 и 2 предусмотрено автоматическое слежение 10 за количеством накопленных

загрязняющих веществ в очистительных сооружениях. При минимальном и среднем количестве накопленных веществ в отстойнике вода поднимается до уровня, при котором поплавков автоматического слежения находится на минимальном уровне. При переполнении отстойника увеличивается уровень воды и происходит поднятие поплавка до запрограммированного уровня, оповещающая либо визуальным (горением разного рода светодиодов на пульте слежения), либо звуковым сигналом о необходимости очистки отстойников.

Выводы

Основными положительными сторонами простейших очистных сооружений являются небольшие затраты на строительство, возможность практически повсеместного расположения, простота очистки и своевременная сигнализация заполнения отстойников, фильтрование через недорогие природные материалы, расположение на склоне реки, в данные сооружения возможна установка более совершенных компонентов и можно проводить очистку биологическими, физико-химическими методами и т. д.

Основными недостатками станции № 1 являются: во-первых, станция предназначена для очистки только грубодисперсных веществ и нефтепродуктов, во-вторых, при долговременных обильных дождях количество взвешенных веществ после очистки увеличивается. К недостатку станции № 2 относится достаточно долгий процесс фильтрования. При наиболее тщательной очистке сточных вод необходимо приобретение более дорогого оборудования, которое способно очистить поверхностные воды различными методами до питьевых норм.

Естественно, что сооружения по очистке сточных вод обязательно должны быть на предприятиях, сбрасывающих наибольшее количество загрязняющих веществ в реку Сура (МППУ Горводоканал 41,8 %, ТЭЦ 51,7 %). Необходимо иметь программу, контролирующую очистку сточных вод предприятия, и при нарушении данной программы должно быть предусмотрено строжайшее наказание лиц, ответственных за состояние реки вблизи предприятия.

До начала создания очистительных сооружений был разработан проект создания дренажно-ливневой канализации на всем протяжении реки. На берегах установлены основные ливневые водостоки, оборудованные лотками, стекающими в мелиоративные каналы и коллекторы, городскую канализационную сеть, в водотоки. При создании данных водотоков основывались на том, чтобы поверхностные стоки попадали в водоем только после прохождения через очистительные сооружения, которые установлены в местах впадения канализационных, мелиоративных, коллекторных вод в реку.



Исследования, проводимые по очистке вод, показали, что основную массу загрязняющих веществ в осадке составляют обезвоженный песок, ил, незначительное количество гравия и щебня. При надежном обеззараживании они могут быть использованы при производстве дорожных работ, изготовлении строительных материалов, засыпке болот при строительстве дорог, зданий и других сооружений, при дальнейшем разделении осадка возможно создание различного рода удобрений для сельского хозяйства и других целей.

В заключение необходимо отметить, что проектирование и строительство дренажно-ливневой системы проводилось под знаком сохранения и экологической защиты природных ресурсов и в том числе водных ресурсов от загрязнения и истощения, что является весьма актуальной темой.

Проектирование строительства сооружений для очистки ливневых сточных вод было выполнено впервые в практике отечественного строительства.

Список литературы

1. Бухолдин А. А., Горяинов Э. И., Рокшевская А. В. и др. Особенности состава поверхностного стока с территории городов // Проблемы охраны вод. Вып. 5. — Харьков: ВНИИВО, 1974.
2. Дикаревский В. С., Курганов А. М., Ничаев А. П., Алексеев М. И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. — Л.: Стройиздат, 1990. — 224 с.
3. Временные методические рекомендации по определению объема, состава поверхностных сточных вод и количества загрязняющих компонентов, поступающих с ними в водные объекты. — СПб., 1995.
4. ВСН 20—87. Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. — М.: Транспорт, 1988.
5. Асонов А. М., Ильясов О. Р. Биотехнология очистки талых вод полигонов для хранения снега с городских территорий // Тезисы докладов конференции "Акватерра". СПб. 9—12 ноября 1999.
6. Доклад Министерства природных ресурсов Пензенской области об экологическом состоянии области, 2009 год.
7. СанПиН 2.1.4.027—95. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.841.4

Я. С. Киселев, д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ,
О. А. Хорошилов, канд. техн. наук, доц., Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы МЧС России
E-mail: pbtp-ugps@mail.ru

Определение критических параметров гашения пламени в сухих огнепреградителях

Приведены формулы для определения критических параметров гашения пламени в сухих огнепреградителях, учитывающие зависимость критического диаметра гашения пламени от длины каналов и начальной температуры. Полученные формулы, по сравнению с известными, являются более универсальными. Показано, что формула Я. Б. Зельдовича справедлива для определения критического диаметра гашения пламени в длинном канале, а формула Хольма—Соколика — для тонкой сетки.

Ключевые слова: сухие огнепреградители, критический диаметр и длина огнегасящего канала

Kisselev Ya. S., Khoroshilov O. A. Determination of critical parameters extinguishing of the flame in dry fire barriers

The formulas for determining the critical constructive parameters of extinguishing the flame in a dry industrial fire barriers, taking into account the dependence of the critical diameter of flame extinguishing on the length of channels and the initial temperature. The formulas obtained are compared with known, are more versatile. It is shown that the formula Y. B. Zeldovich valid for determining the critical diameter of flame extinguishing in a long channel, and the formula Holm—Sokolik — for the fine mesh.

Keywords: fire barriers, critical diameter and length of extinguishing channel

В соответствии с положениями статьи 59 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [1], одним из направлений противопожарной защиты промышленных объектов явля-

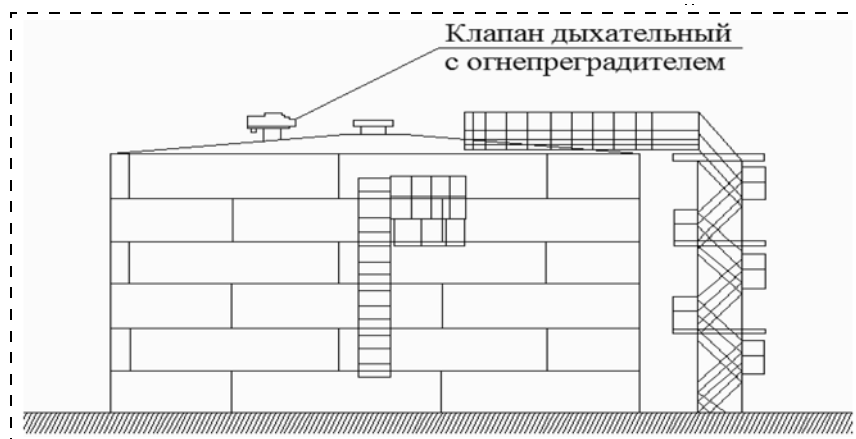


Рис. 1. Установка огнепреградителей на дыхательной арматуре резервуаров

ется применение устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага. На технологических системах предприятий нефтегазовой, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности в качестве таких защитных устройств используются сухие промышленные огнепреградители, которые свободно пропускают потоки паро- или газозоудшных горячих смесей через твердую пламегасящую насадку (пламегасящий элемент), но в то же время препятствуют распространению пламени в случае возникновения пожара или взрыва.

Сухие огнепреградители устанавливаются на дыхательной арматуре резервуаров и других емкостных аппаратов (рис. 1); межаппаратных и межцеховых коммуникациях, газоуравнительных обвязках резервуаров (рис. 2); факельных системах (рис. 3).

В зависимости от конструктивного исполнения пламегасящего элемента различают огнепреградители [3, 9]: сетчатые, пластинчатые, кассетные, а также с пламегасящими элементами из пористых и гранулированных материалов.

Пламегасящим элементом *сетчатых огнепреградителей* (рис. 4) является пакет, состоящий из нескольких металлических сеток, который уплотняется в корпусе с помощью прокладок.

В *пластинчатых огнепреградителях* (рис. 5) пламегасящий элемент представляет собой пакет, состоящий из гофрированных пластин или чередующихся плоских и гофрированных пластин, между которыми имеется щелевой зазор.

В *кассетных огнепреградителях* (рис. 6) пламегасящий элемент представляет собой плотный рулон, полученный намоткой на центральный

стержень сложенных вместе плоской и гофрированной лент. В поперечном разрезе такой рулон представляет собой ячеистую структуру с треугольными каналами основанием 3...4 мм и высотой 0,7...1,25 мм. В качестве материала лент используются алюминиевая фольга, коррозионно-стойкая сталь или никель.

Пламегасящим элементом *огнепреградителей с насадкой из пористого материала* (рис. 7) является металлокерамика и металловолокно, представляющие собой обычно диски или трубки, спеченные из гранул металлического порошка, отрезков или витков тонкой проволоки.

Огнепреградители с *насадкой из гранулированного материала* (рис. 8) представляют собой корпус, в котором между поддерживающими решетками расположена насадка из стальных, агалитовых или фарфоровых шариков, зерен гравия, кварца или другого прочного термостойкого материала.

В основу действия сухих огнепреградителей положен принцип гашения пламени в узких каналах. Согласно теории распространения пламени, описанной в работе [6], пламя (зона реакции) распространяется в исходную, холодную горячую смесь

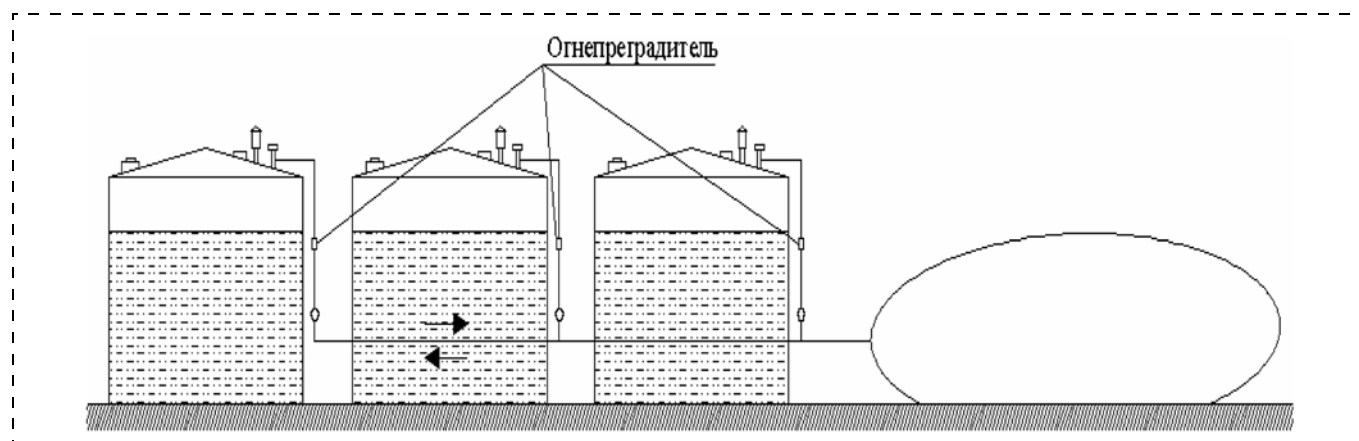


Рис. 2. Установка огнепреградителей на газоуравнительных обвязках резервуаров

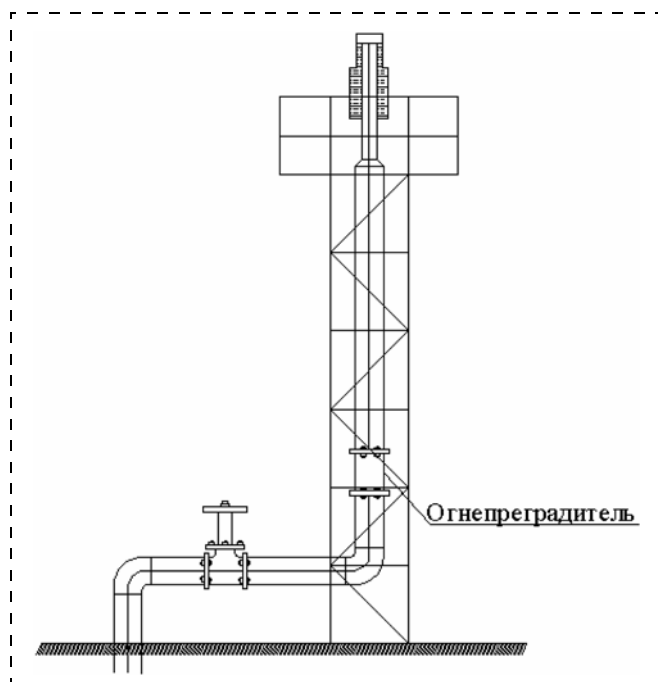


Рис. 3. Установка огнепреградителей на факельных системах

вследствие того, что между пламенем и исходной смесью имеется градиент температуры и концентраций. Теплота из зоны реакции благодаря теплопроводности распространяется в свежую смесь и нагревает ее. Происходит также диффузия продуктов реакции и активных частиц из зоны реакции в исходную смесь и из исходной смеси в зону реакции. Таким образом, в нагретой и разбавленной активными частицами и продуктами реакции смеси начинается химическая реакция, которая перемещается в направлении исходной смеси.

Поскольку передача теплоты из зоны реакции в исходную смесь является основным процессом, с помощью которого пламя распространяется по смеси, то очевидно, что отдача теплоты непосредственно из зоны реакции стенкам канала и отток теплоты в охлаждающиеся продукты реакции являются процессами, тормозящими распространение пламени. Потери теплоты в стенки канала вызывают понижение температуры горения в зоне реакции, растяжение этой зоны, увеличение времени протекания реакции и уменьшение скорости распространения пламени. Соответственно, при уменьшении диаметра канала увеличивается его поверхность на единицу массы реагирующей смеси, т. е. возрастают тепловые потери из зоны реакции на единицу массы смеси. Когда эти потери достигают некоторой критической величины, температура горения и скорость реакции настолько уменьшаются, что дальнейшее распространение пламени становится невозможным.

Используя положения данной теории, легко объяснить принцип действия сухих огнепреградителей. В сухом огнепреградителе сплошной поток пламени на входе в пламегасящие каналы огнепреградителя разбивается на большое число тонких струек. При этом в узких каналах пламегасящего элемента создаются условия, при которых теплоотвод к стенкам каналов превышает тепловыделение в зоне реакции горения. В результате этого скорость реакции окисления резко падает, температура в зоне горения снижается до температуры ниже температуры зажигания, распространение горения прекращается. Эффект гашения тем выше, чем меньше диаметр пламегасящих каналов.

В работе [6] Я. Б. Зельдович, используя метод теории подобия, установил, что на пределе гаше-

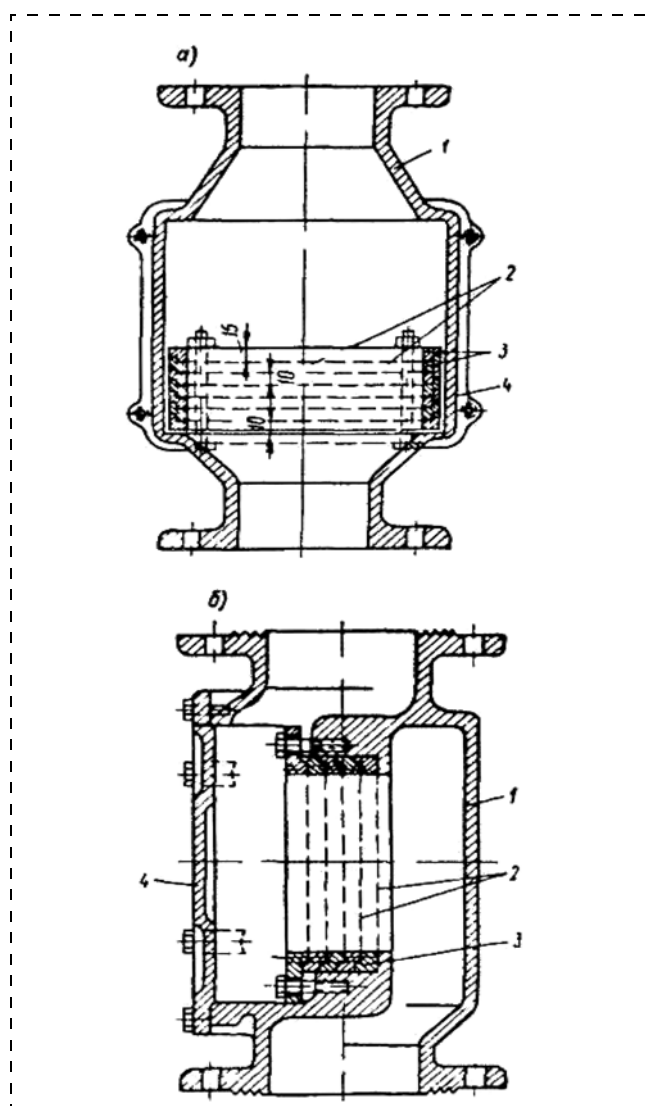


Рис. 4. Сетчатые огнепреградители:

а — с поперечным расположением сеток; б — с продольным расположением сеток; 1 — корпус; 2 — сетки; 3 — прокладки; 4 — крышка

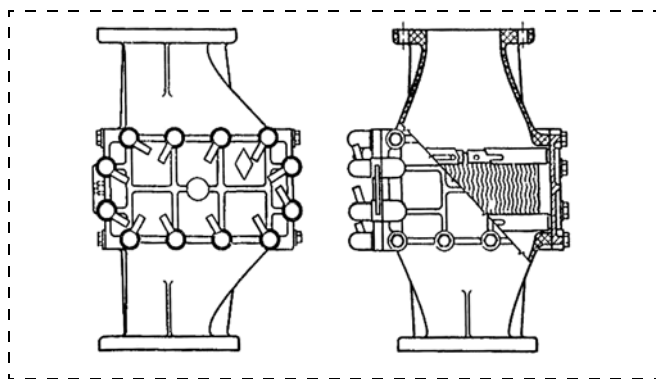


Рис. 5. Пластиновые огнепреградители

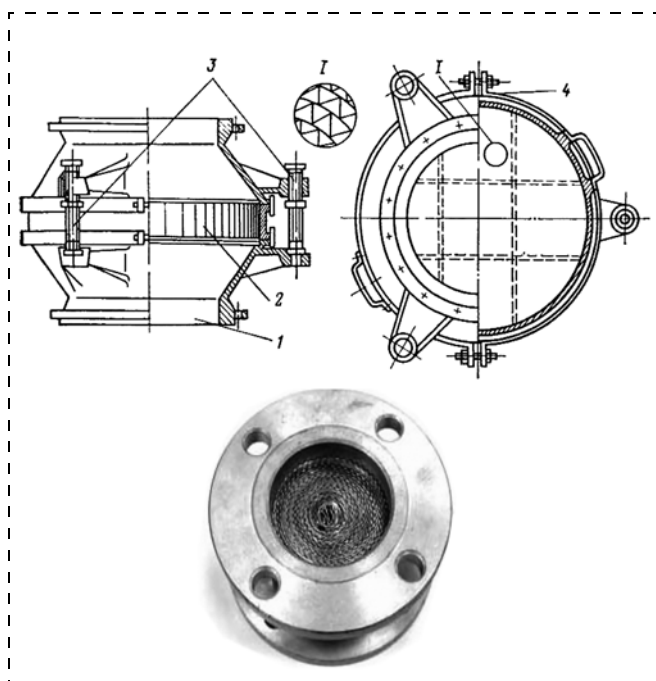


Рис. 6. Кассетные огнепреградители:

1 — корпус; 2 — кассета; 3 — домкраты; 4 — хомут

ния пламени достигается постоянство безразмерного критерия Пекле:

$$Pe_{кр} = \frac{U_n d_{кр}}{a} = \text{const}, \quad (1)$$

где U_n — нормальная скорость распространения пламени, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$, $d_{кр}$ — критический диаметр гашения пламени, м ; a — коэффициент температуропроводности исходной смеси, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Численное значение критерия Пекле на пределе гашения пламени приблизительно равно 65. С учетом этого критерия размер критического диаметра гашения пламени $d_{кр}$ вычисляется по формуле:

$$d_{кр} = \frac{Pe_{кр} a}{U_n}. \quad (2)$$

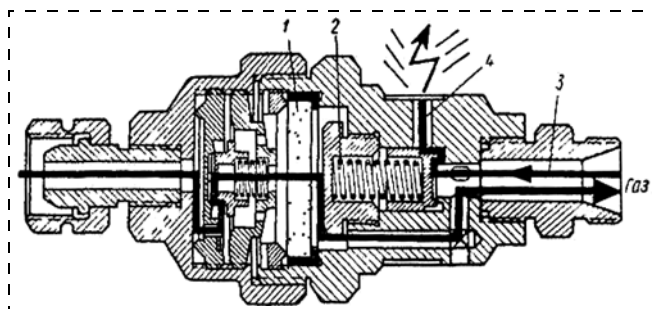


Рис. 7. Огнепреградители с пламегасящим элементом (насадкой) из пористого материала:

1 — металлокерамическая насадка; 2 — пружина разгрузочного клапана; 3 — направление обратного удара взрывной волны; 4 — отверстие для сброса давления

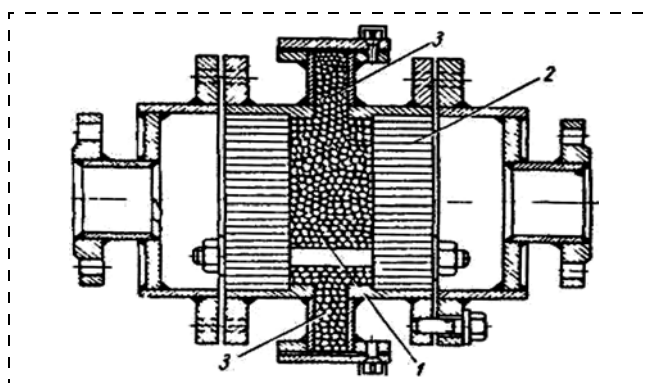


Рис. 8. Огнепреградители с пламегасящим элементом (насадкой) из гранулированного материала:

1 — пламегасящая насадка из шариков; 2 — решетка с охлаждающими ребрами; 3 — запас шариков для компенсации потерь

Учитывая, что выражение (1) получено исходя из ряда допущений и упрощений, при разработке конструкций огнепреградителей безопасный диаметр огнегасящего канала $d_{без}$ принимают в два раза меньше расчетного критического диаметра гашения пламени, вычисленного через критерий Пекле. Окончательно огнегасящий диаметр определяют экспериментально.

Величину $d_{без}$ на практике используют для расчета размеров гасящих каналов различной конфигурации с учетом конструктивных особенностей пламегасящих элементов огнепреградителей. Так, в кассетных огнепреградителях значение $d_{без}$ является высотой в треугольных огнегасящих каналах, полученных намоткой на центральный стержень сложенных вместе плоской и гофрированной лент. В пластиновых огнепреградителях ширина плоского канала (щелевого зазора) должна быть в 1,4 раза меньше $d_{без}$. В огнепреградителях с насадкой из гранулированных материалов для того, чтобы был достигнут эффект гашения пламени, диаметр гранул $d_{гр}$ должен подбираться с учетом соотношения $d_{без} = 0,36d_{гр}$.



Следует отметить, что в работе [6] Я. Б. Зельдович предполагает, что длина огнегасящего канала и начальная температура значительно не влияют на условия гашения пламени. Однако строгих закономерностей, подтверждающих данные предположения, до настоящего времени обнаружено не было.

В настоящей статье приведены полученные авторами формулы, учитывающие зависимость критического диаметра гашения пламени от длины каналов и начальной температуры.

Зависимость диаметра гашения пламени от длины канала

При распространении горения в канале горячая смесь тепловым потоком от пламени через площадь поперечного сечения канала S нагревается от начальной температуры T_H до температуры зажигания T_3 . Затем эта смесь нагревается от температуры зажигания T_3 до температуры горения T_r .

Мощность, Вт, затрачиваемая на нагревание этой массы от начальной температуры до температуры зажигания, определяется выражением

$$N = U_H c_p \rho (T_3 - T_H) S, \quad (3)$$

где U_H — нормальная скорость распространения горения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; c_p — удельная теплоемкость, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; ρ — плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; S — площадь поперечного сечения канала, м^2 ; T_3 , T_H — температура зажигания, К, и начальная температура, К.

Теплоемкость нагреваемой массы

$$C_{\Pi} = V_r \cdot c_p \cdot \rho, \quad (4)$$

где V_r — объем нагреваемой массы, м^3 .

Отношение N/C_{Π} характеризует скорость изменения температуры горючей среды P_+ при ее нагревании

$$P_+ = \frac{N}{C_{\Pi}} = \frac{U_H S c_p \rho (T_3 - T_H)}{V_r c_p \rho}. \quad (5)$$

После сокращения имеем

$$P_+ = \frac{U_H S (T_3 - T_H)}{V_r} = \frac{U_H S \Delta T_3}{V_r}. \quad (6)$$

Производная dP_+/dT при температуре зажигания T_3 определяется следующим образом:

$$\left. \frac{dP_+}{dT} \right|_{T_H} = m_c = \frac{U_H S}{V_r}. \quad (7)$$

Эта величина характеризует темп нагревания m_c , с^{-1} .

Критическим условиям зажигания (потухания) в канале соответствует равенство темпов нагрева-

ния m_c и охлаждения m_{ox} при температуре зажигания. Используя относительный градиент n , согласно описанию в работах [10–12], темп охлаждения представляем в виде

$$m_{ox} = \frac{naF}{R_x V_r}, \quad (8)$$

где n — относительный температурный градиент ($n = 2$); F — площадь поверхности теплообмена, м^2 ; R_x — расстояние от центра до стенки канала (радиус), м.

Относительный температурный градиент n в формуле (8) представляет собой безразмерный параметр, равный отношению истинного температурного градиента на теплообменной поверхности $\text{grad } T$ к среднему перепаду температур между теплофизическим центром ΔT_{Π} и поверхностью ΔT_n :

$$n = \frac{\text{grad } T}{(\Delta T_{\Pi} - \Delta T_n)/R_x}. \quad (9)$$

Равенство темпов нагревания m_c и охлаждения m_{ox} можно записать соотношением

$$\frac{U_H S}{V_r} = \frac{naF}{R_x V_r} \quad (10)$$

или

$$U_H S = na \frac{F}{R_x}. \quad (11)$$

Из соотношения (11) имеем

$$R_x = \frac{naF}{U_H S}. \quad (12)$$

Полученное соотношение имеет следующий физический смысл. Отношение $\frac{na}{U_H}$ равно ширине

зоны прогрева $L_{\text{пр}}$, а F/S равно отношению площади поверхности теплообмена канала F к площади его поперечного сечения S .

Применительно к диаметру цилиндрического канала

$$d_{\text{кр}} = \frac{2naF}{U_H S}. \quad (13)$$

Полученная формула (13) является искомой. Она дает аналитическую зависимость величины $d_{\text{кр}}$ огнепреграждающих устройств от величины F/S , которая является функцией длины канала.

В качестве примера рассмотрим три частных случая выполнения огнезадерживающего устройства:

- 1) в виде длинного цилиндрического канала;
- 2) с конечными размерами;
- 3) в виде тонкой сетки.

Напомним, что в теплотехнических расчетах неограниченно длинным считается канал, длина которого не менее чем в 4 раза превышает его диаметр. В таком канале теплообменом через его торцы можно пренебрегать.

У длинного цилиндрического канала боковая поверхность $F_6 = \pi d 4d = 4\pi d^2$, площадь сечения канала $S = \pi d^2/4$. Отношение $F/S = 16$, следовательно, для длинного цилиндрического канала

$$d_{кр} = \frac{2na}{U_n} 16 = \frac{32na}{U_n}. \quad (14)$$

Напомним, что в настоящее время для расчета критического диаметра гашения пламени $d_{кр}$ используется формула Я. Б. Зельдовича [2, 6, 8, 9]:

$$d_{кр} = \frac{Pe_{кр} a}{U_n}, \quad (15)$$

где $Pe_{кр}$ — критическое значение критерия Пекле.

Из равенств (13) и (15)

$$Pe_{кр} = 2n \frac{F}{S} = 32n. \quad (16)$$

При $n = 2$

$$Pe_{кр} \cong 64, \quad (17)$$

что находится в полном соответствии с экспериментальными данными [9]. Отсюда следует, что формула Я. Б. Зельдовича пригодна для расчета критического диаметра огнегасящего канала длиной, равной не менее четырем диаметрам.

Опираясь на работы Я. Б. Зельдовича [6], Л. Хольма [4, 5] и А. С. Соколика [7], многие авторы считают, что эффект гашения пламени в узких каналах не зависит от длины канала. Эти представления вошли в нормативные документы [2] и в учебную литературу [8]. Рассмотрим, соответствует ли это действительности.

Для примера длину канала L примем равной его диаметру. В этом случае поверхность теплообмена F_n будет состоять из боковой поверхности $F_6 = \pi d d = \pi d^2$ и одной площади сечения канала $F_c = \frac{\pi d^2}{4}$.

Полная поверхность теплообмена

$$F_n = F_6 + F_c = \frac{5}{4} \pi d^2. \quad (18)$$

Подставляя значения F_n и S в (13), после преобразования получим

$$d_{кр} = \frac{10na}{U_n} \cong \frac{20a}{U_n}. \quad (19)$$

Сравнивая равенство (19) с выражением (14) можно сделать вывод, что с уменьшением длины канала эффект гашения ухудшается. Поэтому для обеспечения гашения пламени с уменьшением длины канала его огнегасящий диаметр должен также уменьшаться. В этом случае формула Я. Б. Зельдовича для расчета $d_{кр}$ через критерий Пекле (15) не пригодна, так как безразмерный параметр $2n \frac{F}{S} = 20$, а не 64.

Если эту же задачу решить для тонкой сетки, когда $F = S$, то

$$d_{кр} = 2 \frac{na}{U_n}. \quad (20)$$

Из сравнения равенств (20) и (14) видно, что эквивалентный размер сетки меньше критического диаметра длинного канала в 16 раз. В монографии [12] показано, что ширина зоны прогрева $L_{пр} = \frac{na}{U_n}$. Поэтому эквивалентный размер ячейки сетки равен двум зонам прогрева

$$d_{кр} = 2L_{пр}. \quad (21)$$

Таким образом, представления о том, что эффект гашения пламени не зависит от длины огнегасящего канала, являются ошибочными. Это утверждение справедливо лишь для каналов с длиной, превышающей четыре огнегасящих диаметра.

Следует отметить, что Я. Б. Зельдович рассматривал гашение пламени в длинном канале. Влияние его размеров на эффект гашения он не анализировал. Поэтому ссылаться на вывод Я. Б. Зельдовича о том, что диаметр огнегасящего канала не зависит от его длины, необоснованно.

Влияние начальной температуры на эффект гашения пламени

При решении задачи гашения пламени в узких каналах через темпы нагревания и охлаждения исключим из рассмотрения зависимость диаметра огнегасящего канала от начальной температуры T_n , что упростит аналитическое решение задачи.

Введем в теоретическую модель гашения пламени начальную температуру огнепреграждающего устройства. Для этого критические условия гашения будем определять не через равенство темпов нагрева-



ния m_c и охлаждения $m_{ох}$, а через равенство скоростей тепловыделения и теплоотвода.

Решим эту задачу сначала для двух конкретных случаев: для канала длиной $L \geq 4d_{кр}$ и для тонкой сетки при $L \rightarrow 0$. При решении этих задач в первом случае можно пренебречь теплоотводом через торцы канала, а во втором — через боковую поверхность.

Площадь теплообмена для цилиндра длиной $4d$

$$F_6 = \pi d 4d = 4\pi d^2. \quad (22)$$

Удельный тепловой поток через единицу поверхности цилиндра

$$\lambda \text{grad } T = n\lambda \frac{T_3 - T_H}{d/2} = 2n\lambda \frac{T_3 - T_H}{d}, \quad (23)$$

где λ — коэффициент теплопроводности, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$.

Скорость теплоотвода от горючей смеси к стенкам канала

$$Q'_{ст} = 2n\lambda \frac{T_3 - T_H}{d} 4\pi d^2 = 8\pi d^2 n\lambda \frac{T_3 - T_H}{d}. \quad (24)$$

При гашении пламени часть теплоты расходуется на нагревание продуктов горения от T_3 до T_H

$$Q'_{гор} = \frac{\pi d^2}{4} U_H c_p \rho (T_H - T_3). \quad (25)$$

Скорость тепловыделения на пределе гашения пламени

$$Q'_{гор} = \frac{\pi d^2}{4} U_H q_H, \quad (26)$$

где q_H — низшая теплота сгорания, $\text{Дж} \cdot \text{м}^{-3}$.

Отсюда, уравнение теплового баланса при гашении пламени в узком канале с длиной $L = 4d_{кр}$ можно записать следующим образом:

$$\frac{\pi d^2}{4} U_H q_H = \frac{\pi d^2}{4} U_H c_p \rho (T_H - T_3) + 8\pi d n \lambda (T_3 - T_H). \quad (27)$$

Решая это уравнение относительно огнегасящего диаметра $d_{кр}$, получим

$$d_{кр} = \frac{32n\lambda(T_3 - T_H)}{U_H[q_H - (c_p \rho(T_H - T_3))]}. \quad (28)$$

Если фронт пламени при гашении его на сетке принять плоским, то на основе анализа теплового баланса получим

$$d_{кр} = \frac{2n\lambda(T_3 - T_H)}{U_H[q_H - c_p \rho(T_H - T_3)]}. \quad (29)$$

В обобщенном виде для любой длины огнегасящего канала

$$d_{кр} = \frac{2n\lambda(T_3 - T_H)}{U_H[q_H - c_p \rho(T_H - T_3)]} \frac{F}{S}. \quad (30)$$

При $F = S$ (тонкая сетка) и подстановке в уравнение (29) вместо температуры зажигания T_3 температуры самовоспламенения $T_{св}$ формула (29) преобразуется в известную формулу Хольма—Соколика [7, 8]

$$d_{кр} \cong \frac{4\lambda(T_{св} - T_H)}{U_H[q_H - c_p \rho(T_H - T_{св})]}. \quad (31)$$

В численных расчетах диаметра огнегасящего канала при подстановке в расчетную формулу (31) температуры самовоспламенения $T_{св}$ вместо температуры зажигания T_3 большой ошибки не будет. Расчетный критический диаметр гашения пламени окажется несколько меньше, чем при подстановке в формулу температуры зажигания T_3 . Однако из этого не следует делать вывод, что температура зажигания и стандартная температура самовоспламенения — это одна и та же физическая величина. Нет, это не так, что показано при анализе условий самовоспламенения и условий вынужденного зажигания в монографии [12].

Основные результаты и их обсуждение

Таким образом, в настоящей статье приведены расчетные формулы, учитывающие зависимость критического диаметра гашения пламени от длины каналов и начальной температуры. Полученные формулы, по сравнению с известными, являются более универсальными. Формулы Я. Б. Зельдовича и Хольма—Соколика вытекают из полученных как частные случаи, справедливые только в определенных условиях.

Теоретически важной представляется полученная кратность линейного размера огнегасящего канала (R_x) ширине зоны прогрева $L_{пр}$

$$R_x = KL_{пр}, \quad (32)$$

где $K = \frac{F}{S}$ и $L_{пр} = \frac{na}{U_H}$.

Это соотношение отражает физическую сущность гашения пламени на сетке и в канале. Рассмотрим ее.

Распространение горения в изотропной газовой среде подобно распространению света. Каждую точку на фронтальной поверхности пламени можно рассматривать как источник вторичных волн горения. При встрече с сеточным огнепреграждающим устройством фронтальная поверхность горения взаимодействует с сеткой и разбивается на

элементарные полусферы. Если размер ячейки сетки окажется больше диаметра элементарной полусферы горения, то огонь пройдет через сетку. Для гашения пламени на сетке необходимо, чтобы в центре ячейки сетки температура оказалась ниже температуры зажигания T_3 . Для этого половина определяющего размера ячейки сетки R_x должна быть не больше ширины зоны прогрева $L_{пр}$.

Иной механизм гашения пламени в узких каналах. В такие каналы пламя проникает на определенную глубину и приобретает форму "языка". Чем больше площадь сечения канала, тем на большую глубину внутрь него проникает пламя.

Эффект гашения пламени в этом случае определяется не шириной зоны прогрева $L_{пр}$, а соотношением интенсивностей тепловыделения внутри канала и отводом из него теплоты. С увеличением длины канала (до четырех диаметров) и уменьшением сечения канала скорость теплоотвода и эффект гашения возрастают.

В настоящее время сухие огнепреградители изготавливают с длиной огнегасящих каналов ≈ 10 см, что превышает расчетную длину канала $L = 4d_{кр}$ примерно в 10 раз. Удлинение каналов влечет за собой увеличение гидравлических потерь. Чтобы уменьшить гидравлическое сопротивление насадки, ее изготавливают большого диаметра, а это влечет за собой неоправданное увеличение металлоемкости, массы и стоимости огнепреграждающего устройства. К тому же, при большой толщине насадки (кассеты) ухудшается теплоотвод от центральных каналов, что приводит к прогару кассеты. Кассету с относительно короткими каналами легче охлаждать в условиях пожара, что повысит надежность работы сухих огнепреградителей.

Крайне важное значение имеет температура огнепреграждающего устройства. Гашение пламени возможно только в том случае, если начальная температура T_n ниже температуры зажигания T_3 . По мере приближения T_n к T_3 эффект гашения ухудшается и при $T_n = T_3$ становится равным нулю. В этом случае само огнепреграждающее устройство становится поджигающим.

Известны многочисленные случаи, когда во время пожара огнепреградитель не выполнял своего назначения (пропускал пламя), так как во время пожара не охлаждался. Так, при пожаре на Ангарском нефтеперерабатывающем комбинате пожар по газоравнительной обвязке с сухими огнепреградителями распространился на всю группу из 15 резервуаров. В качестве одного из недавних примеров можно отметить пожар, который произошел 22 августа 2009 г. в резервуарном парке линейной производственно-диспетчерской станции "КОНДА" на территории Кондинского района

Ханты-Мансийского автономного округа. Пожар получил быстрое развитие из-за проскока пламени через огнепреградитель, установленный на газоравнительной обвязке резервуаров. Ущерб от пожара составил более 145 млн руб.

Имеются и положительные примеры. Так, при тушении пожара на Киришском нефтеперерабатывающем заводе дыхательные системы резервуаров с бензином были обернуты мешковиной и интенсивно орошались водой, что предотвратило распространение пожара от горящего резервуара на соседние.

В расчетную формулу (30) входит температура зажигания T_3 . Если в расчетах вместо T_3 подставить стандартную температуру самовоспламенения $T_{св}$, то это приведет к некоторому уменьшению расчетного значения $d_{кр}$ и тем самым повысит надежность пламегашения.

Рассмотрим более подробно области применения полученных формул (13) и (30). Первая из них применима, как и формула Я. Б. Зельдовича (15), для расчета критического диаметра гашения пламени при температурах окружающей среды много ниже температуры зажигания. Формула (30) является более универсальной. Она позволяет определять величину критического диаметра гашения пламени при любой начальной температуре и при любой длине канала.

Остановимся на влиянии длины огнегасящего канала на эффект гашения пламени. Согласно формуле (13) при увеличении длины канала свыше четырех диаметров эффект гашения практически не должен улучшаться. Однако из результатов испытаний следует, что при длительном воздействии пламени относительно короткий огнепреградитель быстрее пропускает пламя, чем более длинный, и потому более массивный огнепреградитель. Эти результаты наблюдений легко объясняются с помощью формулы (30). Так, если на одном конце огнепреградителя стабилизируется горение, то он начнет прогреваться от горячего торца к холодному. При этом, чем длиннее насадка огнепреградителя, тем дольше будут прогреваться огнегасящие каналы, тем более длительно фактический огнегасящий канал будет обеспечивать гашение пламени. Однако время его защитного действия остается ограниченным. Когда на торцевой части огнепреградителя температура достигает значения T_3 , происходит воспламенение смеси в защищаемом объеме, т. е. огнепреградитель теряет свою защитную функцию.

Как показывает практика, современные огнепреградители, устанавливаемые на резервуарах с нефтепродуктами, во время пожара сравнительно быстро прогреваются и, если во время пожара их не охлаждают, то они пропускают пламя. В этой связи, видимо, целесообразно пересмотреть требования к огнепреградителям.



При решении этой проблемы, очевидно, надо отказаться от использования формулы (15). Как видно из формулы (16), критерий Пекле равен удвоенному произведению относительного градиента n и отношения площади поверхности теплообмена огнегасящего канала к площади проходного сечения канала. Для достаточно длинного канала, когда его длина не менее чем в четыре раза превышает диаметр, это отношение равно тридцати двум.

Из той же формулы (16) с учетом работ [10, 11] следует, что улучшить эффект гашения за счет интенсификации теплообмена горючей среды со стенками канала, практически не представляется возможным. Поэтому наиболее перспективным направлением следует считать применение огнепреградителей с теплообменными устройствами, использование которых позволяет обеспечить принудительный теплоотвод от пламегасящего элемента и корпуса огнепреградителя.

Существующие системы сухих огнепреградителей целесообразно сохранить только там, где они подвергаются кратковременному воздействию огня и где их большая масса и большое гидравлическое сопротивление экономически и технологически оправданы.

Список литературы

1. **Федеральный закон** от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. **ГОСТ Р 12.3.047—98.** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
3. **ГОСТ Р 53323—2009.** Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. **Holm L.** Phil. Mag. — 1932. — N 14. — P. 18.
5. **Holm L.** Phil. Mag. — 1933. — N 15. — P. 329.
6. **Зельдович Я. Б.** Теория предела распространения тихого пламени // ЖЭТФ. — 1941. — № 1. — Т. 11. — С. 159—169.
7. **Соколик А. С.** Самовоспламенение, пламя и детонация в газах. — М.: Изд. АН СССР, 1960. — 427 с.
8. **Алексеев М. В.** Основы пожарной профилактики в технологических процессах производств. М.: ВШ МВД СССР, 1972. — 339 с.
9. **Стрижевский И. И., Заказнов В. Ф.** Промышленные огнепреградители. — М.: Химия, 1974. — 264 с.
10. **Киселев Я. С.** Критерий неравномерности нагрева // I международная конференция по полимерным материалам пониженной горючести: Тезисы докладов. — Т. 1. — Алма-Ата: АН СССР, 1990. — С. 54—56.
11. **Киселев Я. С.** О едином подходе к рассмотрению вопросов тепло- и массообмена в задачах пожарной безопасности судов и других объектов транспортного комплекса // Проблемы противопожарной защиты судов: Сборник научных трудов ВНИИПО. — М., 1991. — С. 26—39.
12. **Киселев Я. С., Хорошилов О. А., Демехин Ф. В.** Физические модели горения в системе пожарной безопасности: Монография / Под общей редакцией В. С. Артамонова. — СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2009. — 348 с.

УДК 614.842.4

Суслов А. П., Добрынин О. С., Смирнов Ю. Д., Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г. В. Плеханова (Технический университет)
E-mail: qwerik@list.ru

Пожарная безопасность как одна из основ защиты студентов и преподавателей в современном вузе

Рассмотрен опыт Санкт-Петербургского государственного горного института имени Г. В. Плеханова в решении вопросов пожарной безопасности на территории объектов учебы и жизни студентов и преподавателей. Особое внимание уделено созданию специального отдела и диспетчерской службы, занимающегося вопросами пожарной защиты.

Ключевые слова: пожарная безопасность, слаботочные сети, технический регламент, диспетчерская служба, адресно-аналоговые системы

Suslov A. P., Dobrinin O. S., Smirnov Yu. D.
Fire safety, as one of based on protection of students & professors in the innovation HIGH SCHOOL

In given article experience of Themining institute, St.-Petersburg, in the decision of questions of fire safety in territory of objects of study and a life of the students and the teachers is observed. The special attention is given creation of special department and the dispatching service, prosecuting by subjects of fire protection.

Keywords: fire safety, low-current networks, technical regulations, dispatching service, address-analog systems

Одним из основных направлений работы любой государственной структуры является повышение состояния защищенности личности и имущества от пожаров и их последствий посредством принятия мер по результатам проверок соблюдения требований пожарной безопасности.

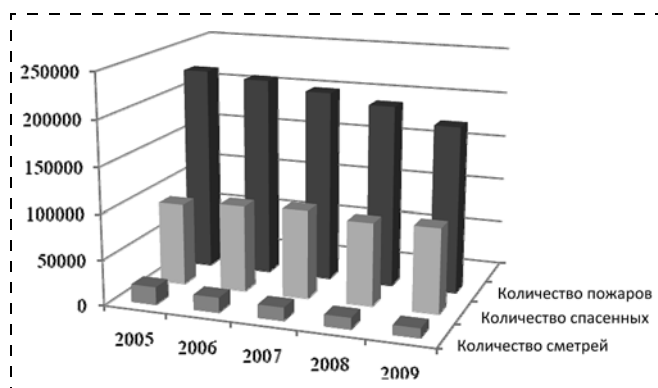


Рис. 1. Динамика пожароопасности в РФ за 2005—2009 гг.

На рис. 1 показана статистика пожаров, спасенных и жертв на территории Российской Федерации за 5 лет [1].

Положительные тенденции снижения количества пожаров (на 18 %) и смертей на пожарах (24 %) за 5 лет свидетельствуют о том, что в целом система обеспечения пожарной безопасности функционирует стабильно, в первую очередь, благодаря переходу на более высокий качественный уровень контроля пожарным надзором и неукоснительным исполнением соответствующих предписаний.

Важным инструментом регулирования вопросов пожарной безопасности является применение современных требований и норм, основанных на опыте современного строительства. До 2008 г. на территории РФ существовало более 1500 документов, регламентирующих такие правила. Их применение было неудобно, находились разночтения, и правильная трактовка требовала большого опыта инсталлятора. В настоящее время принят федеральный закон и 12 приложений — сводов правил к нему [2], определяющих основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и устанавливающих общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том числе к зданиям, сооружениям и строениям, промышленным объектам, пожарнотехнической продукции и продукции общего назначения.

Основными задачами федерального закона являются:

- достижение комплексного обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, в том числе имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества (включая территорию, здания, сооружения, транспортные

средства, технологические установки, оборудование, агрегаты, изделия и иное имущество);

- установление минимально необходимых требований пожарной безопасности к различным видам продукции;

- внедрение методов оценки пожарного риска, широко используемых в наиболее развитых странах мира.

Надзорными органами особое внимание уделяется проведению публичных мероприятий с одновременным пребыванием более 50 человек, введены новые требования к кабельной продукции и оснащению спасательной техникой высотных общественных зданий с проживанием людей. Тем самым эти требования напрямую относятся к инфраструктуре практически любого вуза. В настоящее время в РФ насчитывается более 2800 вузов и филиалов, а по достоверным данным не более 10 % зданий и сооружений оборудованы автоматической пожарной сигнализацией, выведенной напрямую на пульт пожарной охраны. Такая мера пожарной защиты объекта применяется для того, чтобы исключить так называемый "человеческий фактор", когда из-за невнимательности или попустительства ответственных лиц теряются первые драгоценные минуты, так необходимые для организации качественного пожаротушения.

В зданиях и сооружениях вузов Санкт-Петербурга за последние пять лет произошло 43 аварии (рис. 2). Материальный ущерб по официальным данным составил за данный промежуток времени 1 025 030 рублей. Основными причинами возгораний являлся человеческий фактор и короткое замыкание в электрических сетях.

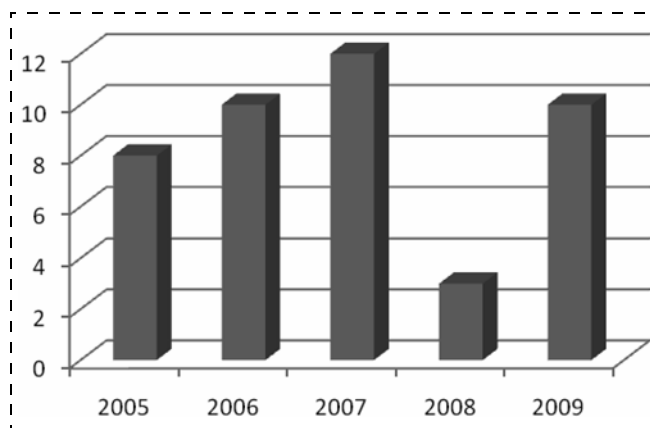


Рис. 2. Количество пожаров в вузах г. Санкт-Петербурга (2005—2009 гг.)



Анализ ряда крупных пожаров, происшедших в РФ в зданиях с массовым пребыванием людей (ночные клубы, общежития, дома престарелых), позволил выделить основные причины, а именно:

- позднее сообщение о пожаре;
- невозможность подъезда пожарной техники к зданиям;
- несоблюдение требований пожарной безопасности, регламентирующих порядок действий работников и персонала при пожаре;
- неработоспособность автоматических систем противопожарной защиты зданий и сооружений.

Очаг пожара чаще всего возникает при появлении в пожароопасной среде инициирующего локального источника теплоты: горящая сигарета, бумага, перегрев электроприборов и т. п. Развитию пожара способствует приток воздуха, обогащенного кислородом [3].

Пожар возможно проанализировать современными извещателями на всех стадиях возгорания. Горение твердых горючих материалов, как правило, начинается с тления и изменения состава воздуха (лазерные извещатели, аспирационная система). Термический распад сопровождается выделением дыма, который под действием тепловых потоков разносится в окружающее пространство (дымовой извещатель). При дальнейшем повышении локальной температуры в очаге пожара появляется открытое пламя (извещатель пламени). При развитии очага характерны большие скорости тепловых потоков. Для их обнаружения используются тепловые извещатели или спринклерные системы пожаротушения. На рис. 3 (см. 3-ю стр. обложки) показан сравнительный анализ (время срабатывания и стоимость) различных видов извещателей. Можно сделать вывод, что наиболее эффективными по данным показателю являются дымовые извещатели. Использование же извещателей тепловых и пламени в помещениях с постоянным изменением параметров микроклимата могут привести к ложным срабатываниям (кухни, котельные и т. п.).

Эффективность работ систем пожарной сигнализации (СПС) зависит от применяемого класса СПС: шлейфовая, адресная пороговая, адресно-аналоговая.

В неадресных (шлейфовых) системах извещатели имеют фиксированный порог чувствительности, при этом группа извещателей включается в общий шлейф пожарной сигнализации, в котором в случае срабатывания одного из приборов пожарной сигнализации формируется обобщенный сигнал тревоги, что сильно снижает ее надежность.

Адресные пороговые системы отличаются наличием в извещении информации об адресе прибора пожарной сигнализации, что позволяет определить зону пожара с точностью до места расположения извещателя.

Адресно-аналоговая пожарная сигнализация является наиболее информативной и развитой. В такой системе применяются "интеллектуальные" извещатели пожарной сигнализации, в которых текущие значения контролируемого параметра вместе с адресом передаются прибором по шлейфу пожарной сигнализации. Такой способ мониторинга используется для раннего обнаружения тревожной ситуации, получения данных о необходимости технического обслуживания приборов вследствие загрязнения или других факторов. Кроме того, адресно-аналоговые системы позволяют, не прерывая работу пожарной сигнализации, программно изменять фиксированный порог чувствительности извещателей при необходимости их адаптации к условиям эксплуатации на объекте.

Наиболее эффективной СПС является комбинация интеллектуальной дымовой адресно-аналоговой системы в небольших помещениях (менее 80 м²) и шлейфовой СПС для коридоров и залов большой площади. Таким образом устроены системы пожарной сигнализации на объектах Санкт-Петербургского государственного горного института имени Г. В. Плеханова (СПГГИ), что позволило при существенной экономической выгоде снизить время обнаружения возгорания, точного определения его места и обеспечить его последующую ликвидацию без существенного материального ущерба.

Для полного исключения возможности распространения пожара на объектах СПГГИ в 2008 г. был создан отдел слаботочных сетей. В его задачу входит интегрирование современных систем, таких как: пожарная сигнализация; оповещение о пожаре; система контроля доступа; охранная сигнализация; охранное телевидение; система управления вентиляцией и диспетчеризация.

Для контроля работы и эксплуатации всех вышеперечисленных систем в СПГГИ была создана диспетчерская служба, а в учебных центрах № 1 и № 2 организованы посты для несения круглосуточной службы дежурными диспетчерами.

Структура отдела слаботочных сетей СПГГИ представлена на рис. 4. Ниже перечислены основные задачи отдела.

1. Эксплуатация систем связи, пожарной сигнализации, оповещения о пожаре, диспетчеризации СПГГИ, учебных центров, общежитий и учеб-

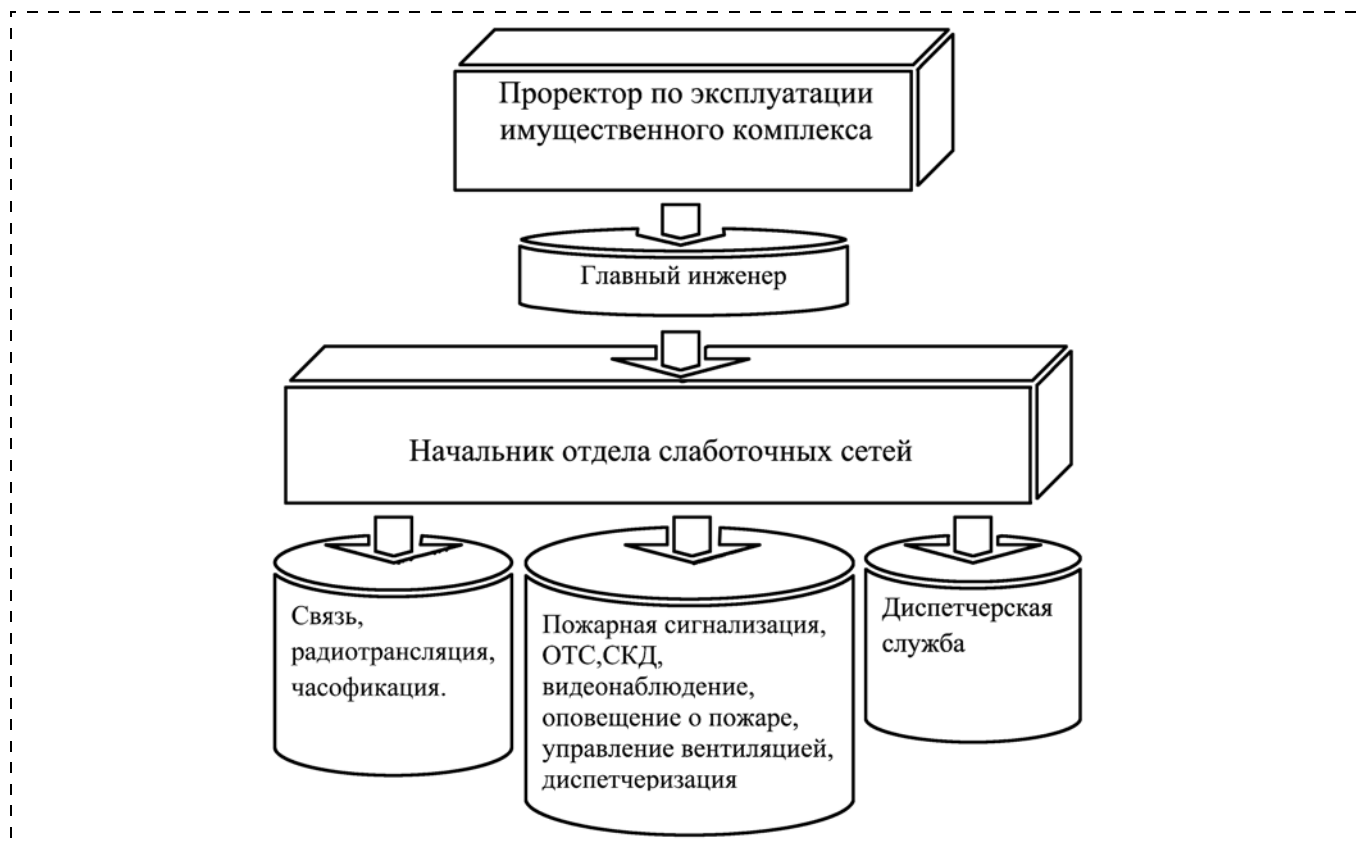


Рис. 4. Структура отдела слаботочных сетей СПГГИ (ОТС — охранно-тревожная сигнализация; СКД — система контроля доступа)

ных баз практик с необходимым техническим надзором.

2. Заключение договоров с подрядными организациями, выбранными на конкурсной основе.

3. Технический надзор за работой подрядных организаций.

4. Планирование приобретения материальных ресурсов, потребных для эксплуатации слаботочных систем СПГГИ.

5. Заключение договоров с организациями, обеспечивающими СПГГИ связью, радиофикацией, а также со службой времени.

Сведения обо всех сигналах основных систем сводятся в помещение специально оборудованной диспетчерской (рис. 5 — см. 3-ю стр. обложки). Информация от каждого извещателя, зоны прохода и камеры отображаются на мониторах компьютеров. Также предусмотрена работа указанных систем в автономном режиме в течение 8 ч.

За последнее время более 70 % объектов института были оборудованы современными системами пожарной сигнализации и речевого оповещения о

пожаре. В дальнейшем планируется реализация полной пожарной защиты учебных центров, учебных баз и общежитий со сведением всей информации на основной диспетчерский пульт. Применение же научного подхода к выбору типа пожарных извещателей и оборудования позволит сделать систему пожарной сигнализации действительно эффективным средством безопасности и уменьшит риск травмирования студентов и преподавателей.

Статья подготовлена при поддержке Отдела надзора за пожарной безопасностью на особо важных пожароопасных объектах и особо ценных объектах культурного наследия г. Санкт-Петербурга.

Список литературы

1. Интернет ресурс: <http://www.mchs.gov.ru/stats/>
2. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
3. Щипицын С. М. Эффективность обнаружения пожароопасной ситуации // Системы безопасности. — 2008. — № 4.

УДК 372.8:368.3.001.25

Г. А. Балыхин, д-р экон. наук, проф., председатель Комитета Государственной Думы по образованию, **А. П. Бердашкевич**, канд. юрид. наук, помощник депутата Государственной Думы
E-mail: ceducate@duma.gov.ru

Об особенностях преподавания курса ОБЖ

Воспитание и образование в школе должны быть ориентированы на формирование активного молодого члена общества, который осознает свои и уважает чужие права и интересы. Важно предвидеть и избегать конфликтных ситуаций, а не только находить из них выход.

Ключевые слова: обеспечение безопасности жизнедеятельности (ОБЖ); социальные и общественные конфликты

Balihin G. A., Berdashkevich A. P. About features of teaching of a rate SAL

Education and formation at school should be focused on formation of the active young member of a community, which realizes and respects the another's rights and interests. It is important to expect and to avoid disputed situations, and not just to find from them an exit.

Keywords: safety of ability to live (SAL), social and public conflicts

Обеспечение безопасности жизнедеятельности молодого поколения России входят в число важнейших государственных задач. В образовательных программах многих стран мира имеются разделы по здоровью и безопасности ("health and safety"). Они предназначаются для подготовки молодежи к жизни в условиях опасностей различного вида. Опасность понимают как явление, процессы или объекты которого способны в определенных условиях наносить вред здоровью человека непосредственно или косвенно. Упомянутые программы обучения, как правило, содержат описание трех основных составляющих:

идентификацию вида опасности с указанием ее количественных характеристик и координат;

защиту от опасности на основе сопоставления затрат и выгод;

пути ликвидации возможных опасностей, а также минимизации негативных последствий воздействия на человека опасности.

В России курс "Основы безопасности жизнедеятельности" (ОБЖ) был введен с 1991 г.

Обучение детей вопросам безопасности осуществляют начиная с дошкольных образовательных учреждений. В 1995 г. была разработана программа "Основы безопасности детей дошкольного возраста", в соответствии с которой детям старших групп в игровой форме разъясняют правила дорожного движения, безопасного поведения в быту и другие элементарные понятия безопасного поведения.

Наиболее эффективное решение возникших задач в области ОБЖ достигается на ранних этапах общего образования. Детям и подросткам легче привить мотивы, побуждающие к соблюдению норм и правил безопасного поведения дома, на улице, в школе, на природе, в обществе и на производстве. Курс ОБЖ предназначен для воспитания "личности безопасного типа", хорошо знакомой с современными проблемами безопасности жизни и жизнедеятельности человека, осознающей их исключительную важность, стремящейся решать эти проблемы и при этом разумно сочетать личные интересы с интересами общества [1]. Системный курс ОБЖ имеет целью дать учащимся цельное представление о безопасности жизнедеятельности. Фрагментарное включение вопросов безопасности в имеющиеся предметы школьного обучения не имело бы системного характера и не позволило бы в необходимой мере использовать потенциал учебного процесса.

Воспитание детей и молодежи происходит в условиях экономического и политического реформирования, вызвавшего социальное расслоение общества, снижение жизненного уровня населения и иных негативных последствий. Развитие средств массовой информации и телекоммуникации преобразило информационное пространство, в котором происходит воспитательный процесс. Детям стал доступен поток информации, пропагандирующей насилие, вседозволенность, бескультурие и аморальность. Учащиеся часто предос-

тавлены сами себе и проводят время вне дома, в условиях, где по правилам игры выживает сильнейший [2]. Нагрузка на школу в части воспитания подрастающего поколения соответственно увеличилась.

Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) содержат совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего (полного) общего, начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования образовательными учреждениями, имеющими государственную аккредитацию.

Требования основных образовательных программ общего образования [3] содержат, в частности, следующие требования к учебному процессу:

развитие личности в ответственный период социального взросления человека (10—15 лет), ее познавательных интересов, критического мышления в процессе восприятия социальной (в том числе экономической и правовой) информации и определения собственной позиции; развитие нравственной и правовой культуры, экономического образа мышления, способности к самоопределению и самореализации;

освоение на уровне функциональной грамотности системы знаний, необходимых для социальной адаптации: об обществе; основных социальных ролях; позитивно оцениваемых обществом качествах личности, позволяющих успешно взаимодействовать в социальной среде; сферах человеческой деятельности; способах регулирования общественных отношений; механизмах реализации и защиты прав человека и гражданина.

Изучение окружающего мира как учебный предмет несет в себе большой развивающий потенциал. Знания, формируемые в рамках данного учебного предмета, имеют глубокий личностный смысл и тесно связаны с практической жизнью школьника. Особенности содержания этого учебного предмета являются: интегрированный характер предъявления естественнонаучных и обществоведческих знаний, особое внимание к расширению чувственного опыта и практической деятельности школьников. Объектами изучения являются: сверстники, друзья, взаимоотношения между ними; ценность дружбы, согласия, взаимной помощи; классный, школьный коллектив; совместные учеба, игры, отдых; правила взаимодействия со взрослыми, сверстниками; культура поведения в школе и других общественных местах.

Перечисленные выше умения и навыки, которые в современной терминологии следует отнести к компетенциям, призваны сыграть большую роль в формировании личности подростка. Большинство межличностных конфликтов, нервных расстройств и потрясений, в том числе редкие, но от того не менее трагичные суицидальные случаи, имеют в своей основе неумение общаться и выражать свои мысли, а также неумение подростка адекватно позиционировать себя в обществе и неумение адекватно реагировать на внешние события. Возрастает роль педагога. Учитель в начальной школе становится не просто значимым взрослым, а этическим и интеллектуальным "центром школьного пространства" [4]. Детство является динамичной частью жизни, пластичной в плане созревания органических и психических подсистем. Младший школьный возраст (с 6—7 лет до 9—10 лет) является стадией активного накопления социального опыта. Ребенок осмысливает действия других людей, а также оценивает, рассматривает как бы со стороны и свои собственные усилия, рефлексировать. Через рефлексию осуществляется психическая активность. Любой нормально развивающийся ребенок наряду с естественной потребностью в движении (физическая активность) обладает потребностью в познании окружающего материального мира, отношений между людьми, самопознании (психическая активность). Став школьником, ребенок психологически переходит в новую систему отношений с окружающими его людьми. В школе требования едины для всех. Новая социальная ситуация проявляется в ужесточении, стандартизации условий жизни ребенка. В большинстве случаев формировавшаяся в течение всего периода дошкольного детства психологическая готовность к школьному обучению дает возможность приспособиться к новым условиям [5]. У некоторых детей начинает преобладать тревожное, беспокойное, угнетенное состояние. Ребенок боится не справиться с предъявляемыми требованиями. Все это отрицательно сказывается на нервной системе школьников. Предотвратить такое развитие событий — задача педагога.

Современной школе необходим учитель, способствующий гармонизации отношений ребенка с родителями и одноклассниками [6]. Учитель не только и не столько вооружает ребенка необходимой суммой знаний, умений и навыков, но помогает стать тем, кем и чем он (ребенок) может стать. Подспорьем учителя в гуманистическом воспитании детей на этапе начальной школы выступают познавательные потребности и нравственное са-



мосознание. Реализация потребности в социальной компетенции в полной мере невозможна без познавательной потребности, которая характеризуется своей апрагматичностью и нерегламентированностью.

Психофизиологические способности человека защищают его от опасностей. Но полагаться только на естественную систему защиты нельзя. Ее необходимо дополнить надежными средствами, создаваемыми на основе практики с учетом новейших достижений педагогической науки. Важную роль в формировании социального портрета человека играют требования к компетенциям обучающихся, указанные в федеральном государственном образовательном стандарте, в частности: культура речи, основные направления совершенствования навыков грамотного письма и говорения, речевое взаимодействие; нормативные, коммуникативные, этические аспекты устной и письменной речи; функциональные стили современного русского языка; взаимодействие функциональных стилей; разговорная речь в системе функциональных разновидностей русского литературного языка; условия функционирования разговорной речи, роль внеязыковых факторов.

Воспитательный и образовательный процесс в школе должен быть ориентирован на формирование активного молодого члена общества, который осознает свои и уважает чужие права и интересы.

Зачастую причиной асоциальных поступков подростка служит неосознаваемая им в полной мере психофизиологическая дисгармония с окружением. Трудно переоценить роль школы и учителя для формирования душевного комфорта у подростка и необходимых элементов защитного поведения.

В духовных учебных заведениях особое внимание обращают на обучение слушателей навыкам общения с прихожанами. В отличие от светской системы образования служителей культа ориентируют на формирование непротивления и смирения.

Современная школа должна воспитывать активных членов общества с ясно выраженной гра-

жданской позицией, способных не только находить выход из затруднительных положений, а, что много важнее, избегать таких ситуаций, предвидеть последствия и не попадать в конфликтные ситуации. На практике для разрешения большинства подростковых конфликтов важны не столько навыки силовых единоборств, сколько умение найти общий язык с оппонентом.

На основании сказанного выше можно сделать следующие выводы.

Федеральные государственные образовательные стандарты в общем с достаточной полнотой отражают элементы учебных программ, необходимых для решения задач обеспечения жизнедеятельности.

Обучение детей вопросам безопасности в рамках общего курса "Основы безопасности жизнедеятельности" должно производиться комплексно с учетом включения в него необходимых элементов из иных учебных дисциплин.

Важным психофизиологическим навыком для подростка должно стать не только умение преодолеть опасность, но и стремление предвидеть и избежать опасности.

Список литературы

1. **Окружающий мир.** Основы безопасности жизнедеятельности. Методическое пособие. 1 класс: пособие для учителя / Под ред. А. А. Плешакова; Рос. акад. наук, Рос. акад. образования, изд-во "Просвещение". — М.: Просвещение, 2008. — 67 с. — (Академический школьный учебник). — ISBN 978-5-09-020022-6.
2. **Воспитательная работа** в начальных классах средней общеобразовательной школы <http://referat.mirslovarei.com>
3. **Федеральный компонент государственного стандарта общего образования.** Часть I. Начальное общее образование. Основное общее образование. / Министерство образования Российской Федерации. — М., 2004. — 221 с.
4. **Комарова Е. Н.** Воспитательная работа в начальных классах средней общеобразовательной школы // http://5ka.su/ref/psihologiya/0_object73305.html
5. **Мухина В. С.** Возрастная психология: Учебник для студентов вузов. — М.: Издательский центр "Академия", 1997. С. 253.
6. **Гатальская Г. В., Крыленко А. В.** В школу — с радостью. Практическая психология для учителя. — 2-е изд., перераб. и доп. — Мн.: Амалфея, 2000, с. 3.

УДК 614.8

Л. В. Сулова, канд. биол. наук, доц., Казанский государственный энергетический университет
E-mail: surova58@mail.ru

Структурные компоненты и функции культуры безопасности жизнедеятельности

Дано определение понятий культура безопасности жизнедеятельности (КБЖ), структура и функции культуры безопасности. Предложена и обоснована классификация функций культуры безопасности. Рассмотрена структура КБЖ.

Ключевые слова: культура безопасности жизнедеятельности, структура и функции культуры безопасности

Surova L. V. Culture of safety ability to live: structure and task

Definition of concepts culture of safety of ability to live, structure and functions of culture of safety is made. Classification of functions of culture of safety is offered and proved. Structure of safety of ability to live is considered.

Keywords: culture of safety of ability to live, structure and functions of culture of safety

В России уровень смертности населения трудоспособного возраста от несчастных случаев, отравлений и травм, в том числе производственных, в настоящее время соответствует аналогичным показателям столетней давности, почти в 2,5 раза превышает показатели, сложившиеся в развитых странах, и в 1,5 раза — в развивающихся. Смертность трудоспособного населения превышает аналогичный показатель по Евросоюзу в 4,5 раза. Уровень производственного травматизма с летальным исходом в России значительно (до 12 раз) превышает уровень аналогичного травматизма в экономически развитых странах. Каждый год в нашей стране погибает столько же работников, сколько во всех странах Евросоюза. За прошедшие пятнадцать лет на производстве погибли более 125 тыс. и были тяжело травмированы более 5 млн человек.

Статистика показывает, что именно производственная сфера является источником огромного количества масштабных угроз и опасностей. При этом по данным Национального совета по охране

труда США подавляющее большинство нештатных и аварийных ситуаций в промышленности (свыше 90 %) происходит вследствие неправильного поведения человека на производстве, и лишь их малая часть является результатом технической неисправности оборудования [1].

Электроэнергетика является объектом повышенной опасности. Это характеризуется величиной индивидуального риска гибели людей. Основной причиной (25,6 %) несчастных случаев со смертельным исходом становится неудовлетворительная организация производства работ.

Основные причины несчастных случаев (годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2009 году):

- недостаточная подготовленность персонала к выполнению мероприятий, влияющих на безопасность работ;
- низкая надежность технических устройств энергоустановок, влияющих на безопасность проводимых работ;
- неэффективность мероприятий подготовки персонала по вопросам безопасности;
- неэффективность мероприятий поддержания энергоустановки в безопасном состоянии;
- неэффективность мероприятий, обеспечивающих безопасность проводимых работ на энергоустановке;
- недостаточный контроль эффективности мероприятий безопасности при эксплуатации энергоустановок.

Решить эту глобальную задачу можно только путем формирования культуры безопасности жизнедеятельности, включающей развитие качеств личности, направленных на обеспечение собственной безопасности, безопасности общества и государства.

Культура безопасности жизнедеятельности — это особое социальное явление, отражающее качественное состояние развития человека, социальной группы, общества, характеризующее отноше-



нием к вопросам обеспечения безопасной жизни и трудовой деятельности и, главное, активной практической деятельностью по снижению уровня опасности.

Следует отметить, что хотя культура безопасности жизнедеятельности и является частью общей культуры, но в то же время имеет и существенные отличия. Если общая культура складывается, как правило, стихийно, под влиянием в основном случайной деятельности отдельных людей, их коллективов, то для культуры безопасности жизнедеятельности эта деятельность носит целенаправленный, регулируемый характер в связи с конкретными ожидаемыми результатами по предотвращению глобальных угроз и опасностей, крайне ограниченным временем на их достижение.

Культура представляет собой многофункциональную систему. Объединение понятий "культура" и "безопасность" впервые было выполнено Международным агентством по атомной энергии в 1986 г. в процессе анализа причин и последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Признано, что отсутствие культуры безопасности явилось одной из основных причин этой аварии [2].

Функции культуры — совокупность ролей, которые выполняет культура по отношению к сообществу людей, порождающих и использующих (практикующих) ее в своих интересах; совокупность селективных историческим опытом наиболее приемлемых по своей социальной значимости и последствиям способов (технологий) осуществления коллективной жизнедеятельности людей. При этом все функции культуры социальные, т. е. обеспечивают именно коллективный характер жизнедеятельности людей, а также определяют или корректируют почти все формы индивидуальной активности человека в силу его связанности с социальным окружением. Число такого рода функций весьма велико [3]. Среди них выделяют: преобразующую функцию, защитную, коммуникативную, познавательную, информационную, нормативную. Данные функции характерны и для культуры безопасности жизнедеятельности человека.

Преобразующая функция обусловлена необходимостью освоения и преобразования окружающей действительности, создания вокруг себя искусственной среды обитания сообщества и обеспечения его членов социальными благами, развития системы энергообеспечения и производства, обеспечения производства и распределения товаров потребления и услуг и т. п.

Защитная функция является следствием необходимости поддержания определенного сбалансированного отношения человека и окружающей среды как природной, так и социальной. Расширение сфер человеческой деятельности неизбежно влечет за собой появление все новых и новых опасностей, что требует создания адекватных механизмов защиты, создания комплексной системы обеспечения безопасности жизни и деятельности в техносфере.

Коммуникативная функция — это процесс обмена информацией между людьми с помощью коммуникации, физическая и психическая реабилитация и релаксация человека, традиции кулинарии, социальные нормы отдыха, традиции физической культуры и спорта, оздоровительного туризма и иных форм активного отдыха и т. п.

Информационная функция обеспечивает процесс преемственности, проявляется в закреплении результатов производственной деятельности, накоплении, хранении и систематизации информации по обеспечению безопасности, минимизацию воздействия техники и технологий на человека и природную среду, создание новых технических объектов и технологий.

Нормативная функция обусловлена необходимостью поддерживать равновесие и порядок в социуме, приводить в соответствие с общественными потребностями и интересами действия различных социальных групп и индивидов, обеспечивать коллективную безопасность сообщества (оборона) и индивида, безопасность членов сообщества, их имущества и легитимных прав, интересы (правоохранительная система), технические нормы, вызванные производственной практикой, и др.

Структура — совокупность взаимосвязанных элементов, составляющих внутреннее строение общества. Структура культуры безопасности жизнедеятельности человека состоит из двух блоков личностных и профессиональных свойств человека. Первый блок — тактический — включает знания, умения увидеть и предотвратить опасную ситуацию и подразумевает знание и умение действовать. Второй блок — персональный — включает психические и характерологические качества, философское осмысление и рефлексию понятий "жизнь" и "опасность". Культура человека является сложной структурой, состоящей из многих элементов, каждый из которых относится к определенной сфере деятельности. Понятие безопасность относится ко всем сферам деятельности, ее обеспечение составляет специфическую область жизнедеятельности человека в целом [4].

Ниже рассмотрена структура культуры безопасности жизнедеятельности человека.

1. Культура условий труда — совокупность объективных условий и субъективных факторов, определяющих поведение человека в процессе производственной деятельности, включает характеристики и показатели санитарно-гигиенических, психофизиологических, социально-психологических и эстетических условий труда.

2. Культура средств труда и трудового процесса — совершенствование организации труда и производства, включает внедрение новейших достижений науки и техники, уровень механизации и автоматизации, качество оборудования и инструментов, ритмичность и плановность работы предприятия, уровень материально-технического обеспечения, использование современных методов и средств коллективной и индивидуальной защиты, методы оценки результатов труда, обеспечение дисциплины.

3. Культура межличностных отношений (коммуникаций) — социально-психологический климат, наличие чувства коллективизма, взаимопомощи, наличие и разделение всеми работниками ценностей и убеждений безопасного существования.

4. Культура управления — определяется методами управления, стилем руководства, гуманизмом, индивидуальным подходом, профессионализмом управленцев, включая коммуникативную компетентность, применяемые методы стимулирования, повышения уровня удовлетворенности трудом и т. д.

5. Культура работника — совокупность нравственной культуры и культуры труда, определяется уровнем образования и квалификации работника, его отношением к труду, дисциплинированностью, исполнительностью, творчеством.

Культура — это и отношение людей друг к другу, отношение каждого человека к самому себе, природе, производству, к жизни вообще. И эти отношения должны основываться на этической культуре, тогда и появится культура безопасности, культура техники безопасности и культура безопасности жизнедеятельности.

В переводе с латыни культура — это "возделывание, возвращение". По меткому выражению одного из древнегреческих философов, если хотите воспитать хорошего гражданина, воспитайте в ребенке привычку к труду, привычку к учебе и привычку к здоровью. Это и будет та почва, на которой вырастет и культура безопасности жизнедеятельности. Очевидно, что культура безопасности — это составная часть культуры. Следовательно, наиболее фундаментальные свойства культуры как целого в

той или иной степени присущи его части — культуре безопасности. Культура включает в себя предметные результаты деятельности людей, а также реализуемые в деятельности человека знания, умения и навыки, уровень интеллектуального, нравственного и эстетического развития, мировоззрения, способы и формы общения.

Помимо знаний, умений и навыков культура безопасности включает мировоззренческие идеи, нравственные и эстетические ценности, интеллектуальный опыт решения проблем безопасности, опыт безопасного общения и коммуникации в ходе совместного выживания.

Культура представляет собой способ обеспечения, организации и совершенствования жизнедеятельности людей, воспроизводимый сменяющимися поколениями.

Критериями сформированности культуры безопасности жизнедеятельности являются следующие показатели:

- потребность в безопасной реализации производственной и социальной деятельности;
- направленность на безопасное взаимодействие человека со средой обитания; осознание важности личной и общественной безопасности;
- убежденность в необходимости постоянного профессионального самосовершенствования в вопросах обеспечения безопасности;
- уровень теоретической подготовки к безопасности жизнедеятельности; технологическая готовность к безопасности жизнедеятельности;
- наличие комплекса знаний обеспечения безопасности; познавательная активность;
- сформированность аналитического мышления;
- творческая активность в обеспечении безопасности жизнедеятельности;
- умение прогнозировать деятельность и ее результаты с позиций безопасности;
- степень владения способами и средствами минимизации негативного воздействия;
- владение технологией принятия решения в чрезвычайной ситуации; способность к видению проблем;
- нестандартность мышления; способность к восприятию инноваций.

В настоящее время проблема культуры безопасности жизнедеятельности становится первостепенной в решении многих задач, но, между тем, остается мало изученной, в то время как воспитание и образование являются существенной прогностической частью культуры. Сейчас, когда феномен культуры безопасности жизнедеятельности начинает пронизывать все моменты человеческого



бытия, перед высшей школой стоит задача повышения интеллектуального уровня студентов, владеющих культурой безопасности. Современный образованный человек приносит обществу пользу тогда, когда максимально полно применяет свои знания, умения и навыки в решении задач безопасности.

Образование является основным звеном в обеспечении безопасности жизнедеятельности человека в техносфере. Оно обеспечивает комплекс необходимых знаний, базирующихся на научной основе и методологии, что и позволяет поднять безопасность людей на новый, более высокий уровень.

Основной целью воспитания является формирование качеств личности, направленных на безопасное поведение в окружающем мире. Педагогической практикой установлено, что наиболее эффективен процесс воспитания для подрастающего

поколения в период активного развития личности, становления характера, формирования взглядов, убеждений, мотивов и ценностей, вхождения в контекст современной культуры, повышенной восприимчивости и усвоения информации.

Список литературы

1. **Воробьев Ю. Л.** Основы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения / Ю. Л. Воробьев, В. А. Пучков, Р. А. Дурнев; Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. — М.: Деловой экспресс, 2006. — 316 с.
2. **Акимов В. А.** Культура безопасности жизнедеятельности / В. А. Акимов, Р. Дурнев // Основы безопасности жизнедеятельности. — 2008. — № 11. — С. 23—27.
3. **Мошкин В. Н.** Воспитание культуры безопасности школьников: автореф. дис. докт. пед. наук / В. Н. Мошкин. — Барнаул, 2004. — 369 с.
4. **Головин Н. Н.** ОБЖ — подготовка к жизни / Н. Н. Головин, О. И. Соловьева // Основы безопасности жизнедеятельности. — 2008. — № 5. — С. 51—57.

Вниманию авторов!

На сайте журнала «Безопасность жизнедеятельности»
(http://www.novtex.ru/bjd/konf10_11.html) размещена информация о проведении в 2011 году
Международной заочной конференции
«Проблемы безопасности XXI века»

Тематика конференции:

1. Системный анализ всего спектра вопросов, составляющих сущность безопасности жизнедеятельности, включая направления, перечисленные на сайте журнала.
2. Практические разработки по вышеуказанным направлениям, включая политические, экономические, инженерные подходы и решения.

Заочная конференция проводится путем публикации материалов (статей, обзоров, информации) по указанной тематике в журнале «Безопасность жизнедеятельности»

*Материалы должны соответствовать требованиям журнала
(см. сайт <http://www.novtex.ru/bjd/autor.htm>)*

*и будут рассматриваться по мере их поступления в редакцию журнала
(107076, Москва, Стромынский пер., 4. Тел.: (499) 269-5397, (499) 748-0024, e-mail: bjd@novtex.ru)*

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

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

Телефон главного редактора (812) 550-0766, e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*

Сдано в набор 12.01.11. Подписано в печать 17.02.11. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч-изд. л. 8,21. Заказ 130.

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.