



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

8(92)
2008

Редакционный совет:

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

Главный редактор
РУСАК О. Н.

Зам. главного редактора
ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь
ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Радаев Н. Н. Некоторые закономерности повышения безопасности жизнедеятельности в процессе социально-экономического развития 2

ОХРАНА ТРУДА

Беспалов В. И., Самарская Н. С. Обеспечение нормативных параметров воздушной среды рабочей зоны вихревым устройством 7
Варфоломеев А. Ю., Щепеткина Е. Н. Организация безопасной жизнедеятельности во Всероссийском студенческом строительном отряде на Соловецких островах 9

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Моисеев Ю. Б. Медико-биологические подходы к регламентированию действия ударных перегрузок на организм человека 12

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рубцов Д. Н. Огневые испытания фланцевых соединений технологических трубопроводов . . . 16

БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Бойко Г. В., Федотов В. Н., Богданова Е. В. Исследование антропогенного воздействия пассажирских транспортных средств малой вместимости 19

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н. Модель процесса фильтрования отработавших газов автомобилей 23
Ксенофонтов Б. С., Иванов А. С., Козодаев А. С., Таранов Р. А., Асатурян В. Очистка грунтов от нефтепродуктов флотацией 27
Шаврак Е. И., Богоровская С. А. Растительность как фактор нейтрализации техногенного загрязнения атмосферы 29

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Грошев Д. В., Шарапов С. В., Телегин М. А., Кононов С. И. Система методов оценки пожароопасного состояния почвенного покрова при воздействии на него нефтепродуктов. . . 33
Еналеев Р. Ш., Теляков Э. Ш., Хайруллин И. Р., Качалкин В. А. Критерии опасности теплового поражения человека 40

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Бармин А. Н., Иолин М. М., Кондрашин Р. В., Шуваев Н. С. Экологическое состояние и особенности воздействия техногенных нагрузок в Астраханской области 44

ОБРАЗОВАНИЕ

Зарцына С. С., Саликова М. И., Плотникова Р. Н. Интернет-экзамен — новая форма мониторинга знаний 50

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

О новом государственном стандарте "Шум. Руководство по снижению шума глушителями" . . . 53
Приложение. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплинам "Безопасность жизнедеятельности" и "Производственная санитария и гигиена труда".

Журнал входит в "Перечень ведущих и рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук".

УДК 351.861:614.8(470 + 571)

Н. Н. Радаев, д-р техн. наук, проф.,
Государственный университет управления, Москва

Некоторые закономерности повышения безопасности жизнедеятельности в процессе социально-экономического развития

Предложена модель взаимосвязи между качеством жизни и безопасностью жизнедеятельности. Показано, что повышение в процессе социально-экономического развития страны стандартов качества жизни требует адекватного ужесточения стандартов безопасности, при этом в развивающемся обществе все новые риски для жизни и здоровья людей становятся неприемлемыми.

Введение

Конечной целью социально-экономического развития страны является наиболее полное удовлетворение потребностей населения. Согласно теории личности и личностного роста, разработанной основателем гуманистической психологии А. Маслоу [1] структура потребностей человека имеет определенную иерархию: 1) физиологические потребности в пище, воде, сне, сексе, отдыхе, жилище и т. п.; 2) потребность в безопасности (самосохранении, защищенности, стабильности, порядке); 3) потребность в принадлежности к общности, в частности дружбе, любви, семье; 4) потребности в уважении, достижении знаний, определенного уровня компетенции, престижа, успеха; 5) высшие, духовные потребности (познавательные, эстетические, в самоактуализации, личностном росте). Иерархия показывает, в каком порядке человек в среднем удовлетворяет свои потребности. В основе этой иерархии лежат жизненные потребности (уровня 1 и 2), а над ними располагаются социальные потребности, высшее проявление которых состоит в познании, творчестве, самореализации.

Потребности являются регулятором деятельности человека, оказывая влияние на принятие решений. При этом деятельность вначале направляется на удовлетворение жизненных потребностей уровней 1 и 2, после чего человек переходит к удовлетворению потребностей все более высоких уровней. Однако надо иметь в виду, что удовлетворение потребностей человека связано с определенными затратами, которые, как правило, не превышают его дохода. Таким образом, возможности по удовлетворению потребностей человека всегда ограничены.

Возможности страны по удовлетворению потребностей ее населения связаны с показателем ВВП на душу населения, а возможности повышения степени удовлетворения потребностей — с его ростом. После финансового кризиса 1998 г. ВВП России начал

неуклонно расти (см. таблицу), чему в значительной мере способствовала благоприятная конъюнктура международных сырьевых рынков. В результате, если в 1999 г. уровень реального ВВП на душу населения составлял в России всего 18 % от уровня США, то в 2002 г. этот показатель достиг уже 22 %, а в 2007 г. — 34 %.

Степень удовлетворения потребностей можно оценить определенными показателями. Так, степень удовлетворения физиологических потребностей оценивается показателями качества жизни (КЖ), характеризующими уровень материального благосостояния людей, например потребление на душу населения различных благ. Интегрально в денежных единицах КЖ населения характеризуется средним доходом на члена семьи.

Степень удовлетворения потребности в безопасности на уровне страны характеризуется в рамках понятия "национальная безопасность". Ее составляющие и пути обеспечения определены в законе "О безопасности" 1992 г. с последующими изменениями и Концепции национальной безопасности Российской Федерации. При этом в рамках концепции приемлемого риска речь идет о достижении приемлемого уровня национальной безопасности в данных конкретно-исторических условиях. Отметим, что понятие национальная безопасность, появившееся после Второй мировой войны, вначале сводилось исключительно к обеспечению военной безопасности. С 70-х гг. XX века оно стало расширяться и в настоящее время включает в себя все аспекты безопасности личности, общества и государства.

Предметом рассмотрения в статье является безопасность личности, которая характеризуется показателями безопасности жизнедеятельности (БЖД) или обратными по отношению к ним показателями риска для жизни и здоровья людей, в частности индивидуальной вероятностью преждевременной смерти от конкретных и всех причин [2]. С учетом необходимости достижения баланса жизненно важных ин-

ВВП на душу населения, долл.,
рассчитанный по паритету покупательной способности

Страна	Год		
	2002	2004	2006
Люксембург	52 177	58 900	81 510
США	36 202	40 100	43 223
Россия	8087	9800	12 178

тересов личности, общества и государства приемлемый уровень национальной безопасности нормируется по этим составляющим. В результате выделяется приемлемый уровень риска для жизни и здоровья.

Взаимосвязь между степенями удовлетворения различных видов потребностей населения страны в условиях ограниченности ее ресурсов

Установим эту взаимосвязь. Наличие модели ее позволит при известном изменении одних составляющих установить требуемые значения других. Это важно для рационального распределения расходов консолидированного бюджета (финансирования затрат) по видам потребностей населения, установления приемлемого уровня риска для жизни и здоровья людей, решения других задач. Искомую модель можно установить из рассмотрения системы предпочтений индивида [3], касающихся видов его потребностей. Ограничимся рассмотрением лишь жизненных потребностей. Будем исходить из того, что повышение как качества жизни населения, так и безопасности жизнедеятельности требует затрат. Таким образом, при ограниченных ресурсах общества более высокого качества жизни можно достичь лишь за счет снижения безопасности жизнедеятельности и наоборот — повышение безопасности достигается за счет снижения качества жизни.

Действительно, на системы (технические и другие) безопасности тратится определенная доля всегда ограниченных финансовых и материальных ресурсов общества, которые отвлекаются от решения задач повышения качества жизни населения. Чем больше тратится средств на системы безопасности, тем меньше остается их на производство товаров, на услуги, которые делают жизнь людей более полной. Учитывая, что затраты на обеспечение всех видов безопасности составляют значительную долю финансовых и материальных ресурсов общества, важное значение приобретает проблема оптимизации их размера.

Предпочтения человека в отношении качества жизни и безопасности жизнедеятельности (БЖД) иллюстрируются линией безразличия некоторого уровня, определяемого его доходами (рис. 1). Для конкретного человека в соответствии с его кривой безразличия желание повысить материальное благосостояние влечет необходимость повышения риска. Это имеет место при выборе, например, работы с повышенной профессиональной вредностью. Зависимость "риск — доходность" широко применяется в экономике.

Карта линий безразличия для различных социальных групп и уровней доходов может быть построена путем проведения социологических опросов с последующей обработкой полученных данных, например, методами регрессионного анализа. Усредненная линия безразличия населения страны определяет-

ся как средневзвешенная по социальным группам с учетом их весов — долей в населении страны.

Распределение ресурсов общества на удовлетворение потребностей населения осуществляется лицом, принимающим решение (ЛПР). Поэтому кривая безразличия ЛПР должна соответствовать аналогичным кривым как минимум для большинства населения страны. Такое соответствие достигается через демократические процедуры формирования органов законодательной, исполнительной и судебной властей, подкрепленные независимостью СМИ. Основу этих процедур составляют демократические выборы между политическими партиями, являющимися выразителями интересов определенных слоев населения. Партии, пользующиеся наибольшей поддержкой населения, формируют высшие органы государственной власти из своих представителей, осознающих национально-государственные интересы страны, в основе которых лежат интересы и предпочтения населения. Ну а в целом — "каждый народ достоин своего правительства"!

Обобщая иерархию потребностей индивида на население страны можно предположить, что по мере появления экономических возможностей *вначале повышается качество жизни, а затем безопасность жизнедеятельности*. Поэтому качество жизни можно принять как независимую переменную, а безопасность жизнедеятельности — как зависимую. Тогда линии безразличия можно интерпретировать как модель зависимости приемлемой в сложившихся социально-экономических условиях безопасности жизнедеятельности от достигнутого в процессе социально-экономического развития качества жизни населения. Если уровень БЖД населения окажется выше линии безразличия, то затраты на защиту от опасностей необоснованно велики и это может подорвать безопасность других видов, замедлить темпы роста качества жизни населения. Если же достиг-

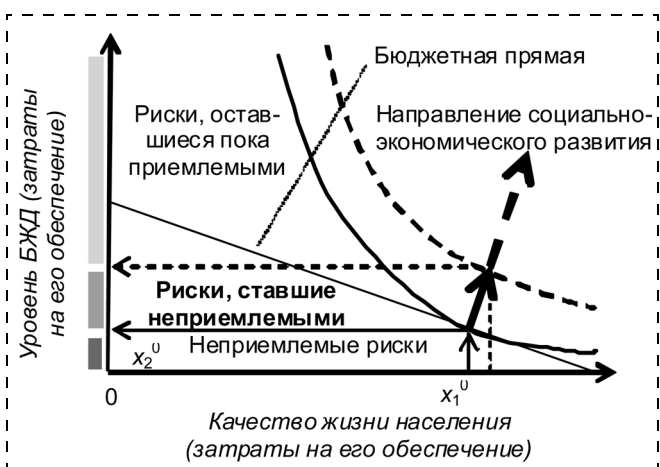


Рис. 1. Карта усредненных линий безразличия населения страны: (—) прежний и (---) достигнутый уровни ее социально-экономического развития

нутый уровень БЖД лежит ниже линии безразличия, то затраты на его обеспечение недостаточны, а население не удовлетворено состоянием своей безопасности.

Карты линий безразличия для двух уровней социально-экономического развития (см. рис. 1) демонстрируют *социально-экономическую обусловленность приемлемости индивидуальных рисков* для жизни и здоровья людей. В историческом плане в процессе социально-экономического развития растет качество жизни населения. Это нарушает сложившееся и закрепленное в менталитете населения страны соотношение между степенями удовлетворения его различных потребностей; требует адекватного повышения безопасности. В результате возрастают требования к безопасности жизнедеятельности, переводя некоторые риски в разряд неприемлемых. Так, в нашей стране в последние годы неприемлемыми стали уровни индивидуальных рисков от пожаров и дорожно-транспортных происшествий.

Иллюстрация процесса повышения безопасности жизнедеятельности вслед за возрастанием качества жизни населения приведена на рис. 2.

В качестве среднестатистической цены человеческой жизни в первом приближении используют значение ВВП на душу населения [4]. Рост экономики приводит к повышению этого важнейшего макроэкономического показателя и, следовательно, качества жизни (при рациональном распределении), а также цены жизни. Как следствие повышается чувствительность населения к опасностям, и возрастают его требования к безопасности. Так, постоянно повышается требовательность населения к качеству питьевой воды, пищи, чистоте воздушного бассейна. Все большее неприятие населения в нашей стране вызывают техногенные аварии, в частности взрывы на шахтах и взрывы бытового газа в жилых домах, принуждая органы государственной власти принимать все более жесткие меры технического регулирования.

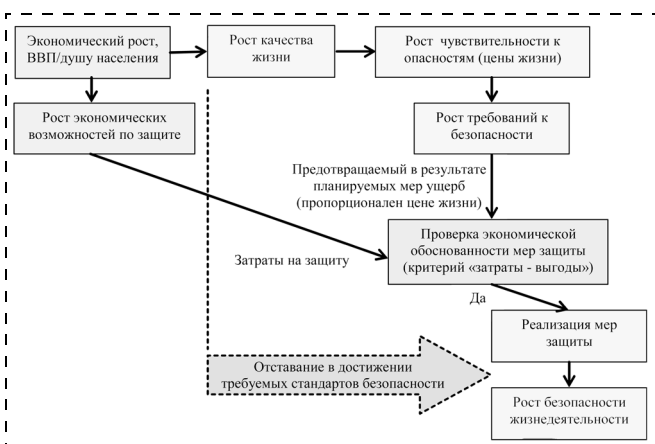


Рис. 2. Иллюстрация возрастания степеней удовлетворения жизненных потребностей населения в процессе социально-экономического развития

Таким образом, уровень требований к безопасности жизнедеятельности определяется не только существующими угрозами для нее, но и экономическими возможностями страны, а также социальными факторами (предпочтениями населения). С увеличением экономических возможностей общество требует повышать безопасность до все более высоких уровней, а опасности и риски снижать. Результатом является неуклонный рост в процессе развития цивилизации средней продолжительности жизни людей, являющейся интегральным показателем безопасности жизнедеятельности.

Проведенный анализ позволяет констатировать, что в процессе социально-экономического развития *достижение требуемой безопасности жизнедеятельности отстает во времени от роста качества жизни населения*. Поэтому в развивающемся обществе население недовольно, как правило, существующим уровнем безопасности и требует его повышения.

С ростом качества жизни человека не только повышаются его требования к безопасности, но и сам человек становится более осторожным и осмотрительным. Поэтому в пределах одного уровня социально-экономического развития общества для конкретного человека с более высоким качеством и ценой жизни его кривая безразличия пройдет выше и правее усредненной кривой, указывая на большую степень неприятия рисков для него. Степень неприятия рисков возрастает с увеличением богатства человека, и чем оно больше, тем менее склонен индивид к риску [3]. Не случайно считается, что для обеспечения стабильности государства следует расширять "средний" класс, представители которого не склонны к радикальным изменениям. Повышение же степени дифференциации населения страны по доходам, увеличение доли населения за чертой бедности, представителям которой "нечего терять, кроме своих цепей", способствует революциям.

В более общем плане с ростом стандартов качества жизни повышается чувствительность населения не только к социальным потерям вследствие неблагоприятных условий жизнедеятельности, опасных природных, техногенных и социальных явлений, но и ущербам вообще. Это приводит к ужесточению критериев их приемлемости и критериев приемлемости, вызывающих ущербы опасных явлений (в первую очередь войн, техногенных катастроф).

Необходимыми условиями закрепления повышенных требований по безопасности в нормативных актах являются:

во-первых, экономические возможности общества по обеспечению выполнения указанных требований, которые с ростом ВВП безусловно растут;

во-вторых, экономическая обоснованность планируемых мероприятий защиты. При прочих равных условиях (применяемые технологии, угрозы для жизнедеятельности — частота опасных явлений и люд-

ские потери в них) с ростом цены жизни предотвращаемые ущербы в результате выполнения планируемых мер защиты растут, делая экономически обоснованными затраты на эти мероприятия (см. рис. 2). В результате инвестиционные проекты, направленные на повышение безопасности жизнедеятельности, становятся не только социально, но и экономически оправданными.

Необходимо также учитывать, что ущербы от опасных явлений растут даже при их неизменной частоте вместе с ростом богатства общества вследствие повышения возможности попадания элементов инфраструктуры в зоны действия негативных факторов. Так, ущербы от природных катастроф увеличиваются ежегодно на 4 % [5]. Это делает экономически обоснованными все большие затраты на их предупреждение и смягчение последствий.

В пределах среднего уровня социально-экономического развития стран мира для конкретной страны с более высоким среднедушевым доходом линия безразличия ее населения проходит выше и правее усредненной. Это указывает на большую степень неприятия рисков жителями богатых стран, которым есть что терять.

Для стран мира рациональная доля их расходов на обеспечение БЖД зависит от ряда факторов: степени угроз для БЖД (географический фактор), экономических возможностей страны и предпочтений (менталитета) населения. Поэтому при определении доли бюджетных расходов на обеспечение БЖД не стоит использовать какие-либо универсальные нормативы или принимать в качестве аналога нормативы развитых стран в виде, например, определенного процента от ВВП. Для каждой страны они индивидуальны.

Так, в РФ в силу меньшего ВВП на душу населения, с одной стороны, меньше возможностей для повышения уровня БЖД, чем в США, а с другой — ниже чувствительность населения к этим угрозам. В 2007 г. цена человеческой жизни в России составляла лишь 0,34 от цены человеческой жизни в США, т. е. американцы в 3 раза дороже оценивали свои жизни по отношению к россиянам. С ростом экономики страны и благосостояния ее граждан россияне все дороже и дороже оценивают свои жизни, делая экономически обоснованным возрастание затрат на повышение безопасности.

Рациональные степени удовлетворения потребностей

Учитывая, что целевой функцией поведения человека является наиболее полное удовлетворение всех видов потребностей, задача оптимизации степеней их удовлетворения в конкретных социально-экономических условиях является многокритериальной. Такую задачу можно свести к однокритериальной с помощью функции полезности [3].

Набор потребностей и значимость отдельных их видов специфичны для каждой личности и социальной группы. Рассмотрим модель для оценки рациональных уровней удовлетворения видов потребностей населения в данных социально-экономических условиях с учетом его предпочтений. Методология оценки состоит в анализе предпочтений человека из определенной социальной группы. Затем проводится обобщение полученных результатов на совокупность социальных групп, составляющих население страны, с учетом долей этих групп в населении. Функцию полезности различных потребностей для человека с учетом их значимостей β_i (относительных весов, нормированных на 1) в системе его предпочтении запишем в виде:

$$u(x_1, \dots, x_5) = \sum_{i=1}^5 \beta_i x_i,$$

где x_i — объем (уровень) удовлетворения потребностей i -го вида; $\beta_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^5 \alpha_i}$; α_i — нормированный на

максимум относительный вес i -го вида потребностей.

Значимость различных видов потребностей в среднем для населения страны ("пираму" потребностей) можно установить с помощью социологических опросов по представительной выборке населения всех возрастов и социальных групп (рис. 3). Основой при количественных оценках значимости видов потребностей в их "пирамиде" являются физиологические потребности, значимость которых принимаем равной 1. Значимость потребности в безопасности будет несколько ниже 1. Действительно, для удовлетворения физиологических потребностей люди занимаются деятельностью, идя при этом на некоторый риск. Известная аксиома безопасности жизнедеятельности гласит, что "любая деятельность потенциально опасна" [6].

В самом первом приближении значимость видов потребностей для населения страны можно оценить по доле тех людей в населении страны, у которых эти потребности развиты. Физиологические потребности присущи всем без исключения ($\alpha_1 = 1$). По-

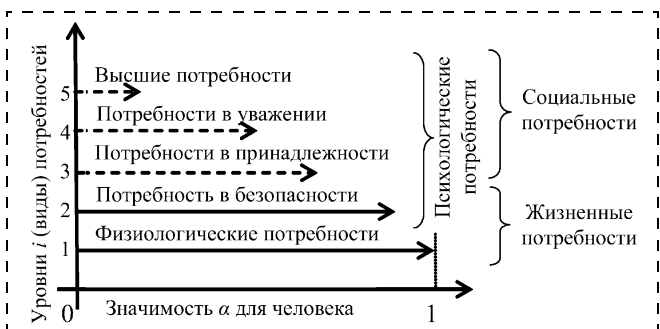


Рис. 3. Значимость видов потребностей в их иерархии



требность в безопасности присутствует у всех людей, за исключением лиц, склонных к суициду и риску, т. е. $\alpha_2 < 1$. Значимость потребности в принадлежности к социальной общности можно оценить долей взрослого населения страны, состоящего в браке, в том числе гражданском; потребности в уважении и успехе — долей взрослого населения, получающего и уже имеющего высшее образование; высших потребностей — долей во взрослом населении лиц творческих профессий (научных сотрудников, артистов, режиссеров, художников, модельеров, поэтов, писателей и др.), а также ценителей прекрасного.

Задача облегчается, если ограничиться рассмотрением лишь жизненных потребностей, т. е. полагаем, что удовлетворение социальных потребностей (как это часто бывает) осуществляется по остаточному принципу. Принимая значимости физиологических потребностей и потребности в безопасности равными, получим $u(x_1, x_2) = x_1 + x_2$, т. е. целевой функцией является уровень жизни

$$УЖ = КЖ + БЖД,$$

который стремятся максимизировать.

Рациональное поведение человека заключается в выборе такого набора x_1^0, x_2^0 жизненных потребностей, который максимизирует его уровень жизни при заданном ограничении на ресурсы. Ограничение на ресурсы означает, что затраты на объемы удовлетворения потребностей не могут превышать имеющихся ресурсов, т. е. $c_1x_1 + c_2x_2 \leq C$, где x_1 и x_2 — объемы удовлетворения физиологических потребностей (оцениваемых качеством жизни) и потребности в безопасности (оцениваемых индивидуальным риском для жизни и здоровья) соответственно; c_1 и c_2 — цены одной единицы первого ("потребительской корзины") и второго (цена риска [4]) видов потребностей соответственно. При замене неравенства на равенство получим уравнение бюджетной прямой (см. рис. 1). Считают, что человек располагает ресурсами C , которые он полностью тратит на удовлетворение своих потребностей (повышение качества жизни и снижение риска).

Математическая постановка задачи выбора рациональных уровней качества жизни и безопасности жизнедеятельности человека имеет вид:

$$\begin{aligned} \max_{x_1, x_2} : & u(x_1, x_2) \\ & c_1x_1 + c_2x_2 \leq C, \\ & x_1 \geq 0, \\ & x_2 \geq 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Решением задачи являются рациональные в данных социально-экономических условиях уровни жизненных потребностей x_1^0 и x_2^0 , которые можно принять в качестве их стандартов.

При обеспечении безопасности человека и созданных им социальных систем различного вида (социально-экономических, социально-географических, техносциальных, экосоциальных) и уровня (напри-

мер, для социально-экономических — от домашних хозяйств и фирм до экономики страны в целом) должны учитываться:

а) уровни угроз для безопасности (планируемые меры защиты должны быть адекватны им, т. е. предотвращать потери от реализации угроз в большем размере, чем затраты на их реализацию);

б) наличие других (кроме безопасности) потребностей, необходимость затрат на их удовлетворение, имеющиеся при этом предпочтения населения;

в) ограниченность финансовых, материальных и других ресурсов общества.

В процессе социально-экономического развития осуществляется переход от линии безразличия уровня C (сплошная линия на рис. 1) к линии безразличия уровня $C' > C$ (пунктирная линия). Качество жизни населения при этом возрастет на некоторую величину. Определим по пунктирной линии безразличия допустимый в новых социально-экономических условиях уровень безопасности жизнедеятельности $БЖД^{\text{доп}}$ (или приемлемый уровень индивидуального риска). Тогда констатация факта отставания в достижении приемлемого уровня риска от постоянно возрастающих стандартов качества жизни позволяет задачу выработки рациональной социально-экономической политики правительства сформулировать как однокритериальную путем перевода одной из целей в ограничение:

$$\begin{aligned} \max : & КЖ \\ \gamma_1, \gamma_2 & БЖД \geq БЖД^{\text{доп}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где γ_1 и γ_2 — доли от уровня C затрат на обеспечение качества жизни и безопасности жизнедеятельности соответственно.

Таким образом, на некотором более или менее длительном (в зависимости от темпов социально-экономического развития) временном интервале социально-экономическая политика в стране состоит в максимизации качества жизни при обеспечении допустимого уровня безопасности, учитывающего экономические (ограничения на ресурсы) и социальные (предпочтения населения) факторы. Именно это и декларируется в рамках концепции приемлемого риска, лежащей с конца 70-х годов XX века в основе обеспечения безопасности жизнедеятельности в развитых странах.

Список литературы

1. **Маслоу А.** Мотивация и личность. — СПб: Евразия, 1999.
2. **Вишняков Я. Д., Радаев Н. Н.** Общая теория рисков. — М.: Академия, 2007. — 368 с.
3. **Фишберн П.** Теория полезности при принятии решений. — М.: Наука, 1970.
4. **Быков А. А., Фалеев М. И.** К проблеме оценки социально-экономического ущерба с использованием показателя цены жизни // Проблемы анализа риска. — 2005. — № 2. — С. 114—131.
5. **Осипов В. И.** Природные катастрофы в центре внимания ученых // Вестник РАН. — 1995. — Т. 65. — № 6. — С. 483—495.
6. **Безопасность** жизнедеятельности / Под ред. С. В. Белова. — М.: Высшая школа, 1999. — 448 с.

УДК 533.697.3

В. И. Беспалов, д-р техн. наук, проф., **Н. С. Самарская**, асп.,
Ростовский государственный строительный университет

Обеспечение нормативных параметров воздушной среды рабочей зоны вихревым устройством

Рассмотрена возможность использования вихревого устройства для обеспечения нормативных параметров воздуха в производственных помещениях малых объемов. Преимущества в использовании вихревых устройств взамен традиционных климатических систем подтверждают показатели надежности, экономичности и эффективности, которые определяются спецификой функционирования вихревых устройств.

Ключевые слова: воздух рабочей зоны, параметры микроклимата, эффект Ранке-Хильша, вихревое устройство, комфортные условия труда.

В условиях производства особое влияние на самочувствие и производительность труда работников оказывают параметры микроклимата. Часто производственный процесс влечет за собой нарушение нормативных параметров микроклимата (температуры, влажности, подвижности воздуха), а также повышенное выделение загрязняющих веществ (ЗВ). На производстве указанные факторы воздействуют на человека чаще всего суммарно, взаимно усиливая или ослабляя друг друга. Таким образом, сочетание метеорологических параметров производственной среды с концентрацией ЗВ в воздухе рабочей зоны (РЗ) определяет степень комфортности условий труда.

Многолетний опыт практического применения систем вентиляции и кондиционирования показывает, что универсальных конструктивных решений быть не может. Наибольший эффект достигается при максимальном учете всех имеющихся методов, технических средств и оптимальном подборе тех из них, которые в большей степени отвечают требованиям конкретных производственных условий.

В качестве альтернативы традиционным энергоемким климатическим системам предложено использовать вихревое устройство для поддержания нормативных параметров воздушной среды в производственных помещениях малых объемов [1]. Вихревое устройство надежно в эксплуатации ввиду простоты конструктивного исполнения и является оптимальным по экономическим и эффективным показателям. Принцип действия вихревого устройства основан на эффекте Ранке-Хильша.

Вихревое устройство позволяет получать горячие и холодные потоки воздуха одновременно. Сжатый воздух, подаваемый от промышленной сети в вихре-

вое устройство под давлением $3 \cdot 10^5 \dots 7 \cdot 10^5$ Па, приобретает вращательное движение и разделяется на охлажденную и нагретую части, которые выходят из вихревого устройства с противоположных сторон. Конструкция вихревого устройства включает цилиндрическую трубу, систему подводящих и отводящих трубопроводов, воздухораспределяющие элементы, запорно-регулирующие и контрольно-измерительные приспособления. Основным элементом устройства — гладкая цилиндрическая труба, содержащая сопловой тангенциальный ввод (рис. 1). Изменение расхода воздуха осуществляется с помощью регулирующего вентиля, расположенного со стороны выхода горячего газа. Диапазон регулирования температуры воздуха составляет ± 12 °С.

Для оптимального использования вихревого устройства при обеспечении требуемой температуры воздуха следует знать особенности технологического процесса, осуществляемого в производственном помещении. Можно подавать преимущественно теплый газ в холодный период года для отопления помещения, а определенное количество холодного газа использовать в технологических целях (например, для охлаждения). В теплый период года холодный поток необходим для кондиционирования воздуха РЗ, а теплый поток можно использовать в технологических целях.

Авторами усовершенствована методика расчета вихревого устройства для производственных условий. В основу методики положены аналитические зависимости, полученные в результате теоретических исследований аэродинамических процессов, проис-

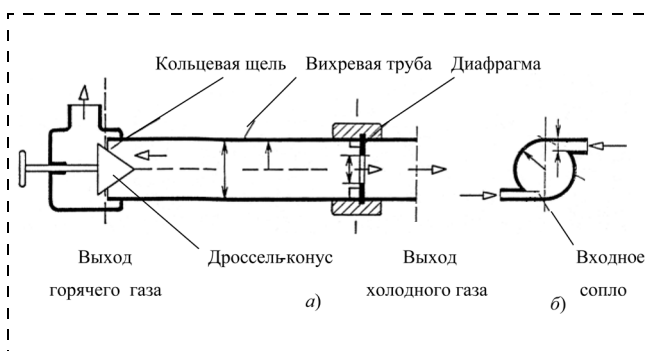


Рис. 1. Конструкция вихревой трубы:

a — продольный разрез; *б* — поперечный разрез по сопловому сечению



Показатели	Параметры микроклимата в рабочей зоне малярного участка					
	Температура t , °С		Влажность φ , %		Подвижность воздуха v , м/с	
	Холодный период	Теплый период	Холодный период	Теплый период	Холодный период	Теплый период
Оптимальное значение	18...20	21...23	40...60	40...60	Не более 0,2	Не более 0,3
Фактическое значение до применения вихревой системы	16...18	25...28	40...50	Более 70	0,2...0,3	0,3...0,4
Фактическое значение после применения вихревой системы	18...20	21...23	40...50	60...65	0,25	0,25

ходящих в вихревой трубе. Результаты теоретических исследований были подтверждены экспериментально на лабораторном стенде Университета прикладных наук г. Эрфурта (ФРГ) [2, 3, 4].

Вихревое устройство было применено на малярном участке ОАО НП КПП "Квант", где технологический процесс окрашивания осуществляется краскораспылителем. Наличие распыливающего пневмооборудования на малярном участке упростило проектирование подвода сжатого воздуха к вихревому устройству. Организация подвода теплых и холодных потоков воздуха непосредственно в окрасочную камеру обеспечило не только регулирование параметров микроклимата, но и оптимизацию технологического процесса нанесения лакокрасочных покрытий. Чем больше температура, при которой осуществляется окрашивание, тем интенсивнее проявляется адгезия эмали поверхностью детали. Помимо положительного эффекта для технологиче-

ского процесса, изменяется количество образующихся ЗВ (красочный аэрозоль распространяется по объему РЗ в меньшей степени, а пары растворителей при повышенных температурах быстрее испаряются и направляются в систему местной вытяжной вентиляции).

Для обеспечения нормативных параметров воздуха в помещении малярного участка предложено организовать воздушное душирование с подачей теплых и охлажденных потоков воздуха от вихревой системы в зависимости от периода года. В потоке воздуха из душирующего патрубка, направленном к голове, туловищу и верхней части ног (до колен) человека обеспечены равномерная скорость и одинаковая температура. Расстояние от кромки душирующего патрубка до рабочего места не менее 1 м. Минимальный диаметр патрубка приняли равным 0,3 м. Подвод теплых потоков в холодный период и охлажденных в теплый период года предложено под-

вести снизу окрасочной камеры под углом, направляя потоки на человека. Скорость выхода воздушных потоков из душирующих патрубков $v_0 = 0,35$ м/с для теплого периода года и $v_0 = 0,23$ м/с для холодного периода года. Полученные значения скорости соответствуют нормативным. План малярного участка с обозначением элементов вихревой системы представлен на рис. 2.

Результаты внедрения вихревой системы на малярном участке ОАО НП КПП "Квант" показывают, что значения температуры в воздухе РЗ достигают оптимальных значений (см. таблицу).

В результате внедрения вихревой системы на малярном участке технологический процесс нанесения лакокрасочных материалов осуществляют с подводом теплых потоков в проем окрасочной камеры, что позволило повысить качество покрытия, уменьшило количество наносимых слоев эмали и снизило концентрацию испаряющихся растворителей.

Дальнейшие исследования позволят усовершенствовать вихревые технологии для обеспечения нормативных параметров воздушной среды производственных помещений.

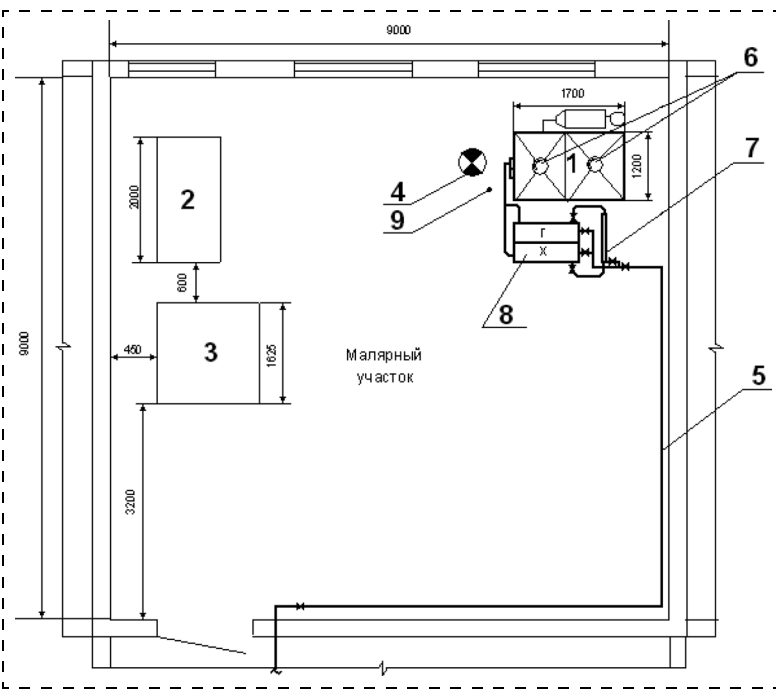


Рис. 2. План малярного участка:

1 — камера окрасочная; 2 — шкаф сушильный; 3 — стеллажи; 4 — рабочая зона; 5 — промышленная сеть сжатого воздуха; 6 — вытяжная вентиляция; 7 — вихревое устройство; 8 — теплообменники; 9 — точка замера параметров микроклимата



Список литературы

1. Самарская Н. С. Обоснование возможности применения вихревой технологии для решения технологических, санитарно-гигиенических и экологических задач для малярного участка НП КПП завода "Квант": Промышленная экология // Материалы Международной школы-семинара. — Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2003. — 110 с.
2. Самарская Н. С. Совершенствование математических зависимостей, характеризующих поле скоростей в вихревых устройствах: "Строительство-2005" // Материалы Междуна-

родной научно-практической конференции. — Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2005. — 356 с.

3. Самарская Н. С. Экспериментальная проверка теоретических исследований аэродинамических параметров вихревых устройств: "Строительство-2005" // Материалы Международной научно-практической конференции. — Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2005. — 356 с.
4. Mischner J., Bepalov V. I. Zur Thermo- und Gasdynamik des Ranque-Hilsch-Rohres. Fortschr. — Ber. VDI Reihe 3 Nr. 743. — Duesseldorf: 2002. — 174 s.

УДК 614.8.084

А. Ю. Варфоломеев, Е. Н. Щепеткина, канд. техн. наук, доц.,
Архангельский Государственный Технический Университет (АГТУ)

Организация безопасной жизнедеятельности во Всероссийском студенческом строительном отряде на Соловецких островах

Описан опыт организации в 2003—2007 гг. безопасного труда, быта и отдыха российских и иностранных студентов из разных регионов в строительном отряде на Соловецких островах в Белом море вблизи Северного полярного круга. Рекомендовано использовать индивидуальные карточки по технике безопасности для учета нарушений, влияющих на коэффициент трудового участия и заработную плату.

Лето — лучшее время для строительства, ремонта и реставрации на Севере. Однако многие северяне для сохранения здоровья уезжают со своими детьми на каникулы отдыхать на юг. Поэтому без помощи студенческих строительных отрядов (ССО) на Севере проблему сезонных рабочих кадров решить трудно.

Как и во многих регионах страны, в Архангельской области во время перестройки движение ССО замерло более чем на 10 лет. Деятельность по его возрождению началась с 1998 г. на кафедре инженерных конструкций и архитектуры АГТУ. Работу первых ССО в новых социально-экономических условиях организовали в 2000 г. в г. Архангельске, Котласском и Плесецком районах. Помимо обеспечения вторичной занятости студентов и улучшения их материального благосостояния отряды позволяют приобрести дополнительные профессиональные навыки, пройти практическую школу будущим инженерам, управленцам, педагогам, юристам, спасателям, подготовить учащуюся молодежь к самостоятельному вступлению в социально-экономические отношения на современном рынке труда [1].

Летом 2001 г. в России трудились 24 179 человек в составе 745 разнопрофильных студенческих отрядов, 2002 г. — 81 937 человек в 1675 отрядах, 2003 г. — 109 967 человек в 2577 отрядах, 2004 г. — более 150 000 человек по 32 специальностям в более 3500 отрядах, 2005 г. — около 156 000 человек в 4500 отрядах, 2006 г. — более 170 000 человек в около 5000 отрядах [2]. Их численность ежегодно увеличивается, поэтому вопросы безопасной жизнедеятельности студентов в период летних трудовых семестров очень актуальны.

В г. Архангельске обучение студентов правилам безопасной жизнедеятельности в период их подготовки к работе в ССО в 2000—2005 гг. проводили на строительном факультете АГТУ, а в 2006—2007 гг. — в межрегиональном штабе студенческих отрядов Архангельской области и Ненецкого автономного округа. Для этого был разработан специальный курс лекций, подготовлено и издано методическое пособие "Охрана труда в студенческих отрядах" [3]. Указанный курс разделен на шесть следующих разделов:

- правовые и организационные основы охраны труда;
- производственная санитария и гигиена труда;
- техника безопасности в строительстве;
- пожарная безопасность;
- организация доврачебной помощи пострадавшим при несчастных случаях;
- основные требования по обеспечению безопасных условий быта.

Для студентов, обучавшихся на факультетах не строительного профиля, было организовано обучение основам строительного дела. Общая численность



студенческих отрядов в Архангельской области достигала 660 человек в год, что больше штатного состава крупного строительного-монтажного треста.

В 2001 г. на кафедре инженерных конструкций и архитектуры АГТУ был разработан инновационный проект создания на территории Архангельской области первого после перестройки в нашей стране всероссийского студенческого строительного отряда (ВССО). Местом его дислокации выбрали Соловецкие острова, где предстояло выполнить большие объемы реставрационных и ремонтно-строительных работ. После соответствующих согласований на Соловецкий архипелаг, расположенный в Белом море в 165 км от Северного полярного круга, в 2003 г. из разных регионов прибыли студенты первого ВССО, ранее не знакомые друг с другом. Некоторые из них не имели не только производственного стажа, но и опыта самостоятельной жизни вне своей семьи.

При организации деятельности ВССО самым важным являлось создание безопасных условий труда, быта и отдыха студентов в специфических климатических и бытовых условиях северных островов. Следовало учитывать, что в экстренных случаях, когда может потребоваться сложное медицинское оборудование, пострадавшему невозможно быстро оказать помощь из-за большой удаленности от материка, поскольку транспортная связь возможна лишь самолетами и теплоходами при отсутствии штормовой погоды.

В отряд принимали студентов в возрасте не менее 18 лет. Все проходили медицинское освидетельствование и теоретическое обучение по курсу "Охрана труда" со сдачей экзамена. Для самообразования в отряде имелась специальная литература по охране труда и строительному производству. С каждым студентом был заключен трудовой договор в соответствии с ТК РФ [4]. Для обеспечения социальных гарантий при возникновении страховых случаев студенты были зачислены в штат организации-работодателя еще в Архангельске, благодаря чему проезд к месту работы и обратно попадал в период трудовых отношений. В 2007 г. на одно место в ВССО было 62 претендента.

Много трудностей возникало при доставке студентов к месту дислокации на нескольких видах транспорта с пересадками и ожиданиями. В 2005—2007 гг. студенты с большим количеством багажа добирались на поездах по маршруту Архангельск — Обозерская — Кемь, затем на автобусе в порт Рабочееостровска, а далее — на корабле. В 2007 г. судно попало в шторм, были пострадавшие от морской болезни. На архипелаг прибыли с большим опозданием. Проблем со здоровьем на суше ни у кого не возникло. В 2005 г. студенты возвращались в Архан-

гельск на многопалубном морском пассажирском теплоходе "Клавдия Еланская", а в 2006—2007 гг. — рейсовыми самолетами. Вылеты неоднократно задерживали из-за дождливой штормовой погоды.

Перед выездом все проходили инструктаж по мерам безопасности в пути. Опыт 2005—2007 гг. показал, что избыток впечатлений от смены обстановки нередко притуплял бдительность и осторожность студентов, что могло стать причиной несчастного случая. Поэтому во время проезда руководство отряда предпринимало строгие меры контроля за соблюдением правил безопасности.

При приеме на работу со студентами проводили вводный и первичный инструктажи по охране труда. Студенты выполняли разные виды строительных работ: земляные, бетонные, плотничные, отделочные, каменные, погрузочно-разгрузочные и др. С 2004 г. они занимались в основном устройством инженерных коммуникаций: прокладкой кабелей электропитания, систем канализации и водопровода. За сравнительно короткий срок им пришлось выполнить большие объемы трудоемких и достаточно сложных в техническом отношении работ. Поскольку земляные работы были основными, то каждому выдали под роспись экземпляр инструкции по охране труда землекопов. При изменении вида работ регулярно проводили инструктажи на рабочем месте. Руководство отряда, инженерно-технический персонал организации-работодателя, ученые из Института археологии Российской академии наук, которые всегда присутствовали при производстве земляных работ, осуществляли контроль за безопасным ведением работ. У студентов имелись необходимые средства индивидуальной защиты: рукавицы, каски, респираторы, защитные очки, спецодежда и пр.

В 2005 г. в отряде работали российские и иностранные студенты. Общение вели на английском языке, но перед допуском на производство иностранцев обучили основным русским словам и фразам, связанным с работой и предупреждением об опасности. Связь с отрядом была устойчивая: почта, мобильные и стационарные телефоны, Интернет, две постоянно работающие веб-камеры Соловецкого кремля.

Для организации нормальной, интересной жизни отряда на острове разрабатывали план мероприятий после рабочего времени, а также в выходные и праздничные дни. При организации досуга студентов, в том числе занятий спортом, также продумывали вопросы безопасности. На Соловецких островах много озер с ключевой водой, кругом холодное Белое море, что может представлять опасность при купании или путешествиях. Поэтому в отряде был введен запрет на купание поодиночке. В теплое вре-



мя разрешалось купаться группами только в Святом озере в специально отведенном месте. При похолоданиях во избежание простудных заболеваний купаться запрещалось. Студенты были ознакомлены с требованиями по организации безопасного купания.

На Соловецком архипелаге много очень ветхих и давно не ремонтировавшихся старинных объектов. Нахождение вблизи них всегда сопряжено с опасностью. Поэтому все члены отряда получили строгое предупреждение о запрете посещения ветхих либо реставрируемых объектов, где имелись ограждения или знаки предупреждения об опасности. За несанкционированный подъем по лесам к куполу реставрируемой колокольни XVII века в 2005 г. трем членам отряда пришлось снизить на 10 % коэффициент трудового участия и, соответственно, заработную плату.

Учитывая специфику дислокации, в состав ВССО с 2006 г. стали обязательно включать студентов Северного государственного медицинского университета, которые следили не только за здоровьем своих товарищей, но и за соблюдением правил гигиены и санитарии. Благодаря этому в 2006—2007 гг. в отряде существенно сократились временные проблемы со здоровьем. Рационально использовался отрядный запас специальных медикаментов и стандартных медицинских аптек.

Анализ статистических данных о состоянии здоровья членов отряда, накопленных за 2005—2007 гг., показал, что до 50 % студентов за первые три дня работы получали мозоли, несмотря на использование рукавиц, что объясняется отсутствием профессиональных навыков к регулярной физической работе. В этот период расходовалась основная часть отрядного запаса пластыря. Проблемы с мозолями исчезали в среднем через неделю.

Около 80 % членов отряда за трудовой сезон получали простудные заболевания. Это объясняется климатическими условиями на северном острове с резкой сменой погоды и холодными ветрами. Продолжительность таких заболеваний не превышала 3—5 дней. Чаще всего пострадавшие обходились прогреванием, полосканием горла. В случае обострения заболевания (около 10 % от количества заболевших) больной проходил обследование в поселковой больнице. Расстояние от работы и дома до нее не превышало 800 м. Прописанные лекарства можно было приобрести в аптеке.

Путем опроса и анкетирования в 2005 г. было установлено, что из-за отсутствия жизненного опыта

3/4 студентов на первое место по значимости ставили заработную плату, а не безопасность труда. Требовалось разработать комплекс мероприятий, который бы обеспечил повышение приоритета требований безопасности в сознании каждого члена отряда. Для этого решили увязать соблюдение правил безопасной жизнедеятельности с заработной платой.

С этой целью была разработана специальная индивидуальная карточка по технике безопасности с тремя талонами для учета нарушений. После сдачи экзамена по охране труда такую карточку получал каждый член отряда. В ней указаны фамилия, имя, отчество студента, индивидуальный номер налогоплательщика, номер пенсионного страхового свидетельства, контактные телефоны и адреса близких людей для экстренной связи в случае чрезвычайного происшествия. Командир отряда имел право вписать в талон замечание с указанием допущенного нарушения. Нарушителям правил безопасности снижали коэффициент трудового участия и соответственно заработную плату. За три нарушения могли исключить из отряда и отправить домой.

Об эффективности разработанной методики контроля за соблюдением правил безопасной жизнедеятельности с использованием мер материальной заинтересованности свидетельствуют положительные результаты ее трехлетней апробации — в ВССО не было травматизма на производстве, в быту и на отдыхе. Это позволяет рекомендовать применять индивидуальные карточки по технике безопасности для учета нарушений не только в других студенческих отрядах, но и на предприятиях. Решение об использовании такой методики контроля за соблюдением правил охраны труда может быть принято в коллективном договоре организации.

Список литературы

1. Ситкин М. Н., Варфоломеев А. Ю. Формирование студенческих стройотрядов: решение образовательных и кадровых проблем // Экономика и управление. — 2007. — Сентябрь. Спецвыпуск. — С. 46—47.
2. Варфоломеев А. Ю., Кононова А. Н., Тильман И. А., Кузовлев И. Н. Координация деятельности студенческих отрядов на Всероссийском слете в Кемерово // Роль студенческих отрядов в развитии региона: Сб. тезисов докладов научно-практической конференции. Вып. 1. — Архангельск: КИРА, 2006. — С. 31—33.
3. Щепеткина Е. Н. Охрана труда в студенческих отрядах: методическое пособие: — Архангельск: АГТУ, 2005. — 89 с.
4. Трудовой кодекс Российской Федерации.

УДК 625.098

Ю. Б. Моисеев, д-р мед. наук, доц.,
ГНИИИ ВМ МО РФ

Медико-биологические подходы к регламентированию действия ударных перегрузок на организм человека

Показано, что медико-биологические подходы к регламентированию ударного воздействия вытекают из особенностей реагирования организма человека на ударную перегрузку (УП). К числу таких особенностей нужно отнести следующие: 1) широкий спектр и фазовый характер реакций организма человека на УП; 2) наличие закономерных зависимостей реакции организма на физические параметры УП; 3) широкая вариабельность устойчивости человека к УП различных направлений. Базируясь на этих особенностях, предлагается многоуровневая, многокритериальная и вероятностная система регламентирования ударных воздействий на человека.

Ударные перегрузки УП являются агрессивным фактором механической природы, нередко приводящим к травмированию и даже гибели людей. С небольшими по интенсивности, не выходящими за рамки экологически привычных ударными воздействиями человек многократно сталкивается в процессе своей обычной жизнедеятельности (ходьба, бег, прыжки). Ударные перегрузки, потенциально опасные с точки зрения возникновения травм и заболеваний, сопровождают деятельность некоторых профессионалов (спортсмены, особенно спортсмены-парашютисты, летчики палубной авиации и некоторые другие). Однако чаще всего неблагоприятное действие УП проявляется в аварийных ситуациях. К их числу принадлежат, прежде всего, транспортные аварии (дорожно-транспортные происшествия, крушения поездов, авиационные происшествия), а также падения людей с большой высоты. Это неблагоприятное действие часто ведет к тяжелым повреждениям организма, приводящим к инвалидности и даже гибели.

Для сохранения жизни и здоровья людей в таких случаях создаются различные средства противоударной защиты. Однако эффективность подобных средств во многом зависит от требований или тех нормативов, на основании которых они создаются. Таким образом, степень защиты человека от УП в значительной мере определяется характером регламентирования ударного воздействия на человека. На формирование соответствующих нормативов влияют различные факторы: характеристики УП, от которых необходимо защитить человека (особенно вероятностные распределения физических параметров УП, сопровождающих те или иные ситуации);

условия ударного воздействия на человека; технологический уровень промышленности и многие другие. Однако в первую очередь, по мнению автора, при разработке нормативов и требований к средствам противоударной защиты должны учитываться проблемы, связанные с биологической природой человека. В связи с этим необходимо рассмотреть медико-биологические подходы регламентирования ударного воздействия на человека.

Эти подходы вытекают из особенностей реагирования организма человека на ударную перегрузку. К числу таких особенностей нужно отнести следующие:

- 1) широкий спектр и фазовый характер реакций организма человека на УП;
- 2) наличие закономерных зависимостей реакции организма на физические параметры УП;
- 3) широкую вариабельность устойчивости человека к УП различных направлений.

Рассмотрим эти особенности и вытекающие из них подходы к нормированию подробнее.

Широкий спектр и фазовый характер реакций организма человека. Ударная перегрузка в зависимости от интенсивности и условий действия вызывает различные ответные реакции организма — от неспецифических минимальных, обусловленных преимущественно психоэмоциональным напряжением, до крайне тяжелых повреждений, вплоть до смертельных. На рис. 1 приведена схема, иллюстрирующая эту особенность на примере реакций, вызванных УП в направлении "голова-таз".

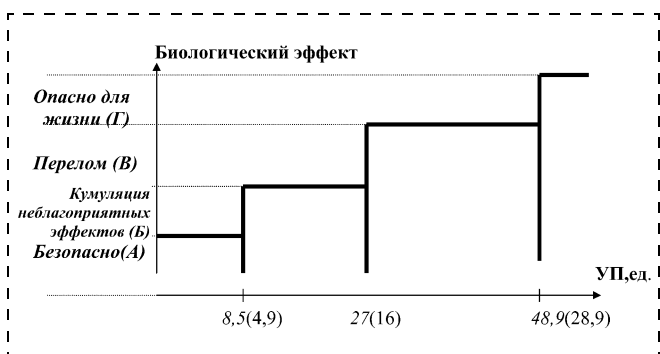


Рис. 1. Зависимость биологических эффектов (различных фаз реакции) от величины УП "голова-таз". Курсивом показаны величины УП, вызывающие соответствующие реакции у человека со средней переносимостью УП, в скобках — у человека с низкой переносимостью УП

Первый диапазон, или фаза А характеризуется полным отсутствием повреждений структур организма, в частности, структур позвоночного столба. Вместе с тем, внутренние деформации тканей приводят к раздражению многочисленных механорецепторов, что, в свою очередь, вместе с психоэмоциональным напряжением, вызванным необычной ситуацией, формирует типичную реакцию умеренно выраженного стресса. Эта фаза носит приспособительный характер и проявляется, прежде всего, учащением сердечных сокращений и увеличением частоты дыхания. Как правило, чем интенсивнее УП, тем выше прирост частоты сердечных сокращений и дыхательных движений. Ударные воздействия, соответствующие этому диапазону, практически не оставляют вредных изменений в организме. Однако такие УП способны кратковременно ухудшить качество тонкой операторской деятельности, как за счет стресса, так и в связи с инерционным смещением частей тела оператора (рук, удерживающих органы управления; ног, взаимодействующих с педалями, и т. п.).

Для *второго диапазона (фаза Б)* характерно появление структурных микроразрушений (микрповреждений) в организме. Деформации части костных балок в телах позвонков превышают критические величины, происходят их микропереломы. Чем выше интенсивность УП, тем большая доля костных трабекул повреждается. Вместе с тем, тела позвонков сохраняют свою целостность, и внешне описанные микроповреждения не проявляются. Со временем в нормальных условиях происходит полное восстановление костной ткани позвонков. Таким образом, однократное воздействие УП "голова-таз", соответствующей диапазону Б, практически безвредно для человека. Однако, если ударные воздействия повторяются достаточно часто, а промежуток времени между ними меньше, чем срок полного восстановления, происходит накопление неблагоприятных изменений (кумуляция) и формирование осложнений. Известно, что у спортсменов-парашютистов, периодически подвергающихся действию УП "голова-таз", закономерно развиваются дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночного столба [1]. Таким образом, второй диапазон, или вторая фаза реакции на ударное воздействие качественно отличается от первой. Если УП, соответствующие диапазону А, являются абсолютно безопасными, и у человека даже при многократном их воздействии не возникнет никаких патологических изменений, то перегрузки, присущие второму диапазону Б, характеризуются возможностью кумуляции неблагоприятных эффектов и развитием патологических состояний при повторных воздействиях УП.

УП "голова-таз", вызывающие *реакции третьего диапазона (фаза В)*, ведут к стабильному перелому позвоночника. Такие переломы являются достаточно серьезной травмой и в отличие от повреждений,

сопутствующих второму диапазону, требуют обязательного стационарного лечения пострадавшего. Вместе с тем они не сопровождаются смещением отломков в спинно-мозговой канал и, как правило, не ведут к тяжелым осложнениям, обусловленным повреждениями спинного мозга. Прогноз в отношении таких пострадавших благоприятен, и после лечения они могут вернуться к нормальной деятельности. Чем интенсивнее УП, тем выраженнее степень перелома тела позвонка (от единичной трещины замыкательной пластинки без изменения высоты тела позвонка — первая степень по классификации Г. П. Ступакова и др. [2] до разрушения тела на несколько связанных друг с другом фрагментов и значительной клиновидной деформации — четвертая степень) и тем больший срок лечения необходим для выздоровления пострадавшего. Вместе с тем, сохранение стабильности позвоночного столба практически полностью исключает осложнения, связанные с повреждением спинного мозга и представляющие потенциальную опасность для жизни человека.

Четвертый диапазон (фаза Г) соответствует потенциально смертельным и смертельным травмам. Переломы позвоночника, вызываемые УП "голова-таз", характерных для данного диапазона, являются нестабильными и с высокой долей вероятности приводят к опасным для жизни осложнениям, вызванным, прежде всего, повреждениями спинного мозга.

Аналогичную градацию реакций можно построить в отношении действия УП других направлений.

Таким образом, по мере возрастания интенсивности УП происходит последовательное, непрерывное усиление изменений в организме человека, которые, достигая неких пороговых величин, вызывают качественные сдвиги в функциональном состоянии — фазы реакций. При регламентировании ударного воздействия на человека можно и нужно ориентироваться на те или иные типы (фазы) реакций в зависимости от условий, в которых данный механический фактор действует на человека.

Поясним этот подход на примере. В том случае, если определенная группа людей сталкивается с УП постоянно при выполнении своих штатных обязанностей (например, спортсмены-парашютисты или летчики палубной авиации), допустимым является уровень УП первого диапазона реакций — абсолютно безопасные, а перегрузки, соответствующие второму диапазону (вызывающие кумуляцию неблагоприятных эффектов), — недопустимы. Если УП действует на человека только в аварийных условиях (практически все дорожно-транспортные происшествия, большинство авиационных происшествий), то допустимым уровнем воздействия служат УП, характерные для второго диапазона реакций, а УП, вызывающие третий диапазон (повреждения, тре-



бующие обязательного стационарного лечения), уже неприемлемы. И, наконец, крайне редкие аварийные ситуации, обусловленные неблагоприятным стечением обстоятельств, когда существующие технологии не позволяют полностью защитить человека от ударного воздействия (например, аварийная ситуация в полете, когда для спасения летчика необходимо осуществить вынужденное катапультирование из самолета на фоне действия больших пилотажных ускорений), требуют такого снижения интенсивности УП, чтобы избежать реакций по крайней мере четвертого, потенциально смертельного уровня.

Таким образом, учет широкого спектра и фазового характера реакций организма на УП предполагает переход к *многоуровневому регламентированию* ударного воздействия на человека.

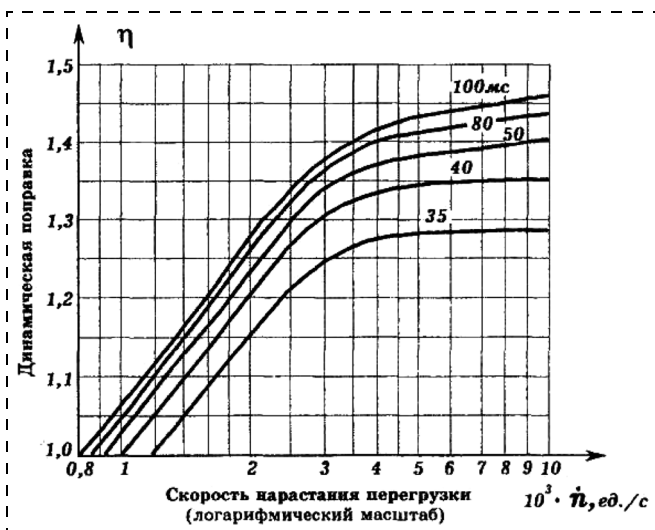


Рис. 2. Динамическая поправка травмирующего значения ударной перегрузки (η) в зависимости от скорости ее нарастания (n) и времени действия (указано непосредственно над кривыми)

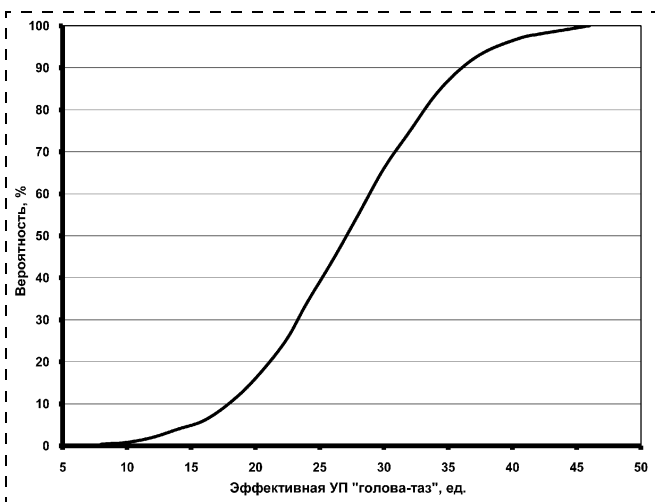


Рис. 3. Риск возникновения перелома позвоночника в зависимости от величины эффективной УП "голова-таз"

Наличие закономерных зависимостей реакции организма на физические параметры УП. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказана количественная связь реакции организма с физическими характеристиками УП (направление относительно оси тела человека, амплитуда, длительность, скорость нарастания и т. п.) [2–4]. Рис. 2, 3 показывают примеры таких зависимостей для УП "голова-таз".

Организм человека по-разному реагирует на перегрузку длительностью меньше 35 мс и больше 35 мс. Установлено, что при времени действия УП до 35 мс результат воздействия зависит практически полностью от измененной скорости движения тела (перегрузки). Так, например, вероятность получения минимальной степени перелома позвоночника для этих условий описывается формулой [2]

$$P = 0,104 \cdot 4,333^{\Delta v},$$

где P — вероятность перелома, выраженная в процентах ($P \leq 50\%$); Δv — измененная в результате воздействия скорость движения тела человека (м/с).

При времени действия УП более 35 мс биологический эффект перегрузки определяется главным образом амплитудой и скоростью ее нарастания (градиентом). Скорость нарастания оказывает заметное влияние на реакцию организма при величинах, превышающих 800 ед/с.

Рис. 3 демонстрирует зависимость усиления травмирующего эффекта УП "голова-таз" от скорости ее нарастания по показателю динамической поправки (η). Для учета влияния градиента УП необходимо амплитуду зарегистрированной УП умножить на величину динамической поправки. Полученное в итоге значение так называемой эффективной перегрузки используется для расчета риска повреждения в соответствии с рис. 3, на котором приведена зависимость вероятности получения минимальной степени перелома позвоночника от величины эффективной перегрузки $n = n_0 \eta$, где n_0 — амплитуда перегрузки, измеренная в испытаниях.

Сходные закономерности установлены для УП других направлений [3]. Это позволило перейти к *многокритериальному нормированию*, а позже — к математическому моделированию такой реакции.

Широкая вариабельность устойчивости человека к УП различных направлений. На рис. 4 приведены кумуляты, описывающие переносимость (вероятность неблагоприятного исхода) молодыми здоровыми мужчинами УП и длительностью 0,1 с. Устойчивость к ударным воздействиям в человеческой популяции сильно варьируется. Например, переносимость УП "голова-таз" по критерию риска перелома тела позвонка колеблется в диапазоне от 16 единиц (5-перцентиль в популяции молодых здоровых мужчин) до 47 единиц (95-перцентиль в популяции молодых здоровых мужчин), а коэффициент вариации

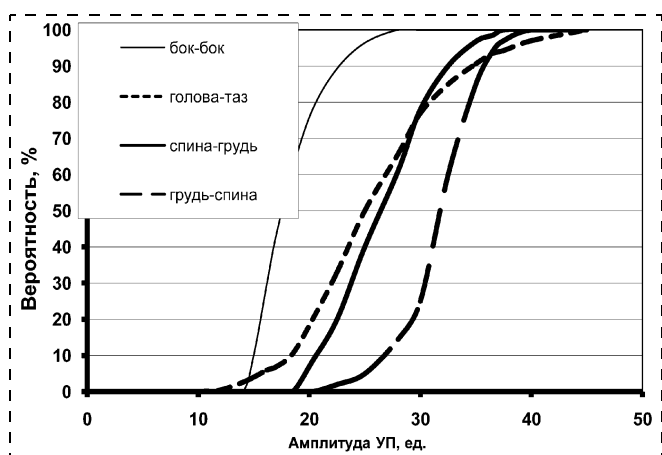


Рис. 4. Вероятность неблагоприятного исхода при УП различных направлений

этой переносимости составляет 29,5 %. Хотя в настоящее время изучена роль биометрических показателей, определяющих прочность позвонков, а, значит и индивидуальную устойчивость человека к УП "голова-таз", доступные для практического использования методики прогноза такой устойчивости не разработаны.

Выявление и описание закономерностей, определяющих эту вариабельность, позволило перейти к вероятностной оценке риска неблагоприятных эффектов ударного воздействия произвольного направления.

Таким образом, полноценный учет медико-биологических особенностей реакции организма на УП требует многоуровневой, многокритериальной и вероятностной системы регламентирования ударных воздействий на человека. Подобная система разработана и в значительной мере реализована применительно к УП, действующим на летный состав государственной авиации РФ.

Список литературы

1. **Калякин В. В., Моисеев Ю. Б.** Концептуальная модель процессов микроразрушений структур позвоночного столба при механических нагрузках // Медико-биологические проблемы в практике авиационных, технических и военно-прикладных видов спорта. — М., 1989. — С. 53—57.
2. **Ступаков Г. П., Козловский А. П., Казейкин В. С.** Биомеханика позвоночника при ударных перегрузках в практике авиационных и космических полетов. — Л.: Наука, 1987. — 240 с.
3. **Ступаков Г. П., Гозулов С. Д., Казейкин В. С.** Ударные перегрузки // Человек в космическом полете. — М.: Наука, 1997. — Т. III. — Кн. 2. — С. 68—98.
4. **Гирке фон Х. Е., Бринкли Д. В.** Ударные ускорения // Основы космической биологии и медицины. — М.: Наука, 1975. — Т. 2. — Кн. 1. — С. 232—264.

DUCTION'2008



PURE PR

Двадцать первая выставка и конкурс «ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ (НАТУРАЛЬНАЯ) И БЕЗОПАСНАЯ ПРОДУКЦИЯ»

21-24 ноября 2008г.

Москва, ВВЦ, павильон №26

Победители награждаются медалями конкурсов
“Экологически безопасная продукция”
“Экологически безопасные технологии”

Конференция «О формировании рынка
экологически безопасных товаров и технологий.
Экологически чистые районы (территории)»

Организатор – Международный экологический фонд
107076, г. Москва, ул. Матросская тишина, д.23/7, корп. 5, оф. 508
тел./факс: (495) 269-3311, 268-8667
E-mail: ecochistyproduct@mtu-net.ru, www.ecochistyproduct.ru

СЕРТИФИКАЦИЯ
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

УДК 614.841

Д. Н. Рубцов,
Академия ГПС МЧС России

Огневые испытания фланцевых соединений технологических трубопроводов

Приведены экспериментальные данные по разгерметизации фланцевых соединений в условиях пожара, полученные при помощи стенда, разработанного для изучения огнестойкости фланцевого соединения в условиях пожара.

Проблема повышения безопасности трубопроводных систем различного назначения важна для всех отраслей промышленности [1]. Наиболее уязвимый особенно при пожаре элемент трубопроводной системы — разъемное соединение, а именно, фланцевое соединение (ФС).

Определен ряд причин, по которым из ФС могут происходить утечки, как во время нормальных условий (НУ) эксплуатации, так и во время пожара. На рис. 1 видны три события, при которых возможны утечки и образование взрывоопасных концентраций (ВОК). Итог этих событий одинаков — увеличение масштабов пожара.

Известен ряд экспериментальных и теоретических исследований по вопросу поведения фланцевых соединений в условиях пожара [1, 2, 3, 4], но в этих работах нет четкого ответа о фактическом пределе огнестойкости фланцевых соединений, нет данных по нагреву их элементов.

В связи с этим была поставлена задача определения огнестойкости ФС. Огневой эксперимент по изучению огнестойкости фланцевых соединений трубопровода, который включает:

- создание тепловых нагрузок на фланцевое соединение адекватных пожару нефтепродуктов;
- измерение температуры шпилек, щеки фланцевого соединения, гаек;
- контроль давления в трубопроводе;
- обеспечение защиты от разрушения конструкции стенда, вследствие повышения давления при нагреве воды.

Существующие экспериментальные установки, в частности печи, предназначенные для исследования поведения строительных конструкций при нагреве, не могут удовлетворить вышеназванные задачи. Температурный режим, создаваемый в указанных печах, характеризуется так называемой стандартной кривой "температура—время" [5, 6]. В связи с тем, что эксперименты должны быть связаны с непосредственным воздействием открытого пламени пожара, температурный режим не попадет в область стандартной кривой. В связи с указанными обстоятельствами создан экспериментальный стенд.

Конструкция стенда для испытания (рис. 2) включает

- экспериментальную установку фланцевых соединений;
- поддон;
- систему измерения и регистрации параметров, включая оборудование для проведения фотосъемок.

Экспериментальная установка фланцевых соединений для проведения исследований состоит из двух стальных трубопроводов диаметром 100 мм с прива-

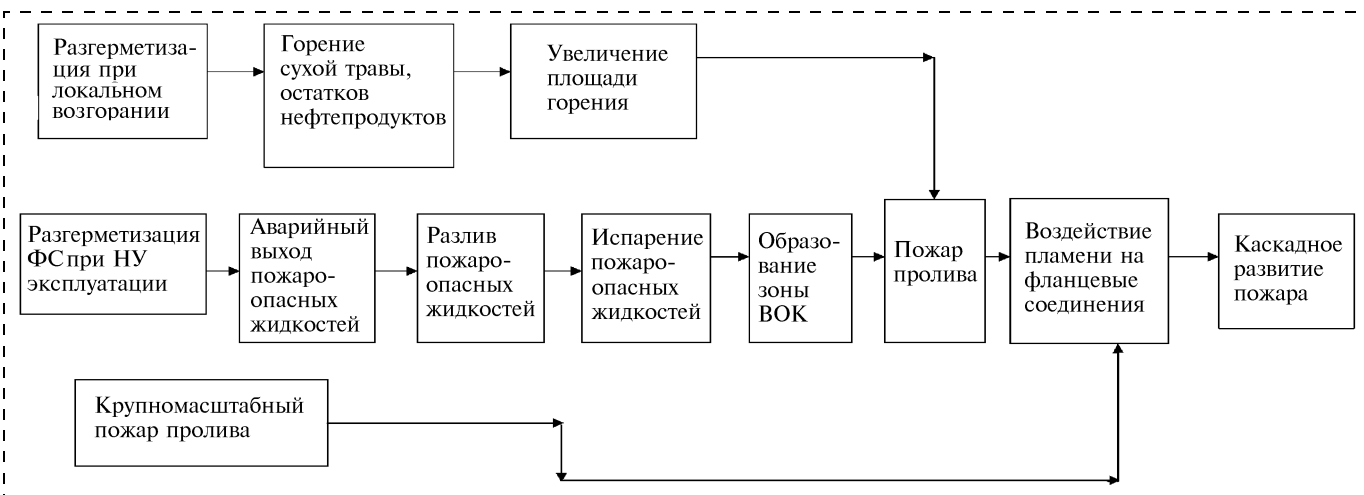


Рис. 1. Сценарий возникновения и развития аварийной ситуации с переходом в пожар при нарушении герметичности фланцевого соединения

ренными фланцами. Установка расположена на металлических штативах 3, позволяющих изменять высоту расположения образца над очагом пожара.

Для соединения трубопровода использованы фланцы плоские, стальные, круглого сечения, привариваемые к трубе встык.

Уплотнение фланцевого соединения имеет круглое сечение (в виде колец) и изготовлено из паранита. Герметичность соединения достигается за счет деформации паранитовой прокладки, уложенной между привалочными поверхностями фланцев и сжатой ими при затяжке шпилек.

Для создания тепловых нагрузок на фланцевое соединение во время проведения экспериментов необходимо определить подходящий размер очага пожара. Для решения этой задачи использована методика, предложенная в диссертационном исследовании Яна Решегара [7].

Температуры образца определяются с помощью программируемого восьмиканального измерителя-регистратора 6 тепловых процессов "Терем-3".

Термопары 7 устанавливаются методом зачеканивания на каждом элементе фланцевого соединения на гайку, шпильку и щеку фланца. Точки измерения температур находятся в лобовой (нижней), боковой и кормовой (верхней) точках обогреваемой поверхности.

Для контроля избыточного давления в экспериментальной установке фланцевого соединения перед перекрытым краном 9 устанавливается манометр 10.

Кран, манометр и предохранительный клапан 11 находятся в одном узле со стороны трубопровода. Данный узел защищен от прямого воздействия пламени (металлическим щитом 8 с периодическим орошением) так как пружина предохранительного клапана не должна нагреваться выше 200 °С [8].

Горючая жидкость — дизельное топливо.

Методика проведения эксперимента заключается в определении времени от начала теплового воздействия на образец до наступления предельного состояния этого образца.

На рис. 3 представлен фрагмент проведения эксперимента при омывании пламенем фланцевого соединения.

Эксперименты ставились с целью изучения распределения температуры в элементах фланцевого соединения при омывании пламенем, определения фактического предела огнестойкости фланцевого соединения, определения признака потери огнестойкости для фланцевого соединения или

наступление его предельного состояния, определения влияния степени затяжки шпилек и толщины уплотнительной поверхности (прокладки) на огнестойкость фланцевого соединения.

Рассмотрим распределение температур в элементах фланцевого соединения в результате омывания открытым пламенем модельного очага пожара.

Как показали измерения, температура в элементах фланцевого соединения меняется с увеличением высоты расположения точек измерения. Анализ проведенных экспериментов установил, что шпилька нагревается быстрее других деталей фланцевой арматуры, причем независимо от высоты расположения во фланцевом соединении. Установлено, что во всех экспериментах максимальные температуры реализуются в лобовой точке. Боковая точка во

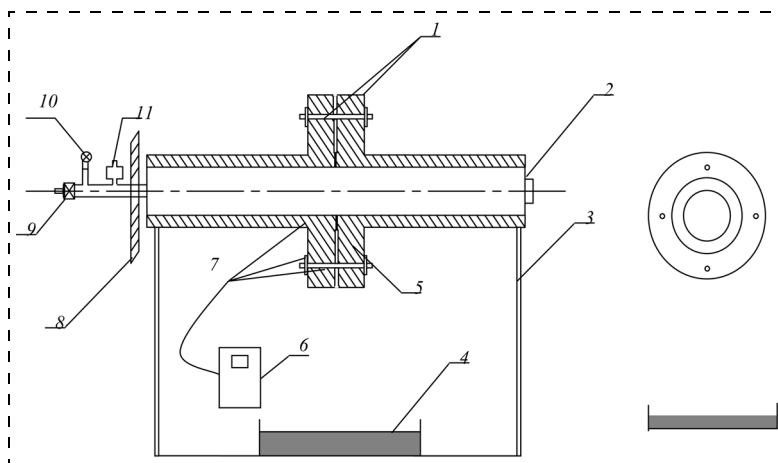


Рис. 2. Принципиальная схема стенда для проведения экспериментальных исследований:

1 — узлы соединения, 2 — заглушка, 3 — металлические штативы, 4 — поддон, 5 — фланцевое соединение, 6 — регистратор температур "Терем-3", 7 — термопары, 8 — защитный лист, 9 — перекрытый кран, 10 — манометр, 11 — предохранительный клапан

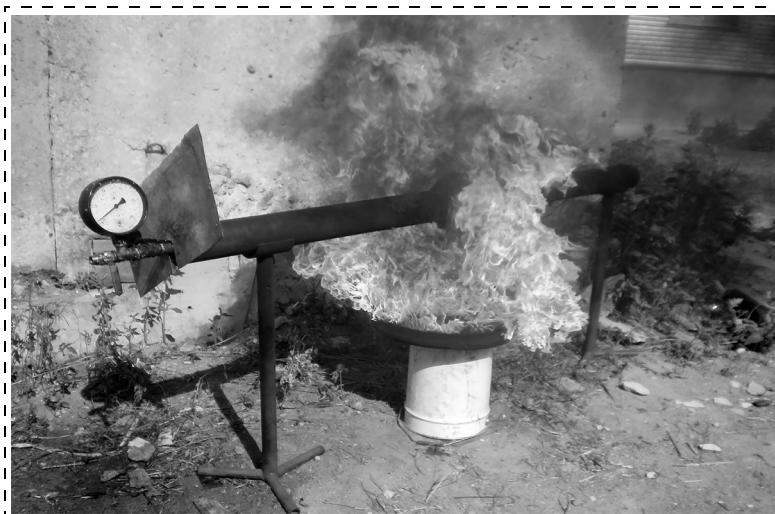


Рис. 3. Фрагмент проведения эксперимента при омывании пламенем фланцевого соединения



Распределение температур в элементах фланцевого соединения

Максимальные температуры, полученные в экспериментах, °С							
Лобовая точка			Боковая точка		Кормовая точка		
Шпилька	Гайка	Щека фланца	Шпилька	Гайка	Шпилька	Гайка	Щека фланца
259	250	240	209	199	196	183	191
Средние значения температур, °С							
Лобовая точка			Боковая точка		Кормовая точка		
Шпилька	Гайка	Щека фланца	Шпилька	Гайка	Шпилька	Гайка	Щека фланца
219	203	190	165	140	123	116	110

фланцевом соединении имеет более низкие показания температур по сравнению с лобовой точкой. Кормовая точка меньше всего подвержена температурному воздействию.

Экспериментальные данные по максимальным и средним температурам в элементах фланцевого соединения за все серии экспериментов представлены в таблице.

Из таблицы видно, что шпилька прогревается быстрее других деталей фланцевой арматуры. Шпилька во всех трех точках по фланцевому соединению приобретает максимальную температуру.

Теплообмен фланцевого соединения, омываемого пламенем, является лучисто-конвективным теплообменом, который при поперечном обтекании фланцевого соединения наиболее интенсивный в лобовой точке и по окружности ФС. Лучистые тепловые потоки по окружности фланцевого соединения тоже меняются, так как на различные части цилиндра излучаются различные области пламени. По-видимому, наибольшие лучистые тепловые потоки приходятся также на лобовую часть фланцевого соединения.

Предел огнестойкости фланцевого соединения определили как среднее арифметическое значение времени, при котором наступало предельное состояние в экспериментах. Это время составило 7,5 мин согласно результатам восьми экспериментов, что подтверждает уязвимость фланцевых соединений в пожаре.

Следует отметить, что в значительной степени на нагрев элементов фланцевого соединения при его полном омывании пламенем на открытом пространстве влияет ветер и его скорость. При проведении экспериментов ветра практически не было, но иногда случались небольшие порывы, которые в некоторых случаях полностью отсекали пламя на несколько секунд, что в свою очередь приводило, по крайней мере, к прекращению нагрева, а возможно и к охлаждению фланцевого соединения. Это подтверждается рядом экспериментов, когда при срыве

пламени разгерметизация происходила несколько позже, чем в остальных экспериментах.

Обязательным следует отметить, что эксперименты проводились при разных толщинах прокладок 3 и 5 мм и разных степенях затяжки шпилек. Как показали опыты, эти факторы никак не влияют на время разгерметизации, т. е. на огнестойкость фланцевых соединений. Во время подготовки экспериментальной установки к следующему эксперименту, при замене использованной прокладки на ней не было обнаружено никаких следов термического воздействия, что подтверждает причину разгерметизации вследствие удлинения шпильки.

Выводы

1. Впервые предложена и апробирована экспериментальная методика по определению фактических пределов огнестойкости фланцевых соединений.
2. Установлено, что потеря огнестойкости фланцевого соединения при омывании его пламенем пожара наступает, примерно через 7,5 мин.

Список литературы

1. Березин В. А. Метод исследования герметичности фланцевых соединений // Труды высшей инженерной пожарно-технической школы. — 1978. — Вып. 4. — С. 48—51.
2. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. — М.: Недра, 1984. — 151 с.
3. Парцевский В. В., Ильин В. Н. Ползучесть металлических элементов конструкций в условиях пожара: Лекция. — М.: ВИПТШ МВД СССР. 1990. — 56 с.
4. Заикин С. В. Разработка огнезащитного укрытия для запорной и фонтанной арматуры нефтяных скважин // Пожарная безопасность. — 2005. — № 5. — С. 87—92.
5. Пожарная профилактика в строительстве / Грушевский Б. В., Яковлев А. И., Кривошеев И. Н. и др. — М., 1985. — 451 с.
6. ГОСТ 30247.0—94. Конструкции строительных. Методы испытания на огнестойкость. Общие требования.
7. Ренетар Ян. Исследование граничных условий для расчета огнестойкости строительных и технологических конструкций, омываемых пламенем при пожаре: Дис. канд. техн. наук / ВИПТШ МВД СССР. — М.: 1980. — 166 с.
8. Вихман Г. Л., Круглов С. А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. — М.: Машиностроение. — 1978. — 326 с.

УДК 377.35:629

Г. В. Бойко, канд. техн. наук, доц., **В. Н. Федотов**, канд. техн. наук, доц.,
Е. В. Богданова, асп.,
Волгоградский государственный технический университет

Исследование антропогенного воздействия пассажирских транспортных средств малой вместимости

Проблема повышения безопасности дорожного движения приобрела особую остроту для крупных городов в связи с расширением обслуживания пассажиров транспортными средствами малой вместимости — маршрутными такси. В настоящей работе проведен анализ влияния транспортных потоков с интенсивным движением маршрутных такси на риск дорожно-транспортного происшествия (ДТП) и экологию в зоне городских автомагистралей, а также предложены некоторые пути снижения антропогенного воздействия на городских маршрутных перевозках.

Развитие рыночной экономики в России расширило потребность в передвижении групп населения крупных мегаполисов по времени и месту, при одновременном уменьшении численности групп с одинаковыми целями.

В этой ситуации вскрылась неспособность большинства автотранспортных предприятий обеспечить передвижение всех пассажиров до цели поездки из-за недостаточной разветвленности внутригородской маршрутной сети, и эксплуатации подвижного состава большой пассажироместимости.

Поэтому для многих городов стало характерным широкое использование для обслуживания пассажиров маршрутных такси, пассажироместимостью которых не превышает 15 мест, при постоянном увеличении как числа маршрутов, так и числа транспортных единиц.

Маршрутные таксомоторные перевозки обеспечивают рациональное сочетание удобств, свойственных такси, с экономичностью перевозки в автобусном сообщении. Одновременное обслуживание небольшой группы людей делает поездку более комфортабельной (в микроавтобусе только посадочные места), позволяет частично учесть индивидуальные требования пассажиров (остановка по требованию), повысить скорость сообщения и значительно сократить (по сравнению с такси) стоимость поездки.

При постоянстве трассы маршрута и его конечных пунктов промежуточные остановки могут не фиксироваться, а производиться по требованию пассажиров. Все это способствует уменьшению времени подходов пассажиров к остановкам и к цели поездки. Движение маршрутных такси осуществляется

с относительно высокой периодичностью, что сокращает время ожидания пассажиром транспортного средства на остановке. Большое количество разнообразных маршрутов, охватывающих даже самые отдаленные пункты и направления, позволяет выбрать пассажиру наиболее удобный для него маршрут, что сокращает время поездки и избавляет от необходимости совершать пересадки.

Наибольший интерес для коммерческих автотранспортных перевозок представляют магистрали, пролегающие через зоны с большим числом культурно-бытовых мест, торговых центров и административных учреждений. Пассажиропоток в таких районах остается постоянным в течение дня. Рост числа перевозчиков и объема перевозок в жестких рамках сложившейся улично-дорожной сети города приводит к возрастанию антропогенного воздействия в зонах городских автомагистралей из-за увеличения интенсивности движения и времени транспортных задержек, повышенного расхода топлива и ускоренного изнашивания узлов и агрегатов автотранспортных средств. Городское население, участвующее в дорожном движении, чаще попадает в ДТП, подвергается воздействию отработавших газов, микроскопических частиц износа шин и тормозных колодок.

При определенной интенсивности движения на отдельных участках городских магистралей транспортный поток *изменяет качество окружающей среды*, повышает риск ДТП и становится экологически небезопасным.

Факультетом автомобильного транспорта ВолГТУ с участием студентов специальности "Организация и безопасность движения" на основных магистралях г. Волгограда проводятся многолетние исследования характеристик транспортных потоков, режимов движения маршрутного транспорта, долговечности деталей систем автотранспортного средства (АТС), обеспечивающих требования безопасности в эксплуатации.

Особое внимание уделяется городским маршрутам, пролегающим через участки с повышенной частотой пересечения транспортных и пешеходных потоков. Контрольными (выборочными) обследованиями было выявлено, что зоной наибольшего пассажиропотока и, как следствие, интенсивности транспортного потока является участок пр. Ленина длиной 2,5 км в центре г. Волго-



града. Через этот участок магистрали проходят маршруты: три автобусных и пять троллейбусных и 46 маршрутных такси, в том числе 32 маршрута — транзитные. В перевозках пассажиров участвует также и индивидуальный автотранспорт. Магистраль имеет три полосы движения в каждом направлении, разделенных зелеными насаждениями (деревья и кустарники) шириной до 30 м.

В ранее опубликованных результатах исследований [1] показано, что в 2002, 2003 гг. на этом участке магистрали интенсивность легковых автомобилей в транспортном потоке одного направления не превышала в течение дня 790 авт./ч, маршрутных такси 320 авт./ч, троллейбусов 56 шт./ч, автобусов 5 шт./ч. Поток наземного транспорта имел максимальные значения до 14 ч и постепенно снижался к 18 ч в 1,5 раза и к 21 ч в 4 раза.

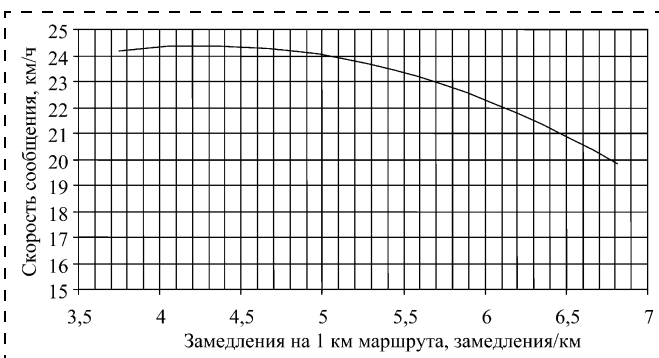


Рис. 1. Влияние числа замедлений на 1 км маршрута на скорость сообщения

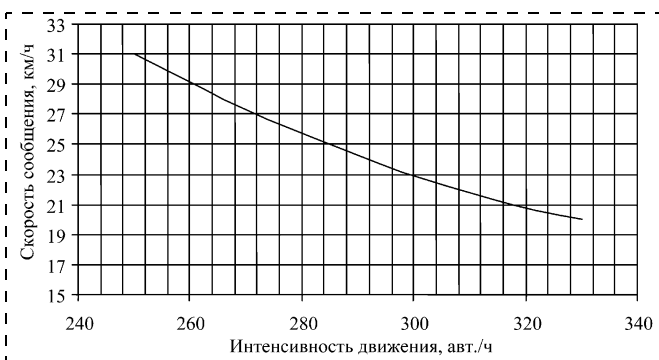


Рис. 2. Изменение скорости сообщения при соотношении интенсивности движения маршрутных такси к общей интенсивности АТС на магистрали 1:3

Транспортные средства	Разгон, %	Торможение, %	Равномерное движение, %	Холостой ход, %
Маршрутные такси	31,1	26,2	17,5	25,2
Индивидуальный транспорт	22,8	15,9	31,3	30,0
Троллейбусы, автобусы	18,5	12,8	29,2	39,5

В 2004, 2005 гг. при сохранении общей картины интенсивности движения в дневное время интенсивность легковых автомобилей возросла до 890 авт./ч, маршрутных такси до 380...420 авт./ч, интенсивность общественного пассажирского транспорта не изменилась. В 2006, 2007 гг. рост интенсивности движения продолжился: по легковым автомобилям интенсивность достигла 1250 авт./ч, по маршрутным такси 600 авт./ч. Интенсивность транспортного потока стала приближаться к пропускной способности магистрали, при этом отмечено снижение интенсивности движения троллейбусов до 50...52 шт./ч.

В дневные часы для рассматриваемого участка характерно колонное движение, маневр затруднен из-за высокой плотности транспортного потока (80...100 авт./км), большого количества перекрестков и пешеходных переходов (количество остановок индивидуального транспорта 4...6, маршрутных такси 8...11; среднее время ожидания 20...30 с; средняя скорость сообщения АТС не превышает 16...20 км/ч, а троллейбуса 10...14 км/ч).

С целью исследования скоростей сообщения при перевозках маршрутными такси был проведен анализ влияния замедлений, вызванных транспортными задержками и посадкой-высадкой пассажиров, а также интенсивности движения маршрутных такси в транспортном потоке (рис. 1, 2).

Наибольшее влияние на скорость сообщения оказывает число замедлений на 1 км пути. В среднем, совершается порядка 4,2 замедлений на 1 км. Увеличение числа замедлений на 10 % снижает скорость сообщения в среднем на 6 %. Интенсивность движения (300 маршрутных такси в час и выше) оказывает видимое влияние на скорость сообщения АТС на городских автомагистралях. Увеличение интенсивности движения на 5 % ведет к снижению скорости сообщения в среднем на 2 %.

Вместе с тем, как показали проведенные исследования, характер движения маршрутных такси и других видов АТС в транспортном потоке значительно различаются (см. таблицу). Более маневренные индивидуальные автомобили и маршрутные такси, занимая три полосы движения, снижают пропускную способность троллейбусной линии.

В условиях растущей интенсивности движения маршрутных такси, провозная способность общественного транспорта используется не полностью при одновременном увеличении риска ДТП. При этом необходимо учитывать, что устойчивое экономическое развитие обслуживания пассажиров маршрутными такси создает на рынке труда условия востребованности водителей данного вида транспорта. Массовое привлечение в профессию неподготовленных кадров снижает уровень обеспечения безопасности дорожного движения.

Обследования уровня подготовки водителей одного из крупных коммерческих автопредприятий,

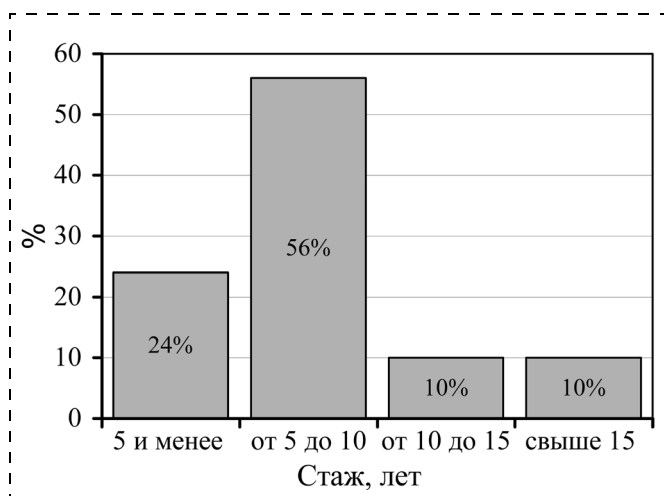


Рис. 3. Диаграмма общего стажа водителей маршрутных такси

специализирующихся на маршрутных перевозках пассажиров, показали, что общий стаж более 70 % водителей 5...10 лет (рис. 3). В то же время до 50 % водителей имеют стаж за рулем маршрутного такси менее трех лет. Они недостаточно хорошо знают технические особенности эксплуатации автобусов особо малой вместимости: систематически перегружают транспортное средство, не эффективно используют тормозные системы с антиблокировочной системой, рулевые управления с гидроусилителем руля и т. д.

Низкая квалификация водителей маршрутных такси и связанные с этим невысокий уровень правосознания, отсутствие адекватного понимания причин возникновения ДТП являются основными причинами совершения нарушений в области дорожного движения.

По информации ГАИ БДД управления внутренних дел г. Волгограда, начиная с 2003 г., ежегодный рост ДТП с участием водителей пассажирского транспорта составляет 25 % [2]. Рост ДТП с участием маршрутных такси продолжился и в 2007 г. Как и

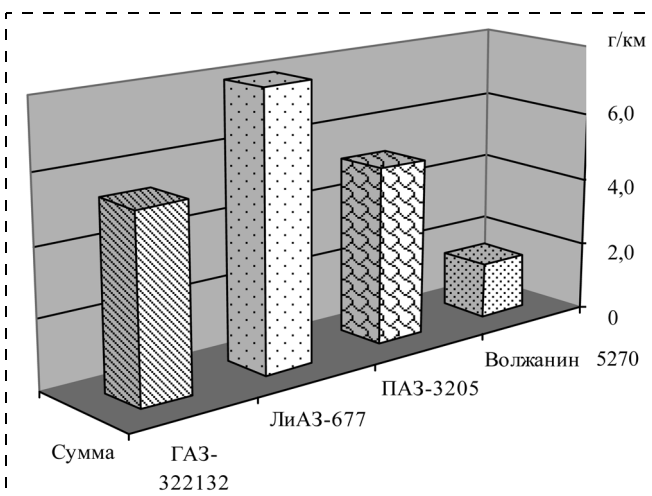


Рис. 5. Суммарные выбросы вредных веществ на 1 сидячее место пассажира различных типов подвижного состава

в прошлые годы не менее 70 % ДТП произошло с участием водителей маршрутных такси.

Динамика ДТП и интенсивности движения по годам приведена на рис. 4.

Переменный режим движения, частые остановки и скопления автомобилей на перекрестках являются причинами повышенного загрязнения прилегающей зоны повышенного загрязнения примыкающей зоны продуктами неполного сгорания топлива. Результаты ранее выполненных авторами исследований и расчетов на экологически небезопасных участках пр. Ленина от ул. Краснознаменская до пл. Ленина [3] показали: при интенсивности регулируемого движения 420...600 авт./ч на полосу (30...40 % маршрутный автотранспорт) выбросы основных компонентов ОГ — CO, C_nH_m , NO_x на магистралях с 2...3 полосами в каждом направлении могут находиться в пределах, соответственно: 72,7...90,8 кг/км · ч; 5,2...6,6 кг/км · ч; 10,4...13,0 кг/км · ч. При этом до 50 % объемов — это выбросы отработавших газов маршрутных такси. Контрольные измерения (в летний период, дневные

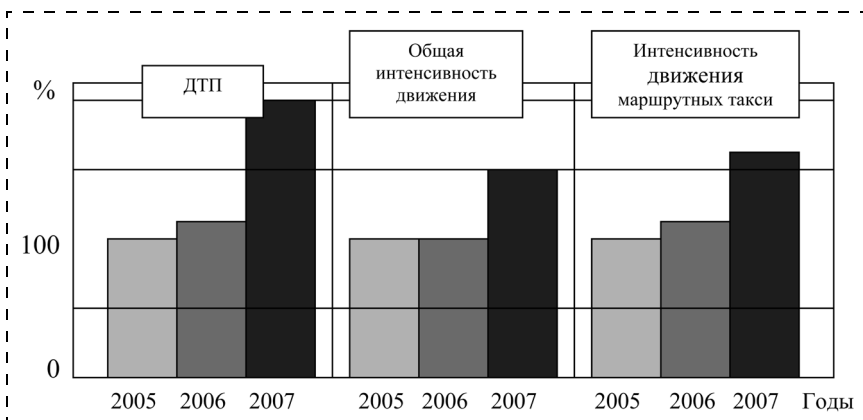


рис. 4. Динамика ДТП и интенсивности движения по годам

часы) показали, что средние значения концентраций CO в условиях примыкающей застройки (средняя этажность 7...12; плотность застройки 70...80 %, наличие зеленых насаждений) и обычной скорости ветра 2...5 м/с (у края магистрали на высоте 0,5...4 м) составляют, соответственно, 8,7...2,6 мг/м³.

Более наглядное представление о воздействии АТС на окружающую среду дают выбросы вредных веществ в перерасчете на одного пассажира. Расчеты выполнены по числу сидячих мест в каждом автобусе. Компоненты ОГ (токсичные

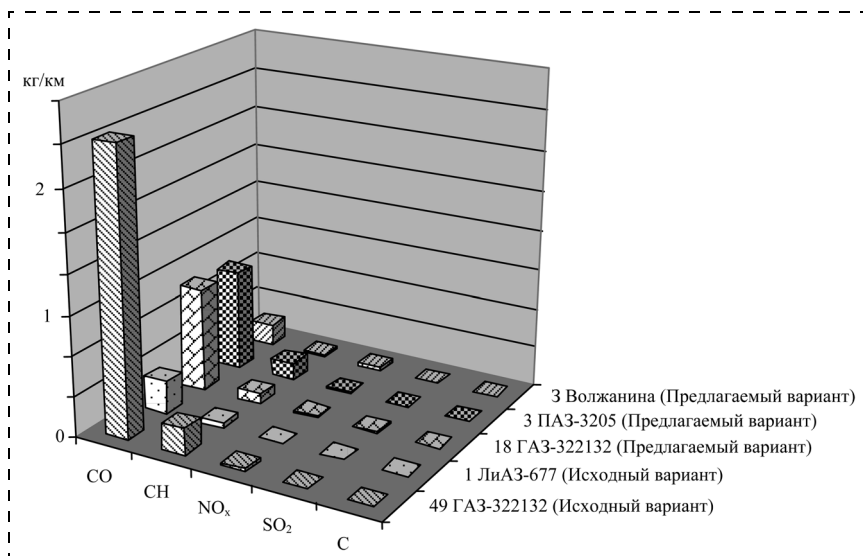


Рис. 6. Суммарные выбросы вредных веществ от пассажирского транспорта, обслуживающего терминал "Речной порт"

газы и твердые частицы) рассматривались суммарно, как составляющие гомогенной однофазной системы [3]. Диаграммы удельных выбросов вредных веществ, выполненные для основных типов подвижного состава городских пассажирских перевозчиков, приведены на рис. 5.

Последние исследования, проведенные в зоне крупного пассажирского терминала г. Волгограда "Речной порт", позволили оценить выбросы вредных веществ от участников действующего транспортного процесса и предложить вариант перевозки того же количества пассажиров подвижным составом, при эксплуатации которого снизится в 1,5...2,0 раза объем вредных выбросов за счет двукратного сокращения числа маршрутных такси [4] (рис. 6).

Таким образом, при всей привлекательности маршрутных АТС малой пассажировместимости их интенсивное использование в зоне наибольшего пассажиропотока снижает эффективность транспорт-

ной системы, способствует росту риска ДТП и нарушает экологию.

Муниципальные образования, способствуя расширению объема предоставляемых и реализуемых транспортных услуг нового качества, должны для снижения вероятности рисков, угрожающих безопасности и здоровью, управлять и технологическим процессом исполнения этих услуг. Организуя процесс движения по улицам, параллельным основной магистрали, жестко квотируя интенсивность и контролируя число АТС на экологически небезопасных участках городских магистралей на коммерческом маршруте, совершенствуя систему подготовки водителей маршрутных такси, можно создать транспортную систему, максимально сочетающую высокую эффективность

автотранспорта с минимальным антропогенным воздействием на окружающую среду.

Список литературы

1. Добровольский С. В., Комаров Ю. Я., Котов Е. В., Федотов В. Н. Снижение выбросов ВВ на действующей сети маршрутов городского автотранспорта при сохранении транзитного пассажиропотока // Материалы международной научной конференции "Прогресс транспортных средств и систем". — Волгоград, 2002. — С. 14—17.
2. Кращенко А. Будем работать // BUSINESS: Журнал руководителя. — 2004. — № 7. — С. 8—9.
3. Комаров Ю. Я., Рысаков А. А., Федотов В. Н. Технология очистки воздуха от вредных выбросов движущихся автотранспортных средств // Известия ВолгГТУ: Серия "Наземные транспортные системы". — 2004. — Вып. 1. — С. 113—118.
4. Гудков В. А., Федотов В. Н. Квотирование числа пассажирских автотранспортных средств по критерию экологической безопасности // Стандарты и качество. — 2003. — № 2. — С. 94—97.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ

Президиум ВАК принял решение от 7 марта 2008 года "О мерах по повышению эффективности использования Перечня ведущих рецензируемых журналов и изданий". Решением утверждена система критериев для включения изданий в указанный Перечень, который вводится в действие с 1.10.2008 года.

Критериями предусматривается в частности, что в свободном доступе в Интернете должны находиться аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах и приставленные списки литературы на русском и английском языках.

ПРОСИМ ПРИ НАПРАВЛЕНИИ СТАТЕЙ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА УЧИТЫВАТЬ ЭТО ТРЕБОВАНИЕ ВАК РФ.

Более подробная информация о Решении и Критериях ВАК РФ размещена на сайте журнала.

УДК 504.3.06.001.76

Л. Х. Бадалян, канд. техн. наук, доц., В. Н. Курдюков, асп.,
Ростовская-на-Дону государственная академия сельскохозяйственного машиностроения

Модель процесса фильтрования отработавших газов автомобилей

Разработана математическая модель движения отработавших газов автомобилей через пористую поверхность постоянной толщины с учетом ламинарного и турбулентного течения фильтрата. Приведены уравнения движения отработавших газов через цилиндрическую перегородку и фильтровальный элемент в форме параллелепипеда.

Математическое моделирование движения отработавших газов через фильтровальную перегородку

Для описания фильтрования отработавших газов (ОГ) автотранспортных средств (АТС) сделаем допущение, что образующийся осадок (сажа и топливная зола) внутри и снаружи фильтровальной поверхности, а также сама эта поверхность несжимаемы, т. е. существенно не влияют на изменение сопротивления потока ОГ в течение всего процесса. Будем также считать, что эквивалентный размер пор фильтрующего материала значительно превышает средний размер отделяемых твердых частиц. В этих условиях сажа и топливная зола успешно задерживаются по-

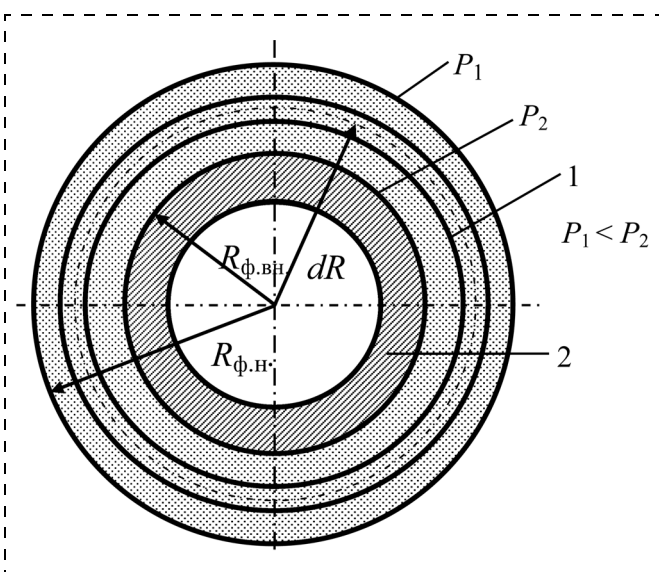


Рис. 1. Схематический разрез цилиндрической фильтровальной перегородки с образующимся на ней слоем осадка:
1 — фильтровальная перегородка; 2 — осадок

ристым проницаемым материалом (ППМ). При создании модели фильтрования не учитывается и структура осадка, на которую могут влиять гидродинамические и электрохимические факторы на границе раздела газообразной и твердой фаз аэрозоля.

Анализ литературных источников [4, 5, 6] позволяет представить уравнение фильтрования в общем виде

$$\frac{dP}{\delta} = \frac{\mu dV}{kSd\tau} + \frac{\rho}{k_T} \left(\frac{dV}{Sd\tau} \right)^2, \quad (1)$$

где dP — элементарная разность давлений на внутренней P_2 и внешней P_1 границах фильтровальной поверхности, Па; δ — толщина пористого слоя, м; μ и ρ — вязкость и плотность пропускаемой через фильтровальную поверхность среды, Па·с и кг/м³ соответственно; k и k_T — коэффициенты ламинарной и турбулентной проницаемости, м²; V — объем фильтрата, м³; τ — продолжительность фильтрования, с; S — поверхность фильтрования, м².

Разность давлений dP на фильтровальной поверхности обусловлена сопротивлением пористого слоя, которое складывается из сопротивлений самой перегородки с находящимися в ней частицами сажи и топливной золы, и возможного тонкого слоя осадка твердых частиц на перегородке.

Рассмотрим закономерности фильтрования ОГ при использовании цилиндрической фильтровальной перегородки (рис. 1), на внутренней стороне которой образуется осадок, причем его толщина изменяется от нуля до некоторой величины.

Основываясь на выражении (1) и заменив $\frac{dV}{d\tau}$ на элементарный $dQ_{ог}$ расход ОГ (расход сажи и топливной золы составляет около 0,2 % расхода ОГ [1, 2], следовательно, без ущерба точности в практических расчетах объем V фильтрата можно считать объемом аэрозоля) для бесконечно тонкого слоя фильтровальной перегородки радиусом dR при высоте H цилиндра можно записать

$$\frac{dP}{dQ_{ог}} = \frac{\mu dR}{kR\pi H} + \frac{\rho dR dQ_{ог}}{k_T R^2 (2\pi H)^2}. \quad (2)$$

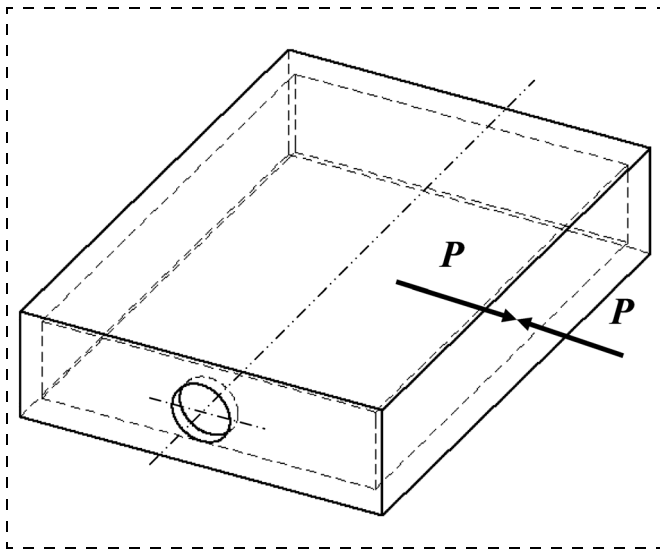


Рис. 2. Фильтровальный элемент в форме параллелепипеда

Проинтегрировав выражение (2) в пределах от $R_{ф.н}$ до $R_{ф.вн}$ и от P_2 до P_1 , а также произведя соответствующие преобразования, запишем уравнение, описывающее ламинарный и турбулентный режим движения ОГ через цилиндрическую фильтровальную перегородку постоянной толщины $\delta = R_{ф.н} - R_{ф.вн}$.

$$\frac{\Delta P}{Q_{ог}} = \frac{\mu \ln \frac{R_{ф.н}}{R_{ф.вн}}}{k 2\pi H} + \frac{\rho Q_{ог}}{k_t (2\pi H)^2 \frac{R_{ф.н}}{R_{ф.вн}}} \quad (3)$$

Конфигурации фильтрующих элементов могут быть разнообразными. Рассмотрим фильтрацию ОГ полым пористым элементом, имеющим форму параллелепипеда (рис. 2).

Для пористого элемента в форме параллелепипеда при расходе $Q_{ог}$ ОГ через фильтровальную перегородку постоянной толщины δ и разности давлений ΔP на внутренней и внешней поверхностях, исходя из равенства (1), уравнение ламинарного движения ОГ можно представить в виде

$$\frac{\Delta P}{Q_{ог}} = \frac{\mu \delta}{k S} \quad (4)$$

При известной величине $\frac{\mu}{k}$ (например, экспериментально найденной при испытании цилиндрического образца) и заданных значениях $Q_{ог}$, ΔP по формуле (4) можно вычислить отношение $\frac{\delta}{S}$ и определить конструктивные размеры пористого элемента.

Физическое моделирование процесса фильтрации ОГ пористым проницаемым материалом

Задаваясь линейными размерами $R_{ф.н}$, $R_{ф.вн}$, H и принимая пропускаемую через фильтр среду за воздух (таким образом, основываясь на нормативных величинах μ и ρ для воздуха), решить уравнение (3) в предложенном виде не представляется возможным из-за отсутствия значений ΔP , $Q_{ог}$, k и k_t . Тем не менее метод физического моделирования (процесс фильтрации ОГ ППМ, основные геометрические и гидравлические характеристики которого определены априори [2]), позволяет найти неизвестные в полученном уравнении движения ОГ через фильтровальную перегородку.

Примем приближенно движение ОГ через ППМ, параметры которого известны, ламинарным (второе слагаемое в уравнении (3) обращается в ноль) и составим систему уравнений, каждое из которых представляет собой соотношение Дарси

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta P_1}{Q_{ог1}} = \frac{\mu}{k} \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi H_1}, \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta P_2}{Q_{ог}} = \frac{\mu}{k} \frac{\ln \frac{R_2}{R_1}}{2\pi H_2}, \end{array} \right. \quad (6)$$

где $Q_{ог1}$ — расход ОГ через испытанный образец, m^3/c ; H_1 и H_2 — высота испытанного образца и проектируемого фильтра соответственно, м; r_1 , r_2 и R_1 , R_2 — радиусы внутренней и внешней поверхности испытанного образца и проектируемого фильтра соответственно, м; ΔP_1 и ΔP_2 — разность давлений на фильтровальной перегородке испытанного образца и проектируемого фильтра соответственно, Па.

Определение гидравлической характеристики ППМ $\frac{\mu}{k}$ сводится к экспериментальному нахождению отношения $\frac{\Delta P_1}{Q_{ог1}}$ образца.

Экспериментальное определение гидравлической характеристики ППМ

На специально собранной установке (рис. 3) проводится испытание цилиндрического образца из пористого литого алюминиевого сплава. Сжатый воздух от компрессора через фильтр очистки воздуха 1 фиксируется поплавковым расходомером 2 воздуха и проходит в патрон 3 с испытываемым образцом (рис. 4, а). Давление воздуха на входе в патрон регистрируется манометром 4.

Геометрические размеры образца (рис. 4, б) $r_1 = 10,35 \cdot 10^{-3}$ м, $r_2 = 6 \cdot 10^{-3}$ м, $H_1 = 7,3 \cdot 10^{-3}$ м.

Для определения воспроизводимости эксперимента проведены по четыре параллельных опыта ($n = 4$), где изменялся фактор $Q_{ог1}$ и фиксировалась функция отклика ΔP_1 . Результаты опытов представлены в таблице ($Q_{ог1j}$ — текущее значение фактора, ΔP_{1ji} — текущее значение функции отклика, $\Delta \bar{P}_{1j}$ — среднее арифметическое значение функции отклика, i — номер опыта, j — номер параллельного опыта).

Значения дисперсии опытов, приведенные в таблице, рассчитывались по следующей формуле:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{1ji} - \Delta \bar{P}_{1j})^2.$$

Из таблицы следует, что максимальная дисперсия опытов $\sigma_{\max}^2 = 31,19$, сумма дисперсий опытов

$\sum_{j=1}^N \sigma^2 = 95,696$ (N — число опытов). Расчетное значение критерия Кохрена определяется из выражения

$$G_p = \frac{\sigma_{\max}^2}{\sum_{j=1}^N \sigma^2} = \frac{31,19}{95,696} = 0,326.$$

При числе опытов $N = 10$, числе степеней свободы $n - 1$ и доверительной вероятности $P = 0,95$ нормативное значение критерия Кохрена $G_{\text{табл}} = 0,373$. Так как $G_p < G_{\text{табл}}$, то опыты воспроизводимы.

По данным испытаний строятся экспериментальная кривая 1 и отражающая линейный характер зависимости $Q_{ог1}$ от ΔP_1 прямая 2 (рис. 5) [2], представленная выражением (рассчитано методом наименьших квадратов)

$$\Delta P_1 = 36,52 \cdot 10^4 Q_{ог1} - 35,37. \quad (7)$$

Результаты эксперимента "расход—давление"

№ опыта	$Q_{ог1j}, 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$	Результаты параллельных опытов $\Delta P_{1ji}, \text{ Па}$					$\Delta \bar{P}_{1j}, \text{ Па}$	σ^2
1	1,11	27,12	29,29	29,82	31,29	29,38	2,986	
2	1,8	42,32	37,86	39,11	37,63	39,23	4,67	
3	2,5	52,9	47,61	48,63	46,98	49,03	7,19	
4	3,19	67,91	68,5	70,25	67,94	68,65	1,21	
5	4,03	97,57	96,88	99,2	98,63	98,07	1,09	
6	4,72	119,18	115,2	115,46	120,88	117,68	7,86	
7	5,5	157,11	154,61	158,85	157,03	156,9	3,04	
8	6,47	196,73	193,68	200,01	194,1	196,13	8,51	
9	7,17	233,27	227,63	239,4	241,14	235,36	27,95	
10	7,83	268,72	282,13	274,37	273,1	274,58	31,19	

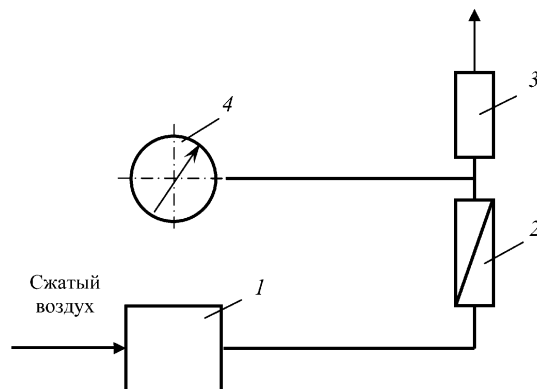


Рис. 3. Схема установки для определения фильтрующей способности пористых изделий:

1 — фильтр очистки воздуха; 2 — расходомер; 3 — патрон с образцом; 4 — манометр

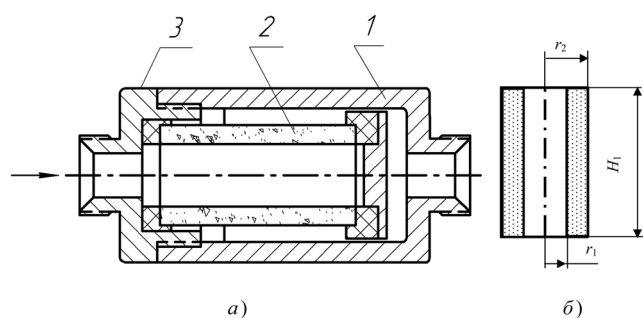


Рис. 4. Патрон с образцом для определения фильтрующей способности пористых изделий:

1 — металлический корпус; 2 — испытуемый образец; 3 — крышка

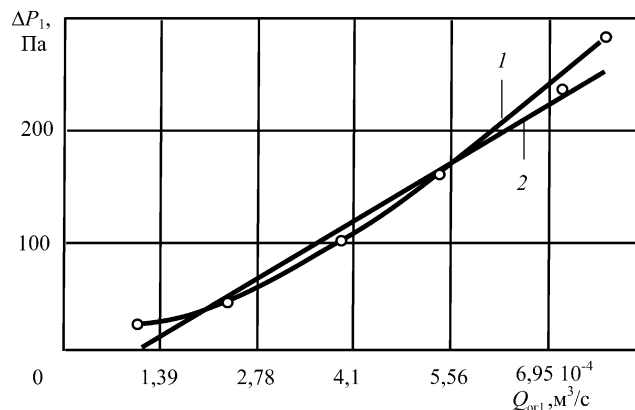


Рис. 5. Зависимость давления пропускаемой среды от расхода воздуха:

1 — экспериментальная; 2 — расчетная



Очевидно, что при $\Delta P_1 = 0$ минимальное значение расхода воздуха (см. рис. 5) $0,97 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ (расход воздуха, необходимый для заполнения пор и объема образца). Максимальное значение расхода воздуха $7,83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ достигается при разности давлений 274,58 Па (см. таблицу). Действительное значение расхода воздуха (с учетом заполнения воздухом пор и объема образца), соответствующее разности максимального и минимального давлений $Q_{\text{ог1}} = 6,86 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$. Из выражения (7) $\Delta P_1 = 215,16 \text{ Па}$, тогда $\frac{\Delta P_1}{Q_{\text{ог1}}} = 31,364 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}/\text{м}^3$.

При известных r_1, r_2 и H_1 из выражения (5) находим $\frac{\mu}{k} = 26,356 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}/\text{м}^2$, из (6) вычисляем отношение $\frac{R_2}{R_1}$ проектируемого фильтра и подбираем конструктивно приемлемое сочетание диаметров внешней и внутренней поверхностей цилиндрического фильтра.

В целях оценки стабильности свойств исследуемого ППМ три фильтроэлемента пористостью $(55 \pm 5) \%$ с одинаковыми геометрическими параметрами R_1, R_2, H, δ и эквивалентным размером l поры подвергали испытаниям. Каждый образец испытывался на установке (см. рис. 3) по четыре раза. Экспериментально установлено, что отношение $\frac{\mu}{k}$ во всех опытах изменялось незначительно в пределах $(4...8) \%$. Расхождение в значениях $\frac{\mu}{k}$ можно объяснить технологическими трудностями создания фильтрующей поверхности из пористого литого алюминиевого сплава с точно заданными характеристиками.

Отметим, что для исследованного ППМ [2] второе слагаемое в выражении (3) практически незначимо и, следовательно, для определения геометрических размеров проектируемого фильтра можно пользоваться системой уравнений (5) и (6).

В целях унификации производственного процесса фильтры из ППМ целесообразно выполнять из элементов. Технологически наиболее удобной с точки зрения изготовления и монтажа являются фильтровальные элементы в форме цилиндрического стакана, используемые в автомобилях по одной штуке или собранные в кассеты в зависимости от условий эксплуатации.

Установка фильтра в системе автомобиль—фильтр требует обязательного учета избыточного

давления, возникающего в системе выхлопа ОГ. В действительности гидравлическое сопротивление на выходе ОГ из выхлопной трубы даже у автомобиля с отрегулированной топливной аппаратурой может быть следствием только лишь изменения атмосферного давления. (Это известное обстоятельство учтено в процессе измерения дымности по ГОСТ 17.2.2.01—84. Так рекомендуется поддерживать избыточное давление (490...588) Па в камере измерительного прибора, установленного за выхлопной трубой автомобиля). В расчетах фильтра исходим из того, что на выходе ОГ из выхлопной трубы автомобиля поддерживается избыточное давление 588 Па.

Известно, что при фильтровании с закупориванием пор интенсивность возрастания общего сопротивления по мере увеличения количества фильтрата пропорциональна общему сопротивлению в степени 1,5...2 [4]. Для поддержания избыточного давления не выше 588 Па при существующих величинах расхода ОГ и конструктивно приемлемых размерах фильтроэлементов потребуется малая часть свободного от "забивания" объема фильтра. Однако, учитывая возможность эффективной регенерации НИМ, заполнение его порового пространства должно быть ограничено.

Рекомендованное избыточное давление в процессе утилизации сажи и топливной золы в порах фильтра может установиться не ранее, чем, когда расход ОГ станет менее 10 % возможного максимального значения, т. е. учитывая линейный характер зависимости давления пропускаемой среды от ее расхода [2] для поддержания противодействия 588 Па достаточно 10 % свободного порового пространства. Тем не менее, продуктивная регенерация фильтрующего элемента возможна при "забивании" пор не более чем на экспериментально установленную величину [1].

Список литературы

1. Бадалян Л. Х. Моделирование ФНГ // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. — 2002. — № 2. — С. 117—120.
2. Бадалян Л. Х., Гапонов В. Л. Экологическая безопасность дорожного движения — Ростов н/Д.: РГАСХМ ГОУ, 2003. — 103 с.
3. Дыгнерский Ю. И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. — М.: Химия, 1975. — 229 с.
4. Жужиков В. А. Фильтрование и практика разделения суспензий. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1980. — 400 с.
5. Начинкин О. И. Полимерные микрофильтры. — М.: Химия, 1985. — 216 с.
6. Скобеев И. К. Фильтрующие материалы. — М.: Недра, 1978. — 200 с.

Б. С. Ксенофонтов, д-р техн. наук, проф., **А. С. Иванов**,
А. С. Козодаев, **Р. А. Таранов**, **В. Асатурян**,
 МГТУ им. Н. Э. Баумана

Очистка грунтов от нефтепродуктов флотацией

Приведены результаты исследований влияния различных реагентов, добавляемых в суспензию почвы в процессе флотационной обработки. Установлено, что отдельные реагенты, обладающие четко выраженными свойствами поверхностно-активных веществ, оказывают существенное влияние на эффективность очистки почвы от нефтепродуктов. Отмечается также влияние и других факторов, например температуры, соотношения вода : почва и др. на эффективность очистки почвы.

Наиболее часто в практике очистки почвы от нефтепродуктов используется биологический способ, который имеет существенные недостатки, например, большую длительность. Кроме того, он не дает полной уверенности достижения гарантированного эффекта, хотя известны примеры положительного применения этого способа при длительной обработке загрязненных грунтов и почвы. Так, лабораторией переработки и биотехнологической утилизации отходов ФГУП "ГосНИИсинтезбелок" проведены успешные испытания использования биопрепарата на основе бактерий рода *Pseudomonas* для очистки почвы и осадков сточных вод после мойки автомобилей. Однако отмеченные недостатки, в частности отсутствие уверенности в гарантированном достижении положительного результата, не дают возможности для широкого использования биологического способа очистки почвы и грунтов от нефтезагрязнений.

Более эффективными способами очистки почвы и грунтов от нефтепродуктов являются физико-химические методы, в частности мойка грунта с последующей флотацией отмытых нефтезагрязнений [1, 2]. Сущность этого способа состоит в промывке грунта на первой стадии и аэрировании очищаемой суспен-

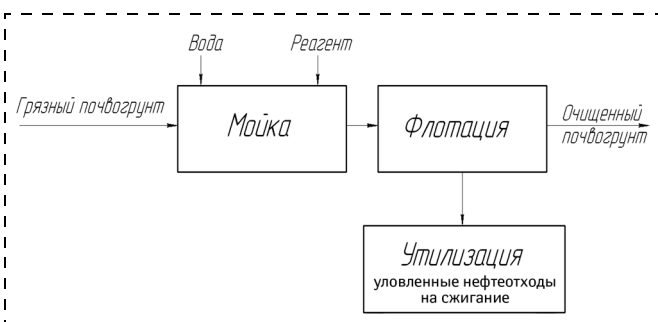


Рис. 1. Схема физико-химической обработки загрязненного грунта

зии пузырьками воздуха на второй стадии (рис. 1). На первой стадии обработки почвогрунтов важнейшим вопросом является выбор и обоснование режима мойки и подбор моющего реагента. Для решения этой задачи были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях, которые привели к положительным результатам. В лабораторных условиях отработывался оптимальный режим мойки грунтов, загрязненных нефтепродуктами. В качестве моющих реагентов использовались различные реагенты в виде поверхностно-активных веществ (ПАВ) ТМС "Вега — ЧМ-01; ТМС "ВИК"; МС "Прогресс"; МС "Пемос".

Экспериментальные данные, приведенные на рис. 2 и 3, указывают на необходимость проведения мойки с добавлением ПАВ высокой концентрации и с повышенной температурой воды.

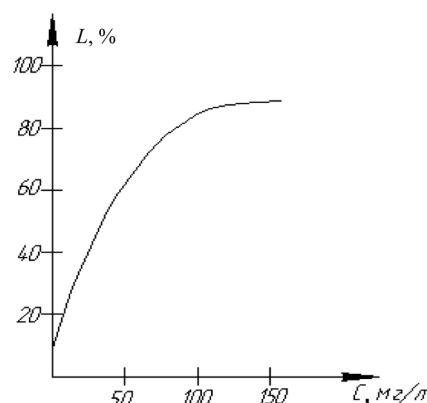


Рис. 2. Влияние концентрации ПАВ на эффективность отмывки L загрязненного грунта (МС "Прогресс")

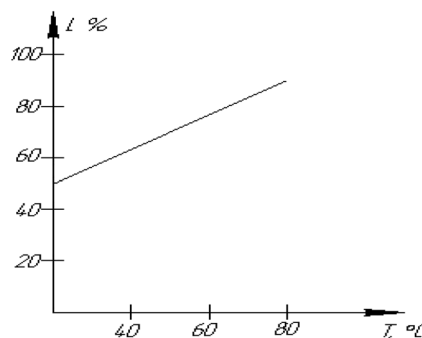


Рис. 3. Влияние температуры воды на эффективность отмывки L загрязненного грунта



Влияние времени флотации на эффективность очистки почвы от нефтепродуктов (соотношение почва : вода = 1 : 3)

Время флотации, мин	Концентрация нефтепродуктов, % масс.		Эффективность очистки, % $\eta = (C_0/C_1)100$
	в исходной почве (грязной) C_0	в очищенных образцах почвы C_1	
15	2,1	0,29	86,0
20	2,1	0,18	91,4
25	2,1	0,15	92,9
30	2,1	0,12	94,3
35	2,1	0,10	95,2
40	2,1	0,09	95,7
45	2,1	0,09	95,7
15	4,3	0,45	89,5
20	4,3	0,36	91,6
25	4,3	0,23	94,6
30	4,3	0,21	95,1
35	4,3	0,17	96,0
40	4,3	0,15	96,5
45	4,3	0,14	96,7
50	4,3	0,14	96,7

Для отработки режима очистки почвы от нефтепродуктов флотацией были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях. Опыты по очистке почвы от нефтезагрязнений проводили на лабораторной флотационной машине с объемом камеры 1 л и опытным образце четырехкамерной флотомашин с объемом камеры 15 л механического типа без принудительной подачи воздуха. Время флотации составляло 20...45 мин.

В качестве объекта исследования использовались образцы почвы, отобранные с производственных площадок действующей и выведенной из эксплуатации автозаправочных станций (АЗС), с содержанием нефтепродуктов соответственно 1,3...2,5 % и 3,7...5,2 %.

После загрузки загрязненной почвы во флотокамеру добавляли воду в соотношении почва : вода, равном 1 : (1...6), и полученную смесь в виде суспензий флотировали в режиме самовсасывания воздуха.

Проведенные исследования показали, что при флотационной обработке происходит существенное извлечение нефтепродуктов из состава почвы, что подтверждается как визуальным наблюдением, так и инструментальным контролем качества почвы (см. таблицу).

Анализ экспериментальных данных, представленных в таблице, показывает, что эффективность очистки существенно зависит от времени флотации. При этом выбор времени флотации необходимо предварительно определять в лабораторных усло-

виях, а затем рекомендовать найденное значение для промышленных условий, так как этот параметр зависит от концентрации нефтезагрязнений в исходной почве.

В процессе очистки грунтов, используемая вода загрязняется нефтепродуктами, и чтобы ее можно было повторно использовать, необходимо произвести попутно очистку нефтесодержащей сточной воды. В механической флотационной машине под действием ПАВ нефтепродукты, адсорбированные на поверхности частичек грунта, переходят в воду. Эмульгированные нефтепродукты всплывают в пенный слой, где удаляются через пенный желоб, но часть нефтепродуктов остается в воде, и если использованную воду не очистить, а опять подать в первую камеру механической флотомашин, то через некоторое время нефтезагрязнения перестанут переходить с частичек грунта в воду. В этом случае не будет разности концентраций, которая является движущей силой для перехода нефтезагрязнений из грунта в воду. Для этого в схему установки была включена усовершенствованная пневматическая флотационная машина.

Так как оборотная вода проходит очистку, то необходимо установить требования к качеству очистки используемой воды, что также способствует повышению эффективности всей установки. Согласно рекомендациям ОАО "ГосНИИсинтезбелок" при использовании оборотных систем в процессах очистки грунтов концентрация загрязнений во вторично используемой воде должна удовлетворять следующим требованиям: по взвешенным веществам 40 мг/л; по нефтепродуктам 15 мг/л.

Полученные данные были использованы в качестве рекомендаций для испытаний и эксплуатации опытно-промышленной установки для очистки грунтов от нефтезагрязнений.

Выводы

1. Разработаны основы технологии очистки грунтов от нефтезагрязнений по схеме мойка — флотация.
2. Определены типы ПАВ, оказывающие эффективное действие на стадии мойки грунтов.
3. Определены интервалы времени флотации в зависимости от концентрации нефтепродуктов в исходном грунте.

Список литературы

1. **Ксенофонов Б. С.** Способ очистки грунта от нефтезагрязнений. Патент РФ № 2232654. Приор. 22.01.2003. Рег. 20.07.2004.
2. **Ксенофонов Б. С.** Очистка воды и почвы флотацией. — М.: Новые технологии. — 2004. — 224 с.



УДК 504.73:574.24

Е. И. Шаврак, канд. техн. наук,
Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт), Волгодонский институт,
С. А. Богоровская,
Новочеркасская государственная мелиоративная академия

Растительность как фактор нейтрализации техногенного загрязнения атмосферы

На примере городских лесов в целом и отдельных пород деревьев в частности рассмотрена роль зеленых насаждений в уменьшении техногенного воздействия на атмосферу.

С помощью корреляционного анализа взаимосвязей между количественными характеристиками городской растительности и состоянием здоровья населения установлена эффективность детоксицирующего воздействия растений на среду обитания человека.

1. Введение

Одной из причин деградации окружающей среды является техногенное загрязнение атмосферы. Успешная защита от этого воздействия может быть достигнута с помощью мероприятий, обеспечивающих как максимально возможное сокращение количества вредных выбросов, так и их скорейшее обезвреживание.

Универсальным природным фильтром, аккумулирующим самые различные вещества, является растительность. Химический состав газовых выбросов неоднозначен с точки зрения воздействия на растения. С одной стороны, он представлен углекислым газом техногенного происхождения, положительно влияющим на продуктивность зеленых насаждений. В результате процесса фотосинтеза происходит связывание CO_2 растениями при одновременном продуцировании кислорода и увеличении зеленой массы.

С другой стороны, атмосферное загрязнение включает в себя комплекс токсикантов, угнетающих жизнедеятельность растений. Эти вещества особенно опасны тем, что появились сравнительно недавно и растения не успели выработать против них защитных приспособлений, а те, что имеются, малоэффективны. Воздействие загрязнителей приводит к снижению прироста вегетирующих органов растения, ухудшению его декоративности, в отдельных случаях — гибели. Одновременно с этим поглощение растениями загрязняющих веществ способствует очищению атмосферы, что, наряду с другими особенностями воздействия зеленых насаждений на состоя-

ние окружающей среды, благоприятно влияет на здоровье человека.

Исследование, проведенное авторами, посвящено изучению роли древесных насаждений в уменьшении воздействия на атмосферу техногенного, сложившегося на территории г. Волгодонска, одного из промышленных центров Ростовской области. В ходе исследования изучены перечисленные ниже вопросы.

1. Особенности взаимодействия *всего массива* городского зеленого фонда с газовыми выбросами. На этом этапе определена степень сбалансированности процессов окисления и фотосинтеза органического вещества, протекающих в городском техноценозе.

2. Особенности взаимодействия *отдельных пород деревьев* с комплексом транспортных токсикантов. Установлена отрицательная корреляционная зависимость между характеристиками биопродуктивности деревьев и величиной автотранспортного загрязнения.

3. *Эффективность детоксицирующего воздействия растений* на среду обитания человека. С помощью корреляционного анализа установлены взаимосвязи между количественными характеристиками городской растительности и состоянием здоровья жителей г. Волгодонска.

2. Взаимодействие всего массива городского зеленого фонда с газовыми выбросами

2.1. Характеристика городского техноценоза

Техноценоз, сложившийся на территории г. Волгодонска, включает в себя совокупность предприятий энергетики, химической и деревообрабатывающей промышленности, транспорт, а также естественные биогеоценозы, важнейшими из которых являются лесные.

Показатели количества выбросов токсикантов в атмосферный воздух на территории г. Волгодонска в 2005 г. составляли 203,7 кг на 1 человека и 1,93 т — на 1 га площади [1]. Общая площадь зеленого фонда города 1006 га, в том числе 960 га городских лесов [2]. Городские леса, посаженные в 1960—1970 гг. по периметру городской территории, на 98 % представлены лиственными породами, из которых приори-



тетными видами являются робиния псевдоакация (*Robinia pseudacacia* L.), вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.) и дуб черешчатый (*Quercus robur* L.). Хвойные породы представлены одним видом — сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Воздействие техносферы и лесов на окружающую среду и прежде всего на атмосферу носит диаметрально противоположный характер [3]. В результате функционирования предприятий и транспорта сжигается органическое вещество, при этом потребляется кислород и выделяется углекислый газ. В лесной экосистеме потоки углекислого газа и кислорода имеют противоположное направление: в ходе фотосинтеза выделяются глюкоза и кислород, а углекислый газ поглощается. В дальнейшем путем реакции поликонденсации глюкоза превращается в целлюлозу, основной компонент сухого вещества древесины.

В техноценозе города используется как газообразное, так и жидкое органическое топливо. Основным потребителем природного газа в городе является ТЭЦ-2. По данным предприятия расход газа за 2005 год составил 520 млн м^3 . Крупнейший потребитель жидкого топлива — транспорт. Автомобильного топлива в целом по городу в 2005 году израсходовано 220 тыс. т. Допустив, что природный газ представлен метаном, а автомобильное топливо — изооктаном, на основании стехиометрических соотношений определим массы затраченного при сжигании топлива кислорода и образующегося углекислого газа.

$$\Sigma M_{\text{O}_2} = (0,09V_{\text{газа}} + 0,11M_{\text{авт. топлива}})32 = 2300 \text{ тыс. т};$$

$$\Sigma M_{\text{CO}_2} = (0,045V_{\text{газа}} + 0,07M_{\text{авт. топлива}})44 = 1700 \text{ тыс. т.}$$

2.2. Расчет площадей лесов, требуемых для сбалансированности техноценоза

В сбалансированных техноценозах процессы фотосинтеза должны быть достаточны по мощности, чтобы поглотить весь выделившийся при сжигании топлива антропогенный углекислый газ и произвести необходимое для процесса сжигания количество кислорода [3].

На основании закона сохранения масс, с учетом стехиометрии процессов горения и фотосинтеза, а также характеристик древесины рассчитаем площадь лесов, обеспечивающих поглощение антропогенного CO_2 (S_{CO_2}), и площадь лесов, обеспечивающих выделение необходимого кислорода O_2 (S_{O_2}):

$$S_{\text{CO}_2} = \frac{0,6\Sigma M_{\text{CO}_2}}{\rho B} = 290 \text{ тыс. га},$$

$$S_{\text{O}_2} = \frac{0,8\Sigma M_{\text{O}_2}}{\rho B} = 530 \text{ тыс. га},$$

где 0,6 и 0,8 — коэффициенты, учитывающие химизм фотосинтеза; ρ — плотность древесины, для

лиственных пород равна $0,5 \text{ т/м}^3$, B — годовой прирост древесины на 1 га, для лиственных пород равен $7 \text{ м}^3/\text{га}$ [4].

2.3. Оценка степени сбалансированности городского техноценоза

Степень сбалансированности техноценоза соответствует доле газовых потоков кислорода и углекислого газа, которые включаются в процесс фотосинтеза лесами, находящимися на территории данного техноценоза. Степень сбалансированности по различным газовым потокам (X_{O_2} и X_{CO_2} , %) рассчитаем по формулам:

$$X_{\text{O}_2} = \frac{S}{S_{\text{O}_2}} \cdot 100 \% = 0,25 \%,$$

$$X_{\text{CO}_2} = \frac{S}{S_{\text{CO}_2}} \cdot 100 \% = 0,17 \%,$$

где S_{O_2} — площадь лесов, обеспечивающих выделение необходимого кислорода O_2 равна 530 тыс. га); S_{CO_2} — площадь лесов, обеспечивающих поглощение антропогенного CO_2 , равна 290 тыс. га; S — фактическая площадь городских лесов, равная 960 га. Из двух величин степени сбалансированности для дальнейшего рассмотрения выбираем наибольшую, как обеспечивающую оба газовых баланса одновременно.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что зеленые насаждения г. Волгодонска включают в кругооборот веществ посредством фотосинтеза лишь 0,33 % газовых потоков техногенного происхождения, образующихся на территории города. Техноценоз, сложившийся на территории г. Волгодонска, является несбалансированным и представляет потенциальную опасность для биосферы Земли, поскольку его функционирование способствует изменению газового состава атмосферы в сторону уменьшения концентрации кислорода и увеличения концентрации углекислого газа.

Одним из направлений повышения экологической безопасности является увеличение продуктивности растительности путем увеличения ее общего количества, так как в настоящее время степень озеленения города, по сравнению с нормативными требованиями (ГОСТ 17.5.3.01—78), составляет всего 36 %.

3. Особенности взаимодействия отдельных пород деревьев с комплексом транспортных токсикантов

Повышение продуктивности зеленого фонда должно проводиться в первую очередь, за счет растительности, обладающей устойчивостью к загрязняющим веществам [5]. Основным источником загрязнения воздуха на территории г. Волгодонска является автотранспорт, выбросы которого в 2005 г. составили 91,3 % от общего количества вредных



веществ, выделяемых городским техноценозом [2]. С целью оценки устойчивости отдельных пород деревьев к комплексу транспортных токсикантов рассмотрено состояние лиственных и хвойных растений в зеленых массивах, расположенных по соседству с автомагистралями.

Интенсивность движения на этих магистралях замерялась в 11—13 ч ("час пик") в летний период 2005—2007 гг. Так как в структуре потока преобладали легковые автомобили (95...96 %), транспортный поток условно приняли однородным. Для расчетов использовались средние значения интенсивностей.

Изучение особенностей взаимодействия древесных насаждений с комплексом транспортных токсикантов проводилось в период 2004—2007 гг. на примере насаждений тополя китайского (*Populus simonii* C.) и ели колючей (*Picea pungens* Engelm), произрастающих вблизи автомагистралей. Выбор в качестве объекта исследования тополя китайского основан на том, что в городе тополь является, во-первых, наиболее распространенной породой в городском ландшафте (16 % от всех насаждений), а во-вторых, считается наиболее газоустойчивой относительно других видов [6]. Хвойные растения являются фоновым каркасом в озеленении ландшафта г. Вологодска, придавая ему эстетическую привлекательность в любое время года. Они представлены елью колючей голубой и сизой морфологических форм. Учитывая, что хвойные растения задерживают пыль в 30 раз сильнее, чем лиственные [5], и сильнее повреждаются различными токсикантами, вторым объектом исследования послужили посадки ели колючей 20...50-летнего возраста.

При анализе состояния древесных насаждений определяли площади листовых пластин тополя китайского, а также спектр характеристик ели колючей разных морфологических форм [6]. Исследование устойчивости тополя к атмосферному загрязнению проводили на деревьях одного возраста, характеристики хвойных пород определяли для разновозрастных посадок. Все характеристики пересчитывали по отношению к фоновым (%), в качестве которых использовали данные, полученные для деревьев, произрастающих в удаленном от автомагистралей парке Победы. Характеристики древесных пород, произрастающих в районах с разной степенью автотранспортного загрязнения, приведены в табл. 1.

В результате корреляционного анализа с использованием компьютерного пакета STATISTICA 6 for WINDOWS и методик [7] установлены статистически значимые отрицательные корреляционные связи достаточно высокого качества между возрастом зеленых насаждений (переменная *B*), интенсивностью транспортного потока (переменная *A*) и характеристиками древесных пород. Характеристики моделей представлены в табл. 2.

Таблица 1

Характеристики древесных пород, произрастающих в районах с разной степенью автотранспортного загрязнения

Объект	Интенсивность движения A_i , тыс. машин в час	Характеристики древесных пород			
		Площадь листовой пластины тополя L_i , % от фона	Длины боковых побегов елей B_i , % от фонового		Возраст еловых пород B_i , лет
			зеленых	голубых	
Парк Победы	0	100	100	100	45
Улица Первомайская	0,56	78	81	83	40
Улица Ленина	0,16	98	87	77	45
Улица Энтузиастов	0,79	62	91	97	20
Улица Морская	1,19	60	77		35
Улица Курчатова	1,48	61	110	116	20
Пр. Строителей	2,48	44	79	69	20
Бульвар Великой Победы	0,1	—	138	127	25
Улица 30 лет Победы	0,31	74	110	83	35
Улица Горького	1,37	—	72	68	35

Таблица 2

Характеристики моделей, отражающих устойчивость разных пород растений к автотранспортному загрязнению

Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R^2
Длина боковых побегов (зеленая ель) = $= 170,5 - 25,5A - 1,7B$	0,7
Длина боковых побегов (голубая ель) = $= 167,7 - 23,7A - 1,8B$	0,7
Площадь листовой пластины (тополь) = $= 91 - 21,2A$	0,82

На основании полученных данных можно сделать вывод, что длина боковых побегов у еловых пород и площадь листовой пластины у тополя уменьшаются по мере увеличения автотранспортной нагрузки (переменная *A*) и возраста дерева (переменная *B*). Устойчивость хвойных и лиственных пород древесных растений к комплексу транспортных токсикантов может быть оценена как примерно одинаковая. Об этом свидетельствуют близкие значения коэффициентов регрессии перед предиктором *A* в уравнениях регрессий (см. табл. 2).

4. Оценка эффективности детоксицирующего воздействия растений на среду обитания человека

Важнейшая гигиеническая особенность зеленых насаждений заключается в том, что они являются мощным фактором защиты населенных мест от пыли, газов, ветра и шума, регулируют тепловой и радиационный режимы, благоприятно воздействуют на центральную нервную систему человека.

По данным инвентаризации зеленых насаждений, на магистральных газонах, в парках и скверах города



произрастает около 44 800 шт. древесных растений. Наиболее распространенными древесными породами являются тополь пирамидальный (*Populus italica*) и тополь китайский (*Populus simonii*). Ассортимент хвойных растений представлен, в основном, такими породами, как ель колючая (*Picea pungens*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Среди кустарников, наиболее распространенными являются сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*) и спирея Вангутта (*Spiraea vanhouttei*).

В ходе исследований проведена количественная оценка *эффективности детоксицирующего воздействия растений* на среду обитания человека. Исходная информация (табл. 3) включает в себя данные о степени озеленения (число деревьев на 1000 человек) городских микрорайонов; данные социально-гигиенического мониторинга по заболеваемости всего населения, проживающего в соответствующих микрорайонах.

В результате корреляционно-регрессионного анализа установлены статистически значимые отрицательные корреляционные связи достаточно высокого качества между степенью озеленения городских микрорайонов (P_i), и некоторыми показателями заболеваемости населения. В табл. 4 представлены характеристики соответствующих моделей.

На основании полученных данных можно сделать вывод об эффективном детоксицирующем влиянии растений на среду обитания человека, так как увеличение количества зеленых насаждений приводит к уменьшению заболеваемости населения. Значения коэффициентов регрессии перед переменной P_i , позволяют ранжировать показатели заболеваемости

по величине отклика на изменение количества зеленых насаждений в микрорайоне: чем больше коэффициент регрессии, тем сильнее уменьшается показатель заболеваемости при увеличении показателя озеленения на единицу. Предположительно, при увеличении количества деревьев в наиболее значительной степени сократится общая заболеваемость населения, меньше всего — показатель количества новообразований.

5. Общие выводы

1. Установлено, что зеленый фонд г. Волгодонска нейтрализует менее 0,5 % газовых потоков техногенного происхождения, образующихся на территории города в результате использования органического топлива. В силу этого техноценоз, сложившийся на территории Волгодонска, является несбалансированным и представляет потенциальную опасность для биосферы Земли, поскольку его функционирование способствует изменению газового состава атмосферы в сторону уменьшения концентрации кислорода и увеличения концентрации углекислого газа.

2. Доказано, что в результате воздействия автотранспортного загрязнения происходит уменьшение продуктивности всего лесного биоценоза, но в первую очередь страдают старые посадки. Устойчивость хвойных и лиственных пород древесных растений к комплексу транспортных токсикантов может быть оценена как примерно одинаковая. Построены модели, отражающие корреляционные связи между автотранспортным загрязнением и характеристиками различных пород растений.

3. Доказана эффективность детоксицирующего действия растений на среду обитания человека. Построены модели, отражающие корреляционные связи между уровнем озеленения и показателями состояния здоровья населения. Произведено ранжирование показателей заболеваемости по величине отклика на изменение уровня озеленения.

Список литературы

1. **Обзор** состояния качества атмосферного воздуха и его влияние на здоровье населения Ростовской области: Ежегодный информационный сборник статистических и аналитических материалов по итогам 2005 года / Под редакцией Т. Ю. Быковской. — Ростов-на-Дону, 2006.
2. **Экологический вестник** Дона "О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2006 году". — Ростов-на-Дону: изд-во ООО "Синтез технологий", 2007. — 300 с.
3. **Алексеев А. С., Кузнецов Л. М.** Экологический менеджмент: Методические указания к практическим работам. — СПб, 2001. — 22 с.
4. **Лесное законодательство РФ: Сборник нормативных правовых актов** / Под общ. ред. В. А. Шубина. — М.: ПАИМС, 1998. — 576 с.
5. **Луканин В. Н., Трофименко Ю. В.** Промышленно-транспортная экология. — М.: Высшая школа, 2001. — 273 с.
6. **Ерохина В. И., Жеребцова Г. П., Вольфтруб Т. И.** и др. Озеленение населенных мест: Справочник. — М.: Стройиздат, 1987. — 480 с.
7. **Вараксин А. Н.** Статистические модели регрессионного типа в экологии и медицине. — Екатеринбург: изд-во "Гощицкий", 2006. — 256 с.

Таблица 3
Показатели заболеваемости населения, проживающего в разных микрорайонах г. Волгодонска

Номер микрорайона	Число деревьев на 1000 человек P_i	Заболеваемость (случаев на 1000 человек)			
		Общая	Органов дыхания	Новообразования	Нервные
1	280	394,22	189,02	13,26	6,89
2	410	88,64	48,55	4,41	1,47
16	110	678,07	346,64	22,94	35,41
17	210	628,43	303,8	21,82	23,78
18	260	451,82	198,3	19,3	17,32
19	50	564,81	280,13	22,62	35,52
21	160	593,02	298,73	19,5	47,94
22	80	561,34	286,73	18,41	31,43
23	50	593,49	356,2	17,11	21,5
26	50	663,77	364,51	19,41	54,34

Таблица 4

Характеристики моделей

Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R^2
Общая заболеваемость = $725,15 - 1,23P$	0,72
Заболевания органов дыхания = $386,6 - 0,72P$	0,82
Новообразования = $23,4 - 0,034P$	0,55
Нервные заболевания = $45 - 0,1P$	0,58

УДК 614.841.12

Д. В. Грошев, канд. техн. наук, доц., **С. В. Шарапов**,
М. А. Телегин, **С. И. Кононов**, канд. техн. наук,
Санкт-Петербургский университет государственной
противопожарной службы МЧС России

Система методов оценки пожароопасного состояния почвенного покрова при воздействии на него нефтепродуктов

Для установления пожароопасных характеристик почв, содержащих техногенные нефтепродукты в статье экспериментально определены значения концентраций предельного нефтенасыщения различных типов почв, нижние концентрационные пределы воспламенения почв при их насыщении нефтепродуктами, а также предложен коэффициент пожароопасного нефтенасыщения, представляющий собой отношение концентрации воспламенения к концентрации предельного нефтенасыщения. Для наблюдения за динамикой перераспределения техногенных нефтепродуктов между твердой фазой почвы и почвенным раствором предложен коэффициент межфазового перехода, отражающий соотношение между количеством органических компонентов в почвенном растворе и твердом почвенном грунте. Предложена скрининговая система методов исследования нефтепродуктов в почвенных отложениях, охватывающая весь контролируемый диапазон концентраций техногенных нефтепродуктов и включающая молекулярный люминесцентный анализ, инфракрасную спектроскопию и колоночную вытеснительную хроматографию.

Нефтегазовый комплекс включает в себя широкий спектр предприятий по поиску и разведке, добыче, транспортировке, переработке, и хранению нефти и нефтепродуктов. Пожарная и промышленная безопасность таких объектов невозможна без современной системы мониторинга. Одними из важнейших элементов мониторинга являются система методов наблюдений и комплекс применяемых для этого технических средств [1]. Мониторинг нефтепродуктов может быть осуществлен лишь при условии применения определенных методов химического анализа. В настоящей работе предлагается скрининговая система методов слежения за состоянием почвенного покрова на объектах нефтегазового комплекса, существенно расширяющая границы информативности и концентрационные пределы изучения нефтепродуктов в почвенных отложениях по сравнению с применяемыми стандартными методами.

Количественной мерой допустимого антропогенного воздействия при химическом загрязнении служит предельно допустимая концентрация (ПДК)

вредных веществ. Предельно допустимые концентрации, характеризующие антропогенное воздействие вредных веществ на человека (а не нагрузку), обосновываются исходя из санитарно-гигиенических соображений. При этом исходят из недопущения любого вредного воздействия и любого ущерба даже по отношению к отдельному организму. Из нескольких тысяч нормативов ПДК, принятых в России, более 2000 касаются атмосферного воздуха населенных мест, более 3000 — воздуха рабочей зоны промышленных предприятий, примерно 2000 — поверхностных вод и только около 100 установлены для почв [2]. В системе показателей ПДК отсутствуют значения общего содержания нефтепродуктов в почвах. Имеются лишь ПДК для некоторых индивидуальных нефтяных углеводородов и топливного бензина в почвах (табл. 1) [2].

Помимо системы показателей ПДК в Российской Федерации существует Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования, основанная на ориентировочно допустимых концентрациях (ОДК) нефтепродуктов [3]. По этой системе нижним допустимым уровнем загрязнения признается такой, при котором в данных природных условиях почва в течение одного года самопроизвольно ликвидирует негативные последствия загрязнения для почвенного биоценоза. В связи с большим разнообразием типа почв не может быть единого показателя ОДК почв для всей территории России, поскольку в различных природных зонах и типах почв при одном и том же уровне загрязнения скорость самоочищения будет различной (табл. 2) [3].

Сравнение данных табл. 1 и табл. 2 показывает, что значения ПДК и ОДК могут различаться на несколько порядков.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации нефтяных углеводородов и товарных нефтепродуктов в почвах

Нефтепродукты	Величина ПДК в почвах, ppm
Бенз(а)пирен	0,02
Бензол	0,3
Толуол	0,3
Ксилолы	0,3
Топливный бензин	0,3



Таблица 2

Ориентировочно допустимые концентрации светлых нефтепродуктов (бензинов, керосина, дизельного топлива) в почвах различных природных зон России

Ландшафтно-геохимические районы	Тип почвы	Величина ОДК с учетом фона, ppm	Возможное агрегатное состояние вещества во всех типах почв
Мерзлотно-тундрово-таежные	Тундровые глеевые, тундровые болотные	2000	В парообразном и жидком состоянии в порах почв; в сорбированном на органических и минеральных частицах почв; в свободном состоянии на поверхности почв
Таежно-лесные	Средне- и южно-таежные подзолы и дерново-подзолистые	4000	
Лесостепные и степные, полупустынные и пустынные	Серые лесные, черноземы, каштановые, полупустынные бурые, пустынно-песчаные	8000	

Что касается системы показателей пожарной опасности для таких объектов, какими являются пропитанные нефтепродуктами почвы, то она вообще отсутствует. В условиях нефтепромыслов и на открытых площадках нефтеперерабатывающих предприятий температурные показатели пожарной опасности не имеют большого значения, поскольку температура в естественной природной среде редко поднимается выше 30...35 °С. Более подходящими для этих объектов могут служить, по нашему мнению, концентрационные показатели. Для того чтобы применять к почвенным объектам, содержащим нефтепродукты тот или иной показатель пожарной опасности, необходимо, прежде всего, определить к какому агрегатному состоянию следует их относить [4]. Согласно системе показателей ОДК нефть и нефтепродукты находятся в почвах в различных формах (см. табл. 2). В одних случаях нефтепродукты следует оценивать по показателям пожарной опасности жидких веществ; в других — системы условно представляют собой твердые вещества.

Почва представляет собой многофакторную систему, состоящую из твердых минеральных и органических частиц грунта, воды и воздуха. Под грунтами понимают не только почвы, но и горные породы, которые преимущественно залегают в зоне выветривания и могут быть использованы в качестве оснований, материалов или среды различных сооружений. Грунты выступают по отношению к почве в качестве почвообразующей материнской породы [5]. При системном подходе более адекватным представляется использование понятия "почвенный покров", выделяя в нем твердую фазу почвообразующей породы (грунт), жидкую фазу поверхностных и подземных вод (почвенный раствор) и функционирующие

в ней микроорганизмы, растения. При этом подразумевается, что все структурные единицы почвенного покрова тесно связаны между собой, взаимно проникают друг в друга.

Система "почвенный покров — нефтепродукты" является по отношению к почве надсистемой, содержащей помимо природных почвенных образований инородные техногенные нефтепродукты. Это постоянно меняющийся в природных условиях объект. Как свободные, так и малоподвижные связанные формы нефтепродуктов отдают летучие фракции в атмосферу, а растворимые соединения — в воду. Изучение процессов перераспределения компонентов нефтепродуктов между фазами почвенного слоя имеет большое значение для установления показателей пожарной опасности.

Авторами определены нижние пределы концентраций нефтепродуктов в почвах различного генотипа, при которых возможно их загорание и устойчивое горение, и сделана попытка отнесения таких объектов к определенному условному агрегатному состоянию. Рассмотрена также динамика перераспределения нефтяных компонентов между почвенным раствором и твердым грунтом, позволяющая проводить оценку активности почвенного раствора по снижению пожарной опасности почвенных отложений при различных уровнях концентрации нефтепродуктов.

Для установления пожароопасных характеристик почв, содержащих техногенные нефтепродукты, были экспериментально определены значения концентраций предельного нефтенасыщения различных типов почв ($C_{пред.нн}$). За данную концентрацию принималось то количество нефтепродукта (г), которое могло максимально поглотиться 1 кг воздушно-сухой почвы. Величины $C_{пред.нн}$ составили от 390 г/кг для смешанной до 960 г/кг для гумусовой почвы (табл. 3). С увеличением песчаной, а тем более глинистой фракций в смешанных почвах предельное нефтенасыщение по сравнению с гумусовой почвой снижается в 2—3 раза.

Нижний концентрационный предел загорания почв при их насыщении нефтепродуктами был определен экспериментально. Поскольку подобная методика не является стандартной, представляется целесообразным изложить основные ее процедуры. В 10 г почвы вносили шприцом 0,1 мл топлива каждой марки. После перемешивания образец поджигался источником открытого пламени (горящая лучина). При отсутствии признаков горения испытывали следующий образец с концентрацией нефтепродукта 0,2 мл на 10 г почвы. Фиксировались концентрации, при которых устанавливались дымовыделение, вспышка, воспламенение и устойчивое горение. Последний параметр назван концентрацией загорания ($C_{зак}$). Полученные значения приведены в табл. 3.



Таблица 3

Концентрации нефтепродуктов в почвах, при которых наблюдались признаки горения, г/кг

Нефтепродукт	Признаки горения	Тип почвы			
		Гумусовая $C_{\text{пред.нн}} = 960 \text{ г/кг}$	Сапропелевая $C_{\text{пред.нн}} = 780 \text{ г/кг}$	Смешанная (песок + глина) $C_{\text{пред.нн}} = 390 \text{ г/кг}$	Смешанная (песок + глина + гумусовая почва) $C_{\text{пред.нн}} = 640 \text{ г/кг}$
Бензин	Вспышка	35	25	13	16
	Воспламенение	45	30	20	35
Дизельное топливо	Вспышка	70	—	70	30
	Воспламенение	110	90	80	50
Масло моторное	Вспышка	240	—	240	160
	Воспламенение	400	510	320	200
Мазут	Вспышка	320	585	225	—
	Воспламенение	585	630	360	360
Нефть	Вспышка	340	550	—	110
	Воспламенение	425	595	170	210

Сравнение концентраций предельного нефтенасыщения и концентраций, при которых наблюдаются признаки горения, проведено в работе в виде коэффициента пожароопасного нефтенасыщения, представляющего собой отношение концентрации загорания к концентрации предельного нефтенасыщения:

$$K_{\text{пож.нн}} = C_{\text{заж}}/C_{\text{пред.нн}}$$

Значения коэффициентов пожароопасного нефтенасыщения во всех экспериментах устанавливались меньше единицы, т. е. нижний концентрационный предел загорания почв при их насыщении нефтепродуктами всегда оказывался ниже концентрации предельного нефтенасыщения (табл. 4). Это означает, что пожароопасное состояние почв при разливе в них нефтепродуктов наступает до создания концентрации предельного нефтенасыщения, т. е. до выделения нефтепродукта в отдельную фазу. К системе почвенный покров — нефтепродукты в этом состоянии можно условно применять характеристики твердого горючего вещества.

Соотношения между концентрациями загорания нефтепродуктов и концентрациями предельного нефтенасыщения для различных типов почв увеличиваются при переходе от бензинов к дизельным топливам и тяжелым нефтепродуктам (см. табл. 4). Этот вывод не является неожиданным. Тяжелые нефтепродукты, содержащие меньше легких фракций, имеют, соответственно, более низкие значения давления насыщенных паров. Несколько снижается данное соотношение у сырой нефти по сравнению с тяжелым мазутом, поскольку нефть всегда содержит легкие фракции.

Представляет большой интерес другой вывод. Значения коэффициента пожароопасного нефтенасыщения наиболее высоки для песчано-глинистых почв, и снижаются в гумусовых и сапропелевых почвах. Из этого следует, что песчано-глинистые

почвы могут воспламеняться в виде твердого горючего вещества при содержании нефтепродуктов в них близком к концентрационному порогу нефтенасыщения. В сочетании с тем фактом, что концентрации нефтенасыщения в песчано-глинистых почвах наиболее низки среди всех типов почв, при крупных разливах нефтепродуктов именно в них наиболее высока вероятность выделения нефтепродукта в отдельную фазу. Поэтому в этих типах почв чаще, чем в гумусовых почвах, возможны ситуации возникновения пожаров при нахождении в них нефтепродуктов в жидкой фазе.

Среди различных типов почв гумусовые почвы наиболее пожароопасны в виде твердого горючего вещества при концентрациях нефтепродуктов существенно ниже порога нефтенасыщения. Выделение нефтепродуктов в жидкой фазе в этих типах почв может наступить только при чрезвычайных ситуациях очень большого масштаба.

Для наблюдения за динамикой перераспределения инородных нефтепродуктов между твердой фазой почвы (грунтом) и почвенным раствором предложен коэффициент межфазового перехода, от-

Таблица 4

Соотношения между концентрациями воспламенения и концентрациями предельного нефтенасыщения нефтепродуктов в почвах

Нефтепродукт	Тип почвы			
	Гумусовая	Сапропелевая	Смешанная (песок + глина)	Смешанная (песок + глина + гумусовая почва)
Бензин	0,05	0,04	0,05	0,05
Дизельное топливо	0,11	0,12	0,21	0,08
Масло моторное	0,42	0,65	0,82	0,31
Мазут	0,61	0,81	0,92	0,56
Нефть	0,44	0,76	0,44	0,33



Таблица 5

Критерии экологической оценки территорий по содержанию в почвах нефтепродуктов (в величинах ПДК)

Показатель	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительный
Химические вещества 1-го класса опасности (включая бенз (а) пирен)	>3	2...3	<1
Химические вещества 3-го класса опасности (включая нефть и нефтепродукты)	>20	10...20	<1

ражающий соотношение между количеством органических компонентов (экстрагируемых органических соединений) в почвенном растворе $\mathcal{E}OC_{\text{почв.р-р}}$ и твердом почвенном грунте $\mathcal{E}OC_{\text{грунт}}$:

$$K_{\text{мфз}} = \mathcal{E}OC_{\text{почв.р-р}} / \mathcal{E}OC_{\text{грунт}}$$

Степень нарушений элементов окружающей среды в результате нефтяного разлива может быть различной — вплоть до чрезвычайной ситуации (ЧС). При выявлении зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия по степени химического загрязнения нефтепродуктами руководствуются, в частности, критериями, приведенными в табл. 5 [6].

Определены численные значения $K_{\text{мфз}}$ для почв с различным уровнем нефтяного загрязнения. Они составили в среднем 0,38 для относительно удовлетворительного уровня концентраций нефтепродуктов 0,1 %; 0,46 — для уровня загрязнения 1 %, соответствующего экологическому бедствию; 0,56 — для пожароопасного уровня 10 %. Исследуемые кон-

центрации нефтепродуктов в почвах выбирались на основании критериев, приводимых в табл. 5, а также с использованием экспериментальных данных по пожарной опасности почв, насыщенных нефтепродуктами, полученных авторами.

Интересно отметить, что не наблюдается зависимости величины $K_{\text{мфз}}$ от крупности зерен грунтов или от типа нефтепродукта. Этот факт предопределяет необходимость устанавливать коэффициент межфазового перехода для каждого конкретного случая с целью обязательного использования его при установлении критериев опасного содержания нефтепродуктов в почвах. Методика установления коэффициентов межфазовых переходов требует тщательной разработки, и должна быть включена в методику установления опасных концентраций нефтепродуктов для почв.

Определены также коэффициенты межфазовых переходов не только для валового содержания нефтепродуктов, но и для отдельных групп компонентов. Данные о групповом составе нефтяного загрязнения в различных типах почв получены на основании результатов молекулярного люминесцентного анализа по разработанной оригинальной методике [7]. Данная методика позволяет отдельно определять среди экстрагируемых органических компонентов легкие ароматические углеводороды (ЛАУ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), смолистые компоненты (СМ) и асфальтеновые компоненты (АС).

При экологически опасном уровне нефтяного загрязнения (1 %) наиболее токсичные из компонентов нефтепродуктов — ПАУ способны накапливаться в твердой фазе песчано-глинистых почв ($K_{\text{мфз}} < 1$), а в гумусовых почвах наоборот проявляют тенденцию к вымыванию почвенным раствором

и распространению на окружающие территории и в соседние водоемы ($K_{\text{мфз}} > 1$). Легкие ароматические углеводороды бензольной фракции активно вымываются из всех видов почв и легко могут распространяться в сопредельные среды ($K_{\text{мфз}}$ существенно больше единицы). Смолистые и асфальтеновые компоненты преимущественно накапливаются в твердой фазе почвенного слоя на месте загрязнения ($K_{\text{мфз}} < 1$) (рис. 1).

При пожароопасном уровне нефтяного загрязнения почв (10 %) наблюдается иная картина перераспределения отдельных групп нефтяных компонентов между почвенным раствором и сухим грунтом. Легкая фракция инородных техногенных нефтепродуктов, создающая наибольшую угрозу возникновения по-

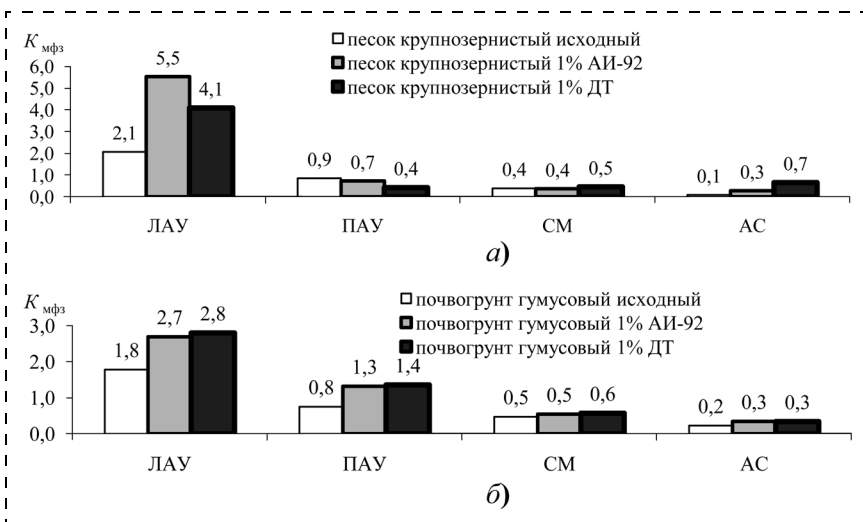


Рис. 1. Коэффициенты межфазовых переходов для отдельных групп нефтепродуктов при уровне загрязнения 1 %:

а — в крупнозернистом песке, б — в гумусовом грунте

жаров, слабо вымывается почвенными растворами ($K_{мфз}$ близок к единице). Иначе говоря, активность почвенного раствора не в состоянии повлиять на снижение пожарной опасности в опасно загрязненном участке (рис. 2).

Анализ существующих значений нормированных показателей содержания нефтепродуктов в почвах, проведенный на основании данных табл. 1, табл. 2, табл. 5, в сочетании с экспериментальными данными по пожароопасным концентрациям нефтепродуктов в почвах, полученными авторами, позволяет сделать вывод о том, что диапазон уровней концентраций нефтепродуктов в почвах, при которых возможно возникновение экологически неблагоприятных или пожароопасных ситуаций очень велик. Он находится в пределах от долей грамма до нескольких сотен грамм на килограмм почвы. Ни один из существующих сегодня методов анализа нефтепродуктов в почвенных отложениях не дает необходимой правильности результатов во всем возможном диапазоне исследования. Поэтому следует пользоваться комплексом методик, взаимно дополняющих друг друга.

Объекты нефтегазового комплекса часто располагаются на больших территориях, что требует вовлечение в анализ большого количества проб. Полное количественное и качественное определение нефтепродуктов во всех образцах длительно и чрезвычайно дорого. В таких случаях наиболее приемлемым является применение методологии **скрининга**, подразумевающей предварительное тестовое определение массовых проб. Однако из существующих методов скрининга нефтепродуктов полностью отработанным можно считать лишь арбитражный ИК-спектроскопический метод. Необходимость создания скрининговых технологий мониторинга нефтепродуктов признается многими исследователями [8, 9]. До сих пор существенным недостатком имеющихся скрининговых методов является их недостаточная отработанность на реальных объектах.

Анализ существующих методов исследования нефтепродуктов, содержащихся в разных концентрациях в почвенных отложениях, позволяет разделить их на две группы (рис. 3). *Методы первой группы* — это методы слежения за состоянием почвенного покрова. С их помощью можно проводить наблюдения за количественными и качественными показателями, характеризующими состояние окружающей среды, а также решать задачу информационного обеспечения по вопросам состояния окружающей среды. Они могут также лежать в основе расчетов

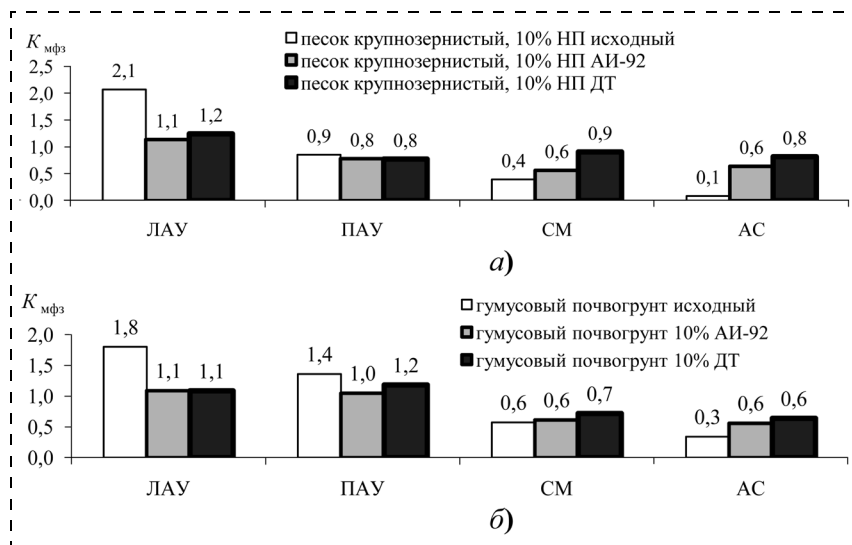


Рис. 2. Коэффициенты межфазовых переходов для отдельных групп нефтепродуктов при уровне загрязнения 10 %:

а — в крупнозернистом песке, б — в гумусовом грунте

величин экономического ущерба, поскольку основой всех принятых методик расчета является сбор данных о составе и объеме выбросов, а также определение области распространения выбросов (зон загрязнения).

Вторая группа методов — выборочные и уникальные анализы, способные решать диагностические и, иногда, идентификационные задачи.

Совокупность методов первой группы составляет предлагаемую скрининговую систему методов исследования нефтепродуктов, содержащихся в разных концентрациях в почвенных отложениях. Основные характеристики методов приведены в табл. 6. Совместно они охватывают очень широкий диапазон концентраций нефтепродуктов в почвах от единиц миллиграмм на килограмм почвы до практически неограниченного верхнего предела. Методы специфичны по отношению к различным нефтяным ком-

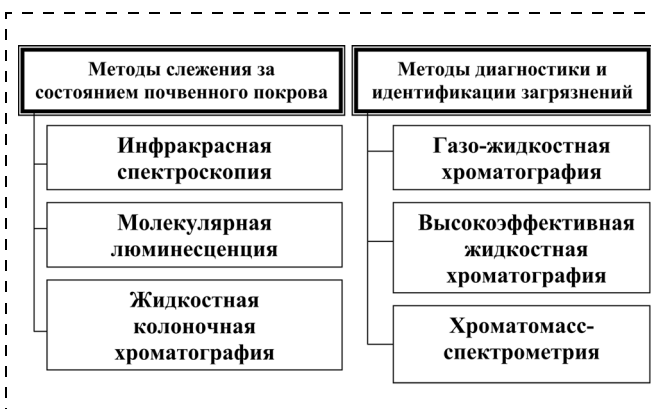


Рис. 3. Методы исследования нефтепродуктов, содержащихся в различных концентрациях в почвенных отложениях



Таблица 6

Характеристика методов слежения за содержанием в почвенном покрове нефтяного загрязнения

Метод анализа	Ориентировочные пределы измерения, мг/кг	Специфичность	Руководящий документ
Инфракрасная спектроскопия	20...1000	"Нефтепродукты", валовое содержание	[10]
Молекулярная люминесценция	2...1000	Ароматические углеводороды, валовое содержание и групповой анализ ароматических соединений	[11] с изменениями
Колоночная хроматография с гравиметрическим окончанием	>100 (верхний предел не ограничен)	Валовое содержание органических нефтяных компонентов и их групповой анализ	Нет

понентам, что допускает возможность не только валового определения нефтепродуктов в почвах, но и установления их качественного состава.

Учитывая относительную простоту, в том числе и простоту пробоподготовки; экспрессность, малогабаритность и малоэнергоёмкость применяемого оборудования, методы спектрального молекулярно-люминесцентного анализа и жидкостной колоночной хроматографии можно отнести к скрининговым методам изучения нефтяного загрязнения, позволяющим не только устанавливать валовое содержание нефтепродуктов, но и проводить их диагностику, по крайней мере, на групповом уровне. Сделанный вывод подтверждается опробованием данных методов на реальных природных объектах различного типа.

Методика, основанная на методе инфракрасной спектроскопии, принятая в России в качестве арбитражной, используется авторами в соответствии с имеющимся руководящим документом РД 52.18.575.96 МУ [10] (соответствует методике ПНД Ф 16.1.21—98, внесенной в государственный реестр аттестованных методик). Методика молекулярной люминесценции существенно модернизирована по сравнению с методикой ПНД Ф 16.1.21—98 [11] (внесена в государственный реестр аттестованных методик и допущена для целей государственного экологического контроля). В отличие от методики ПНД Ф 16.1.21—98, ориентированной только на установление валового содержания моноароматических углеводородов, методика, предлагаемая авторами, базируется на более совершенном приборе НПО "Люмекс" — "ФЛЮОРАТ-02-ПАНОРАМА" и позволяет проводить групповой анализ люми-

несцирующих нефтяных компонентов почвенных отложений и донных осадков, включая ПАУ и смолисто-асфальтеновые компоненты [7, 12].

В качестве примера приведены характерные спектры люминесценции различных типов нефтепродуктов, выделенных в почвенных отложениях на объектах нефтеразведки и нефтедобычи на севере Архангельской области (рис. 4). Образцы, относящиеся к типу I, имеют основной максимум люминесценции при длине волны 280 нм, что связано с преобладанием в них легких ароматических углеводородов. Возможно, это обусловлено поступлением в осадки миграционных компонентов из газоконденсатных залежей и может являться критерием выделения нефтегазосодержащих структур. В образцах типа II фиксируется характерный вид спектра люминесценции, присущий моторным топливам с основными максимумами при длинах волн 340 и 380 нм. Такой тип нефтяных углеводородов можно трактовать как свежее техногенное загрязнение товарными нефтепродуктами. Тип III характеризуется как имеющий признаки вторичного преобразования в природных условиях. В нем выделяется два подтипа. В подтипе IIIа преобладают полициклические ароматические соединения, на что указывает размытая зона максимальной люминесценции от 340 до 400 нм. Максимумы, свойственные смолистым компонентам (405 нм) и асфальтеновым компонентам (435 нм) выражены слабо. Его можно считать начальным этапом деградации. В подтипе IIIб доминируют смолистые и асфальтеновые компоненты, соответственно с максимумами при длинах волн 405 и 435 нм, накапливающиеся на заключительных стадиях преобразования.

По выделенным типам можно проводить оценку пожароопасного состояния почвенных отложений. Наибольшую потенциальную пожарную опасность, даже при не очень высоком валовом содержании

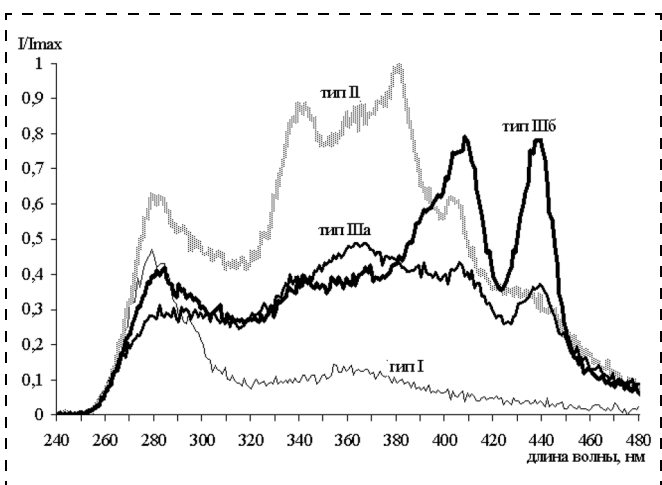


Рис. 4. Типы нефтепродуктов в почвенных образцах, выделяемые по спектрам люминесценции

люминесцирующих компонентов, могут составлять образцы, относящиеся ко второму типу органического вещества, содержащему наибольшее количество легко- и среднекипящих фракций углеводородов.

Корреляционный анализ, проведенный между результатами, полученными методами молекулярной люминесценции и арбитражным методом РЖ-спектроскопии показал отсутствие положительной линейной корреляции между их результатами ($r = 0,2...0,3$). Это объясняется строгой специфичностью люминесцентной спектроскопии к ароматическим соединениям и, в частности, к полициклическим ароматическим углеводородам. Рассматриваемые два метода анализа нефтепродуктов дают самостоятельные результаты.

С другой стороны, установлено наличие хорошей положительной корреляционной зависимости ($r = 0,7...1,0$) между валовым содержанием извлекаемых (экстрагируемых) органических соединений, определяемым методом колоночной хроматографии и методом ИК-спектроскопии.

Метод ИК-спектроскопии следует применять для анализа нефтепродуктов в диапазоне концентраций выше уровня ПДК. Метод молекулярной люминесценции пригоден для анализа нефтепродуктов в том диапазоне концентраций, в котором другие методы не чувствительны. Еще большие возможности дает метод люминесцентного анализа при изучении ароматических углеводородов, в частности ПАУ, ПДК которых значительно ниже, чем ПДК нефтепродуктов (см. табл. 1).

Выводы

1. Проведен сравнительный анализ регламентированных параметров состояния почвенного покрова на объектах нефтегазового комплекса. Системы предельно допустимых концентраций и ориентировочно допустимых концентраций в отношении нефтяного загрязнения дают несопоставимые результаты, различающиеся иногда в десятки раз. Система показателей пожарной опасности для таких объектов, какими являются пропитанные нефтепродуктами почвы, вообще не разработана.

2. В качестве показателей пожарной опасности, которая возникает в почвах при чрезвычайных ситуациях на объектах нефтегазового комплекса, определены нижние пределы концентраций нефтепродуктов в почвах, при которых возможно их воспламенение и устойчивое горение, а также отношение данных концентраций к концентрации предельного нефтенасыщения. Последний показатель назван коэффициентом пожароопасного нефтенасыщения.

3. Сравнительная оценка указанных критериев дает основание утверждать, что пожароопасное состояние почв при разливе в них нефтепродуктов наступает до создания концентрации предельного

нефтенасыщения, т. е. до выделения нефтепродукта в отдельную фазу. Систему почва-нефтепродукты в этом состоянии можно условно считать твердым горючим веществом.

4. Для наблюдения за динамикой перераспределения техногенных нефтепродуктов между твердой фазой почвы и почвенным раствором предложен коэффициент межфазового перехода, отражающий соотношение между количеством органических компонентов в почвенном растворе и твердом почвенном грунте. Указанный параметр позволяет оценивать активность почвенного раствора по снижению пожарной опасности в опасно загрязненном участке.

5. Предлагается скрининговая система методов исследования нефтепродуктов в почвенных отложениях, охватывающая весь возможный диапазон концентраций техногенных нефтепродуктов и включающая молекулярный люминесцентный анализ, инфракрасную спектроскопию и колоночную хроматографию.

Список литературы

1. **Об организации** и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга) Пост. Прав. РФ. № 177 от 31.03.2003.
2. **Контроль** химических и биологических параметров окружающей среды / Под ред. Л. К. Исаева. — СПб.: Кримас+, 1998. — 896 с.
3. **Государственная** система санитарно-эпидемиологического нормирования РФ. Федеральные санитарные правила и гигиенические нормативы. 2.1.7. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы. Ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) нефти и нефтепродуктов в почвах. Издание официальное. М., 2002.
4. **ГОСТ 12.1.044—89.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
5. **Бабков В. Ф., Гербурт-Гейбович А. В.** Основы грунтоведения и механики грунтов. — М., 1964.
6. **Хаустов А. П., Редина М. М.** Охрана окружающей среды при добыче нефти. — М.: Дело, 2006. — 552 с.
7. **Галишев М. А., Шарапов С. В., Тарасов С. В., Пак О. А.** Экспертная диагностика инородных горючих жидкостей — инициаторов горения в автотранспортных средствах и объектах городской среды // Пожаровзрывобезопасность. — 2004. — № 4.
8. **Золотов Ю. А.** Скрининг массовых проб // Журнал аналитической химии. — 2001. — Т. 56. — № 8. — С. 794.
9. **Майстренко В. Н., Клюев Н. А.** Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. — 323 с.
10. **РД 52.18.575—96.** Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом инфракрасной спектроскопии: Методические указания. Институт экспериментальной метеорологии НПО "Тайфун".
11. **ПНД Ф 16.1.21—98.** Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "ФЛЮОРАТ-02". Госкомитет РФ по охране окружающей среды.
12. **Галишев М. А., Грошев Д. В., Пак О. А., Ловчиков В. А.** Оценка масштабов техногенного нефтяного загрязнения, при прогнозировании негативного воздействия объектов нефтеразведки на окружающую среду на севере Архангельской области // Экологическая химия. — 2006.



УДК 614.875

Р. Ш. Еналеев, канд. техн. наук, доц., **Э. Ш. Теляков**, д-р техн. наук, проф.,
И. Р. Хайруллин, асп., **В. А. Качалкин**, канд. техн. наук, доц.,
Казанский государственный технологический университет

Критерии опасности теплового поражения человека

Проведен анализ литературных данных по критериям теплового поражения человека. Предложены различные медицинские и термодинамические критерии для построения уравнения регрессии "доза—эффект". Разработана математическая модель теплопередачи в слоях кожного покрова человека.

Ключевые слова: аварии, поражения, ожоги, критерии, зоны риска.

В аварийных ситуациях в нефтехимической технологии, атомной энергетике, аэрокосмической технике происходит неконтролируемая трансформация химической энергии в энтальпию высокотемпературных продуктов. В результате теплообмена продуктов химических реакций с окружающим пространством возникают высокоинтенсивные тепловые потоки. Воздействие этих потоков на человека может вызвать тепловое поражение различной степени тяжести.

Анализ и оценка аварийных ситуаций с массовым тепловым поражением является важной социально-экономической проблемой. Актуальность проблемы дополнительно усиливается необходимостью прогнозирования опасности применения энергонасыщенных веществ и материалов при террористических актах.

В решении данной проблемы наиболее важным аспектом является обоснование критериев теплового поражения. В медицине количество физических, биологических, химических поражающих воздействий, представляющих опасность для жизнедеятельности человека, условно называют дозой. Следствием воздействия опасных факторов на человека могут быть ожоги и отравления различной степени, шок, потеря сознания, летальный исход, условно называемые эффектом. Эффект, зависящий от множества трудноформализуемых объективных и субъективных факторов, является случайной величиной. Основная задача математической статистики в медицине [1] состоит в установлении количественных соотношений между "дозой" и "эффектом". Установление критической "дозы", вызывающей "эффект" определенной тяжести, проводится в экспериментах с варьированием количества "дозы".

Причиной возникновения ожоговой болезни является тепловая энергия, поглощаемая структурными слоями кожного покрова человека. В общем случае энергия может подводиться различными механиз-

мами — излучением, конвекцией, теплопроводностью и их комбинацией. Плотность теплового потока может быть постоянной или изменяться во времени.

При тепловом поражении человека в качестве критерия "дозы" приняты следующие термодинамические параметры:

количество облучения

$$Q = q\tau, \quad (1)$$

где q — плотность постоянного теплового потока, Вт/м²; τ — время воздействия, с;

индекс облучения [2]

$$I = q^{4/3}\tau \cdot 10^{-4}, \quad (2)$$

логарифм индекса облучения

$$D = \ln I, \quad (3)$$

температура структурных слоев кожного покрова T . Общепринятыми медицинскими критериями "эффекта" по глубине поражения являются ожоги I, II, IIIA, IIIB, IV степени [3].

Во многих экспериментальных исследованиях термических ожогов в качестве критерия возникновения ожога принимается математическое ожидание порогового значения "дозы", вызывающей ожоги II степени.

Накопленный в течение нескольких десятилетий экспериментальный материал в ведущих отечественных и зарубежных научных ожоговых Центрах позволяет систематизировать результаты исследований по критическим значениям количества энергии, вызывающих ожог II степени биологических тканей с вероятностью 0,5. Выборка из этих данных представлена в табл. 1. Время экспозиции выбрано в диапазоне реального времени аварийной трансформации энергии.

Как видно из данных табл. 1, критическое количество тепловой энергии практически не зависит от механизма нагрева биообъектов или их имитаторов, а зависит в основном от времени воздействия. Однако представленные данные необходимы, но не достаточны для расчета зон теплового поражения и полей рисков. Во-первых, эти данные должны быть дополнены экспериментами для других вероятностей поражения с известным законом распределения случайной величины. Во-вторых, в реальных аварийных ситуациях интенсивность теплового потока может быть не постоянной. Исследования термических ожогов с применением в качестве "дозы" тем-



Таблица 1

Критическое количество тепловой энергии, вызывающее ожог II степени с вероятностью 50 %

Источник информации	Объект исследования	Механизм нагрева биообъекта	Критическое количество тепловой энергии*, кал/см ²			
			Время нагрева, с			
			5,6	12,0	20,0	40,0
Eisenberg N. A. [2]	Кожный покров человека	Излучение	2,17	2,62	3,02	3,61
Stoll A. M. [4]	Кожный покров человека	Излучение	2,20	2,60	3,00	3,55
Behnke W. P. [5]	Имитатор кожи под одеждой	Конвекция + излучение	1,95	2,40	2,90	3,56
Enalejev R. Sh. [6]	Молочные поросята	Контактная теплопроводность	2,15	2,65	3,04	3,60
ГОСТ Р 12.3.047—98 [7]	—	—	—	3,46	—	5,24

* Приведено к общей системе единиц, принятых рядом авторов, для удобства сравнения.

пературы структурных слоев кожи проводятся в Центре медицинских аэрокосмических исследований (США). Основные результаты этих исследований [8] сводятся к следующим концептуальным положениям:

- тепловое поражение наступает при температуре структурных слоев кожного покрова выше 44 °С независимо от времени нагрева;
- при достижении поверхностной температуры 55 °С появляется ожог II степени;
- поражение основного слоя кожи до II степени происходит в интервале температур 44...50 °С;
- скорость теплового поражения изменяется в зависимости от температуры основного слоя кожи по логарифмическому закону;
- при кратковременном облучении кожи (до 5 с) общее поражение суммируется из повреждений как в процессе нагрева, так и при охлаждении кожного покрова;
- вероятность поражения основного слоя кожи определяется по эмпирической формуле:

$$P = \int_0^{t_0} A \exp(-E/RT) dt, \quad (4)$$

где A , E — константы, определяемые из экспериментальных данных; R — газовая постоянная.

Практическое применение формулы (4) для оценки ожогов не представляется возможным из-за неопределенности места расположения "основного слоя кожи". Но ключевые выводы дают содержательную информацию о теплофизическом и физиологических механизмах возникновения ожогов.

В Трудах Казанского медицинского института [9] для определения нестационарного профиля температуры в кожном покрове авторами был предложен метод математического моделирования процесса теплопередачи в многослойной структуре кожного покрова с учетом теплофизических свойств слоев. Экспериментальное воспроизведение ожогов осуще-

ствлялось контактом с инертным блоком с заданной постоянной температурой. Результаты моделирования показали, что ожог возникает при достижении критического значения температуры сосочкового слоя дермы 51 °С. По данным физиологов именно на этой глубине располагаются тепловые рецепторы, гибель которых приводит к возникновению ожоговой болезни.

В дальнейших исследованиях [6] авторами разработана виртуальная математическая модель кожного покрова, которая для постоянного и нестационарного тепловых потоков на поверхности кожи позволяет рассчитать время достижения критической температуры, скоррелированной с появлением ожога II степени. Данные результатов моделирования, полученные на базе экспериментальных материалов, представлены в табл. 1.

В многочисленных опытах с биообъектами [2, 8] установлено, что вероятность "эффекта" приближается к нормальному закону распределения, если в качестве критерия "дозы" взят логарифм индекса облучения. Вероятность возникновения "эффекта" можно определить по таблицам или рассчитать интегрированием нормированной плотности нормального распределения стандартной случайной величины [10]. В первом приближении за стандартную случайную величину можно принять нормированное значение логарифма индекса облучения

$$t_0 = \frac{\ln I - m_{\ln I}}{\sigma_{\ln I}}, \quad (5)$$

где $m_{\ln I}$ — оценка математического ожидания индекса облучения; $\sigma_{\ln I}$ — оценка среднеквадратического отклонения $\ln I$ от $m_{\ln I}$.

Экспериментальное определение $\sigma_{\ln I}$ требует большого количества параллельных опытов с биообъектами в широком диапазоне изменения индекса облучения. Поэтому специалистами используется другой подход, основанный на определении зависимости



Таблица 2

Индекс облучения, вызывающий термические ожоги различной тяжести

Авторы	Вероятность		
	0,01	0,5	0,99
Индекс облучения, Дж/м ²			
При летальном исходе			
Eisenberg N. A. [2] ГОСТ Р 12.3.047–98 [7]	956	2350	5900
При ожогах II степени			
Eisenberg N. A. [2]	110	240	660
Stoll A. M. [5]	115	231	—
Еналеев Р. Ш. [6]	112	236	650
ГОСТ Р 12.3.047–98 [7]	—	346	—

$Pr(I) = f(\ln I)$, получившей название пробит-функции или уравнения регрессии "доза—эффект"

$$Pr = a + b(\ln I), \quad (6)$$

где a и b — коэффициенты, идентифицируемые в экспериментах по воспроизведению ожогов; $Pr = t_0 + 5$.

Очевидно, что для каждого медицинского критерия значения этих коэффициентов будут отличаться.

Так как пробит-функция является линейной, то для ее построения требуется не менее двух экспериментальных точек с координатами "доза—эффект". В табл. 2 приведены экспериментальные данные различных авторов по значениям индекса облучения

при воспроизведении термических ожогов с различными медицинскими критериями.

Обработка табличных данных позволяет получить пробит-функции. Например, для ожога II степени по данным источника [2] составляется система алгебраических уравнений для пробит-функции (6).

В этих уравнениях для вероятности 0,5: $t_0 = 0$ ($Pr = 5$), а для вероятности 0,01: $t_0 = -2,33$ ($Pr = 2,67$):

$$\begin{cases} 0 = a + b \ln 240 \\ -2,33 = a + b \ln 110. \end{cases} \quad (7)$$

Решением системы (7) являются коэффициенты пробит-функции для ожога II степени

$$t_0 = -16,4 + 2,99 \ln I. \quad (8)$$

Аналогично находится пробит-функция для летального исхода

$$t_0 = -19,9 + 2,56 \ln I. \quad (9)$$

Графики пробит-функций представлены на рисунке.

Как видно из данных табл. 2 и рисунка, диапазоны индексов облучения для критериев летального исхода и ожога II степени существенно отличаются между собой. Например, индекс облучения 1 %-ной вероятности летального исхода больше, чем индекс облучения для 99 %-ной вероятности ожога II степени. Для более полной информативной оценки зон теплового поражения необходимо учитывать различные медицинские критерии опасности с целью проведения организационно-технических мероприятий по спасению людей и оказанию медицинской помощи.

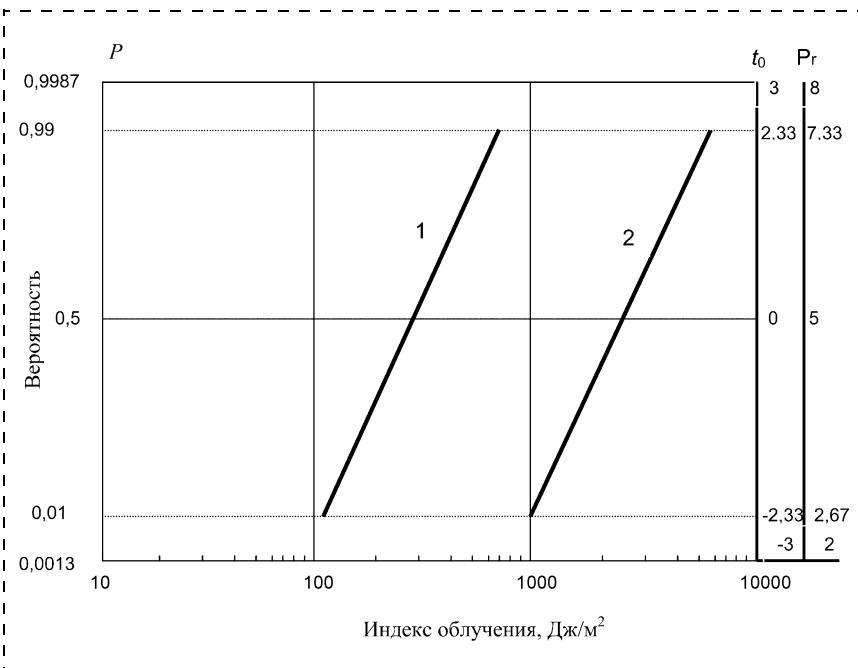
Однако в ГОСТах и методиках МЧС России для оценки опасности поражающего действия теплового излучения применяется пробит-функция только для критерия летального исхода, предложенная в свое время Эйзенбергом после обработки результатов воздействия на человека теплового излучения огненных шаров атомных взрывов

Однако в ГОСТах и методиках МЧС России для оценки опасности поражающего действия теплового излучения применяется пробит-функция только для критерия летального исхода, предложенная в свое время Эйзенбергом после обработки результатов воздействия на человека теплового излучения огненных шаров атомных взрывов

Однако в ГОСТах и методиках МЧС России для оценки опасности поражающего действия теплового излучения применяется пробит-функция только для критерия летального исхода, предложенная в свое время Эйзенбергом после обработки результатов воздействия на человека теплового излучения огненных шаров атомных взрывов

$$Pr = -14,9 + 2,56 \ln I. \quad (10)$$

Функция (10) идентична функции (9) в координатах "вероятность — доза", но в координатах "нормированный интервал — доза" увеличена на пять единиц. Это приводит к необходимости пользоваться специальными таблицами интеграла вероятностей или рассчитывать его для пере-



Пробит-функции для различных медицинских критериев теплового поражения:

1 — ожог II степени, 2 — летальный исход

менного верхнего предела интегрирования, уменьшенного на пять единиц.

Следовательно, альтернативный вариант применения стандартных таблиц интеграла вероятностей для нормированного отклонения логарифма доз, вычисляемых по формулам (8) и (9), является более простым и информативным.

Из данных табл. 2 следует, что индекс облучения для критерия ожога II степени практически совпадает у всех авторов. Исключение составляют данные ГОСТ Р 12.3.047—98 [7].

В разработках научно-методических основ промышленного риска [11] приводятся пробит-функции отличные от (8) и (9):

для ожога II степени

$$Pr = -49,14 + 3,0188 \ln I; \quad (11)$$

для летального исхода

$$Pr = -36,38 + 2,99 \ln I; \quad (12)$$

$$I = \tau q^{4/3}. \quad (13)$$

Значения пробит-функции, рассчитанные по уравнениям (11) и (12) отличаются более чем на 3 единицы от аналогичных значений по уравнениям (8)...(10). Следовательно, ошибка в интервальной оценке теплового поражения составляет 50 %. Например, для ожога II степени с вероятностью 0,5 при времени нагрева 20 с плотность теплового потока равна 6500 Вт/м² (см. табл. 1). Индекс облучения по уравнению (13) равен 845 · 10⁶ Дж/м², а показатель пробит-функции по уравнению (11) равен 12,9.

Для предварительной оценки вероятности поражения с применением различных критериев при заданных интенсивности излучения и времени его воздействия можно воспользоваться графиками пробит-функций и стандартной таблицей интеграла вероятностей. После определения параметров пробит-функции последняя используется в двух возможных вариантах. Либо для заданной вероятности определяются значения медицинского критерия и величины критических "доз". Либо, задаваясь критическими значениями "доз", по пробит-функциям определяют вероятность теплового поражения для заданной степени ожога. При автоматизированной вычислительной процедуре последовательно рассчи-

тываются индекс облучения по уравнению (2), нормированные отклонения по уравнениям (8) и (9) и вероятность теплового поражения численным интегрированием распределения Гаусса

$$P = 0,0013 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-3}^{t_0} e^{-t^2/2} dt, \quad (14)$$

где 0,0013 — значение интеграла вероятностей в интервале от минус ∞ до −3.

Таким образом, предлагаемые авторами различные медицинские и термодинамические критерии теплового поражения человека расширяют возможности тестированных методов для оценки зон теплового поражения и принятия управленческих решений по ликвидации последствий массового поражения тепловым излучением.

Список литературы

1. **Бессмертный Б. С.** Математическая статистика в клинической профилактической и экспериментальной медицине. — М.: Медицина, 1967. 303 с.
2. **Eisenberg N. A., Lynch C. J., Breding.** Vulnerability model: A simulation system for assessing damage resulting marine spills. U. S. Bureau of mines. — R1 3867. — Feb. — 1946. — 167 p.
3. **Термические и радиационные ожоги** / Под ред. Л. И. Герасимовой, Г. И. Назаренко. — М.: Медицина, 2005. — 324 с.
4. **Stoll A. M.** Advances in Heart Transfer, (ed. by Hartnett J. P. and Irvine T. F.). New York: Academic Press. Vol. 4. — 1967. — 115 p.
5. **Behnke W. P.** Predicting Flash Fire Protection of Clothing from Laboratory Test Using Second-degree Burn to Rate Performance // Fire and materials. — 1984. — Vol. 8. — P. 53—63.
6. **Enalejev R. Sh., Kachalkin W. A.** Mathematical Simulation of Heat and Mass Transfer Process in Skin Cover at Burn Injury // Annals of the New York Academy of Science. — 1998. — Vol. 858. — P. 30—35.
7. **ГОСТ Р 12.3.047—98.** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
8. **Столл А.** Теплообмен в биотехнике // Успехи теплопередачи. Пер. с англ. — М.: Мир, 1970. — 358 с.
9. **Еналеев Р. Ш., Келин И. А., Качалкин В. А.** и др. Применение математического моделирования для исследования термических ожогов // Труды Казанского Ордена Трудового Красного Знамени медицинского института им. С. В. Курашова. Т. 48. Казань, 1976. — С. 91—95.
10. **Гмурман В. Е.** Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1997. 479 с.
11. **Елохин А. Н.** Анализ и управление риском: теория и практика. — М.: Ирис ЗАО "Индустриальный риск", 2002. — 192 с.

УДК 20.1(2P354)

А. Н. Бармин, д-р геогр. наук, проф., **М. М. Иолин**, канд. геогр. наук,
Р. В. Кондрашин, канд. геогр. наук, **Н. С. Шуваев**,
Астраханский государственный университет

Экологическое состояние и особенности воздействия техногенных нагрузок в Астраханской области

Обобщены данные по природно-ресурсному потенциалу Астраханской области и проанализировано современное экологическое состояние при воздействии техногенных нагрузок.

Специфика современной экономической и экологической ситуации в Астраханской области в связи с изменившимися геополитическими реалиями предполагает использование комплексного подхода для оценки ее геоэкологического состояния. Основными критериями в такого рода исследовании следует выделять взаимосвязь всех уровней экологического и экономического развития региона, оценку соотношения промышленного производства с возможностями природно-ресурсной базы, демографических показателей и состояния социальной инфраструктуры, медико-географическое обоснование негативных экологических воздействий. Характерные экологические черты Астраханской области определяются ее природной и хозяйственной спецификой, под которой подразумевают экономическую специализацию региона и структуру его хозяйства. Специфика специализированных производств на территории области определяет масштабы и характер воздействия на окружающую природу.

Качественный подход наблюдается в вопросах размещения производств, где новые требования стали предъявляться к условиям размещения, притом не столько к обеспечению сырьем и топливом, сколько к условиям строительных площадок, охраны окружающей среды и сброса сточных вод, условиям благоприятного для здоровья и расселения людей, т. е. к факторам, которые недавно не имели первостепенного значения в экономико-географических исследованиях. Так, понятие экономика природопользования, восходящее к основам экономической оценки естественных ресурсов А. А. Минца [1] широко применяет А. А. Голуб [2], М. А. Комаров [3], причем ряд авторов напрямую увязывают экономику природопользования с экологией Э. В. Гирусов [4]. Ключевым критерием при рассмотрении экономического аспекта взаимодействия системы "экономика — человек — природа" выступает природопользование, под которыми Н. Н. Лукьянчиков, И. М. Потравный понимают "выражение общественных (экономических) отношений, возникающих в процессе вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот;

присвоения и использования природных ресурсов, включающее воспроизводство и охрану окружающей среды" [5].

При исследовании территориальных геоэкологических особенностей географических объектов Астраханской области необходимо уяснить сущность взаимодействия экономики и экологии, выраженных в проявлении геоэкологических функций территории: пространственной, производственной, эколого-экономической, включая социальные составляющие. Конкретизируя основные направления работ по региональным исследованиям, необходимо отметить их территориальную направленность и комплексный характер, в том числе и прогнозный. Применяя их основные положения к конкретно исследуемой территории, можно выделить следующий круг задач:

— региональное геоэкологическое развитие в рамках экологического воздействия сопредельных с Астраханской областью территорий;

— на основе выявленных особенностей эколого-географического положения сформировать современные представления на эффективное размещение территориально-отраслевых структур в пределах Астраханской области с учетом комплексного использования природных, трудовых и материально-технических ресурсов и условий в соответствии с новыми принципами природопользования;

— разумная организация и интенсификация индустриально-аграрного сектора с учетом его обоснованной функциональной специализации и земельного кадастра;

— выделение эколого-депрессивных территорий и их реабилитация, оздоровление и рациональное вовлечение в хозяйственный оборот; эффективное использование, охрана и обогащение природной среды; организация рекреационных зон;

— целесообразное функциональное районирование территории области по комплексу факторов (ресурсному, экономическому, экологическому и т. п.).

Последний пункт наиболее полно соответствует геоэкологическим признакам, так как затрагивает проблемы взаимодействия экономической и природной составляющей. Поэтому главной задачей геоэкологического исследования является изучение комплексного взаимодействия природно-ресурсного потенциала и промышленности и их рационального размещения по территории Астраханской области.

Природно-ресурсный потенциал области

Район исследования находится на юго-востоке Восточно-Европейской равнины в пределах северо-западной части Прикаспийской низменности, Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волги, протяженность которой в пределах области составляет свыше 400 км и занимает узловое положение в Прикаспии РФ (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки).

Многочисленные исследования убедительно доказывают, что Астраханская область располагает разнообразными и значительными по объему природно-сырьевыми ресурсами, которые могут составить прочную основу для успешного развития большинства отраслей промышленного производства [6]. Несмотря на недостаточную изученность геологических структур области на наличие запасов различных групп полезных ископаемых, она может быть отнесена к одному из богатейших и экономически перспективных регионов России, стран Прикаспийского региона, Европы и Азии. К наиболее важным ресурсам Астраханской области следует отнести углеводородное и горнохимическое сырье, водные и биологические ресурсы. Основными полезными ископаемыми являются: углеводородное сырье, сера, бромсодержащие соли, соль поваренная, минеральное сырье для производства строительных материалов, опоки, гипс.

Углеводородное сырье. Добыча углеводородного сырья является базисной отраслью современной промышленности Астраханской области, что предопределило быстрый рост в последнее десятилетие топливной промышленности и газохимии. На территории области выявлено пять газоконденсатных месторождений. Из них четыре месторождения находятся в разработке: Астраханское, Бешкульское, Промысловское и Северо-Шаджинское. Бугринское газовое месторождение, содержащее сероводород, не обустроено для сбора и транспорта сероводородного газа, поэтому находится в консервации.

Астраханская область является обладателем крупнейшего в Европе серогазоконденсатного месторождения (СГКМ), эксплуатация которого в значительной мере обусловила быстрый рост топливно-энергетического комплекса всего Поволжского района.

Сера. Важное стратегическое химическое сырье, имеющее широкое применение в отраслях основной химии и производстве минеральных удобрений. Наравне с положительными промышленными функциями существуют очевидные негативные последствия эксплуатации этого вида сырья. При добыче и дальнейшей его переработке возрастает экологическая напряженность на сопредельные территории.

Соль поваренная. Особенности геологические условия, связанные с проявлением соляной тектоники, позволили говорить о сложившемся уникальном комплексе месторождений на территориях, прилегающих к озеру Баскунчак. На озере расположено

одно из крупнейших в мире месторождений высококачественной поваренной соли (содержание хлористого натрия — 98 %). В условиях засушливого климата, при высокой испаряемости и минимальном выпадении осадков (250...270 мм) на поверхности озера образуется рассол высокой минерализации — рапа, соленость которой достигает 300 ‰. Из всей поваренной соли, используемой в России, 80 % приходится на баскунчакскую.

Бромсодержащие соли. В рапе озера Баскунчак содержатся промышленные запасы брома (производительностью добычи 2,0...2,5 тыс. т/год) — ценнейшего сырья для химической промышленности. Баскунчакское месторождение бромсодержащей рапы со средней концентрацией по брому 350 г/м³ по общемировым критериям считается рентабельным. Бром технический, вырабатываемый из этого сырья, может применяться в производстве витаминов, лекарственных средств, красителей, фреонов, реактивов, антипиренов. По прогнозам в районе подступных ильменей имеются месторождения калийных солей с запасом 420 млн т.

Минеральное сырье для производства строительных материалов. На территории области широко распространены и практически повсеместно добываются кирпичные глины и песок, в том числе стекольный. Это обусловило поступательное развитие промышленности строительных материалов. На территории области обнаружено около 90 месторождений легкоплавких глинистых пород, пригодных для кирпично-черепичного производства, однако из них активно эксплуатируется только 19. Для производства керамзита — ценного местного строительного материала эксплуатируется три из пяти месторождений пойменной глины (Турусовская залежь, Тугунчинское и др.). Широко распространенные на территории области строительные (силикатные) пески промышленно осваиваются только в пос. Стрелецком. Промышленное значение имеют стекольные пески (Татарская Башмаковка), которые обрабатываются здесь же в пос. Стекольный завод или поступают в качестве сырья на завод стекловолокна (г. Астрахань).

Опоки. Основные месторождения опок расположены на севере области — Каменнаярское (Черноярский район) и Баскунчакское (Ахтубинский район). Каменнаярское месторождение опок как по ресурсному потенциалу, так и по качеству сырья можно отнести к числу уникальных. Эти опоки характеризуются высокой чистотой и однородностью состава, из них может быть получен широкий ассортимент товарной продукции, способной полностью удовлетворить потребности химических отраслей Южного федерального округа в адсорбционных материалах, жидком стекле, силикагеле и т. п. Из опок Каменнаярского месторождения с помощью простых технологий активации и модификации могут быть получены продукты, соответствующие по свойствам искусственным сорбентам. В этом отношении



они могут рассматриваться как сырье, альтернативное природным цеолитам, промышленные месторождения которых в пределах европейской части России отсутствуют.

Гипс. Баскунчакское месторождение гипса относится к категории крупных. Производимый на предприятии сыромолотный гипс и гипсовый камень имеет широкое применение в Астраханской области.

Земельные ресурсы. Эти ресурсы являются естественной основой для развития индустриально-аграрного цикла, обуславливающего основную специализацию промышленного комплекса Астраханской области.

Наиболее распространены бурые почвы в комплексе со светло-каштановыми солонцами и солончакками. Эти почвы могут использоваться для возделывания зерновых, овощных и бахчевых культур при условии их орошения. Наиболее ценными являются пойменные почвы (луговые, ильменно-луговые, лугово-болотные), которые занимают большие территории Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волги. Весь земельный фонд области составляет 2910 тыс. га. В силу экстремальных природных условий земельный фонд области лишь на 3/4 вовлечен в хозяйственный оборот. Земли населенных пунктов и промышленных объектов использования занимают в общей сложности 13 % земельного фонда, а земли сельскохозяйственного назначения занимают 63 %.

Структура сельскохозяйственных угодий специфична: пашни составляют 12,1 %, сенокосы — 13 % и пастбища — 74,8 %. Возможны два направления использования пастбищ: развитие животноводства или рекультивация земель и расширение территории пашен. Доля пахотных земель в структуре сельскохозяйственного землепользования невелика, степень их использования чрезвычайно низка и повысить ее в ближайшее время не представляется возможным, так как орошаемое земледелие требует крупных капитальных вложений и материально-технических затрат.

Водные ресурсы. Существенное воздействие на размещение промышленности Астраханской области оказывают гидроресурсы. Основная их функция: водоснабжение и обеспечение пресной водой промышленного производства, сельского хозяйства и населения. Распределение водных ресурсов по территории области происходит неравномерно. Основная часть потенциально используемых водных ресурсов приходится на юг области, где река Волга широкой дельтой впадает в Каспийское море.

Своеобразие распределения водных ресурсов отчетливо проявилось в размещении населения и промышленного производства. Территориальный анализ показал, что наиболее типичная привязка такого рода объектов характеризуется близостью водных ресурсов, которые параллельно выполняют транспортные функции. В связи с этим типичное

простирающиеся территориальные структуры в Астраханской области можно охарактеризовать как "приустьевые". Растущие потребности современной промышленности в водных ресурсах при явном росте водоемких производств (газохимия) будет способствовать размещению предприятий этих отраслей в западном секторе дельты реки Волги, где обеспеченность водными ресурсами будет максимальной. Дальнейшее совместное использование транспортной и производственной функций водных ресурсов с учетом сложившихся геополитических и экономико-географических условий приведет к неравномерному территориальному развитию в пределах дельты реки Волги.

Лесные ресурсы. Астраханская область крайне бедна лесными ресурсами. Покрытая лесом площадь занимает лишь 2 % территории области, причем 40 % лесов высажено искусственно. Лесом покрыты запретные для хозяйственного использования зоны вдоль рек — 67 % лесопокрытой площади, зеленые зоны — 25 %. Площадь полезащитных и почвозащитных насаждений превышает 5 тыс. га. Особую экологическую роль играют лесные массивы противозерозионного назначения.

Рекреационные и бальнеологические ресурсы. Рекреационные ресурсы — перспективный источник пополнения бюджета. В области имеются уникальные заповедные места, историко-археологические памятники, зоны познавательного отдыха. Существенные возможности лечебного отдыха обусловлены наличием целебных грязей и минеральных вод.

Исходя из комплексных геологических и эколого-географических оценок, территория Астраханской области представляется весьма перспективной для выявления новых крупных месторождений углеводородного сырья, поваренных, калийных солей и строительных материалов, а также для использования рекреационных ресурсов. Однако из-за своей географической удаленности от центральных регионов России и не совсем комфортных природно-климатических условий, изученность и освоение природных ресурсов области находится значительно ниже, чем в среднем по Поволжскому району.

Геоэкологическая характеристика области

Эколого-географическое положение Астраханской области характеризуется серьезной экологической напряженностью на большей части ее территории, что относит область к экологически неблагоприятным районам РФ (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки).

Гидрологические особенности. Бассейн реки Волги собирает загрязнения с высокоурбанизированных и хорошо освоенных индустриальных областей Поволжья, Центральной России (через реку Оку), Урала (через реку Каму). Неоспорим тот факт, что нижние звенья "каскадных ландшафтно-геохимических систем" [7] сильнее антропогенезированы, нежели верховья. В целом в областях, расположен-

ных на территориях Волжского водосборного бассейна, площадью до 749 тыс. км² проживает около 26,9 млн чел., что в 17 раз превышает площадь Астраханской области и в 27 раз превышает ее население. А с учетом Окского (95,2 тыс. км² и 4 млн чел.) и Камского (346,3 тыс. км² и 8630,5 млн чел.) водосборных бассейнов эти цифры достигают 27- и 39-кратного превышения соответственно. Вода рек, поступающих в Астраханскую область с территории Поволжского района, характеризуется в основном как "загрязненная" или "грязная". В целом неблагоприятная экологическая ситуация осложняется воздействием каскада волжских ГЭС, зарегулировавших естественные процессы реки.

Наибольшая антропогенная нагрузка выпадает на три участка Волго-Ахтубинской гидросистемы, ниже которых наблюдается значительное ослабление техногенной нагрузки. Данные участки были названы барьерами естественной гидрохимической самоочистки Волго-Ахтубинской поймы. Загрязнения северной части Волго-Ахтубинской поймы связано с интенсивным воздействием внешних техногенных объектов, расположенных в крупных промышленных пунктах — городах Волгоград и Волжский, в которых располагается большое количество химических и металлургических производств. Помимо них на Волго-Ахтубинскую гидросистему негативно воздействуют локальные загрязнители — населенные пункты Ахтубинск и Знаменск — Капустин Яр, поставляющие в реку Ахтубу бытовые и промышленные стоки. Центральная часть поймы не испытывает значительных техногенных нагрузок из-за отсутствия здесь крупных экономико-географических объектов. Дельтовые и устьевые участки Волжской гидросистемы подвержены наибольшему воздействию антропогенных факторов. В первую очередь это связано с наибольшей плотностью размещенных здесь специализированных производств и населенных пунктов. Одними из основных загрязнителей в этой части акватории дельты реки Волги являются город Астрахань и промышленная зона возле пос. Аксарайского. На юге области наблюдается сильная нехватка воды для хозяйственных нужд на отдельных территориях. Сильно страдают от этого восточная дельта реки Волги и территории западной ильменно-бугровой равнины.

Необходимо отметить, что Нижняя Волга уже не обладает достаточно мощным восстановительным потенциалом как генератор чистой воды, транспортируемой в бассейн Каспийского моря. Использование свежей воды здесь сократилось с 2335 млн м³ в 1990 г. до 1252 млн м³ в 2001 г. Хотя Астраханская область и занимает первое место по использованию свежей воды в Поволжском районе, это связано лишь с общим сокращением этого показателя во всех его областях. Однако объем оборотной и последовательно используемой воды очень низок 289 млн м³ (всего 1,57 % в Поволжском районе). Это указывает

на незначительное использование водных ресурсов предприятиями области [8].

Экологическая, социальная и экономическая системы Астраханской области неразрывно связаны с акваторией Каспийского моря, с его биологическими и минеральными ресурсами. Экологическая ситуация здесь неоднозначна и требует тщательного анализа. В Северный Каспий несут воды две большие реки — Волга и Урал, водосборные бассейны которых находятся в индустриально развитых и экологически грязных экономических районах России. Ежегодный сброс промышленных отходов в эти реки, а затем в Каспийское море исчисляется сотнями тысяч тонн. Сильная разветвленность дельты реки Волги, слабые устьевые течения и большое количество оседающего взвешенного материала, многочисленные тростниковые заросли ведут к естественному загрязнению северной части Каспийского моря. Отмечены случаи накопления сероводорода в околдонных слоях, что при практически полном отсутствии серьезных морских и турбулентных течений может привести к накоплению ядовитых веществ и вымиранию большого числа рыб, в том числе ценных осетровых пород. Современные геологические изыскания на шельфе Северного Каспия подтверждают значительные запасы углеводородного сырья. Промышленная эксплуатация шельфа приведет к возрастанию экологической напряженности, которая незамедлительно скажется на подавлении биологического разнообразия фауны и флоры, опосредовано влияя на здоровье местного населения.

Характеристика ландшафтов. На территории Астраханской области выделяются три природных района: полупустынный, пустынный и район смягченного промежуточного климата Волго-Ахтубинской поймы и дельты. Экологическая роль области определяется во многом ее расположением в степной и полупустынной зоне, на территории с резкоконтинентальным аридным климатом. Природные ресурсы и агроклиматические особенности территории определяют такие виды хозяйствования человека как пастбищно-отгонное скотоводство и овцеводство, овощеводство и бахчеводство, добыча полезных ископаемых и их промышленная переработка.

Большая часть территории представлена дискомфортными аридными территориями, представленными северо-каспийскими сухостепными, полупустынными, солончаково-луговыми равнинными и степными ландшафтами. На аридных дискомфортных территориях организм человека подвергается воздействию комплекса неблагоприятных природных факторов — высокие температуры воздуха и его низкая влажность, резкие перепады суточных и сезонных температур, интенсивная солнечная инсоляция, пыльные бури, недостаток воды в поверхностных водоисточниках и ее интенсивное загрязнение.

Природно-экологические условия предопределяют ряд характерных патологических состояний



у жителей данной территории: солнечно-тепловой удар, сердечно-сосудистые заболевания, поллинозы (аллергические заболевания, вызываемые пылью цветущих растений), болезни глаз — сезонный конъюнктивит, весенний катар, солнечный кератоз, рак кожи, рак пищевода, кишечные инфекции. Дикие животные аридных ландшафтов Северного Прикаспия служат источником опасности заражения людей чумой, клещевым спирохетозом, лихорадкой Ку, крымской геморрагической лихорадкой. У сельскохозяйственных животных встречаются вспышки бруцеллеза, лептоспироза и туберкулеза бычьего типа, которые опасны для здоровья людей.

Узкая полоса Волго-Ахтубинской поймы, включающая в себя поволжско-прикаспийские степные и сухостепные равнины с пойменно-луговыми ландшафтами, относится к гипокомфортным аридным территориям. Острой проблемой остается снабжение доброкачественной водой для хозяйственно-бытовых нужд. Необходим постоянный контроль за возникновением природно-очаговых инфекций.

На землях Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волги сформировались пойменно-луговые почвы разного механического состава и различной степени засоления и солонцеватости. Основная опасность использования почвенных ресурсов области связана с орошаемым земледелием. Неправильная эксплуатация почв при экстенсивном способе ведения хозяйства в условиях повышенной испаряемости приводит к засолению сельскохозяйственных земель и деградации пастбищ.

Исследования загрязнения почв Астраханской промышленной агломерации как эталонного участка показало, что основными элементами, создающими фон загрязнения, являются цинк (6,9 Кк — Кларк концентрации) и свинец (6,1 Кк), никель (3,2 Кк), хром (3,0 Кк), стронций (2,7 Кк), ванадий (2,5 Кк), кобальт (1,4 Кк), молибден (1,3 Кк), медь (1,3 Кк), серебро (1,1 Кк). Данные элементы не имеют четкого равномерного распределения по всей территории подрайона и локализованы в отдельных ареалах. Расположение ареалов загрязнения четко соответствуют концентрации производств различных производственных циклов. На основе анализа соответствия очагов загрязнения и территориального размещения промышленных предприятий было установлено, что основными предприятиями, оказывающими влияние на экологическую напряженность г. Астрахани, являются автотранспорт, пищевая, химическая промышленность и судостроение [8].

Доминирующими элементами, встречающимися в почвах, выявлены цинк — 3250 мг/кг и свинец 450 мг/кг (93 Кк и 45 Кк соответственно). Необходимо отметить, что производственные циклы перечисленных предприятий не являются настолько экологически опасными, что могло бы привести к высокому содержанию тяжелых металлов в почвах данной части города. Высокий фон загрязнения

мог возникнуть в результате повышенной загруженности автотранспортом, а также за счет особенностей суточной циркуляции атмосферы.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в почвах г. Астрахани происходит накопление одних и тех же элементов, уровень концентрации которых различается незначительно. Приоритетным элементом в этих ареалах загрязнения является цинк, содержание которого в почвах в 10—20 раз превышает фоновое. Таким образом, агломерационный очаг экологической напряженности общей площадью 22,6 км² имеет мозаичную структуру.

Особенности состояния атмосферы. Атмосфера региона относится к зоне умеренной и пониженной рассеивающей способности. Для Астраханской области характерно движение воздуха преимущественно с малыми скоростями и слабый приземный обмен воздушных слоев температурой. Вместе с тем именно приземный слой атмосферы является зоной антропогенной деятельности. Особенности движения воздушных масс способствуют снижению рассеивания загрязняющих веществ в воздушном бассейне региона и их накоплению в нижних слоях. Особенности атмосферной регуляции в районе г. Астрахани, где сосредоточены основные промышленные источники загрязнения воздушного бассейна, обуславливают значительное антропогенное воздействие на организм человека — пневмокониозы, астматические и аллергические заболевания, вызванные экзоаллергенами из-за высокой концентрации вредных для здоровья человека микроэлементов промышленного происхождения.

Из-за господствующего над Русской равниной западного переноса воздушных масс огромное количество воздушных загрязнений поступает из Европы — крупнейших районов промышленной активности и оседает на водосборный бассейн реки Волги. Далее эти поллютанты перемещаются по рекам бассейна вниз по течению. Это ухудшает и без того неблагоприятное эколого-географическое положение Астраханской области.

Господствующие в Астраханской области восточные ветра переносят атмосферные выбросы со стороны Западного Казахстана, где активно эксплуатируется Тенгизская группа углеводородсодержащих месторождений. Помимо прямого переноса восточными ветрами загрязняющих веществ с территории Западного Казахстана отмечены неоднократные вторжения пылевых масс в виде "пылевых бурь".

Астраханская область примыкает к Волгоградской области — одному из крупных в Поволжье очагу промышленных выбросов в атмосферу. Причем, очаг расположен со стороны господствующих ветров северо-западного румба. Большое число промышленных предприятий образуют зону устойчивого сверхнормативного загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова. Предприятия Волгоградской области вы-

брасывают в атмосферу около 376 тыс. т загрязняющих веществ [8], а в водоемы — около 1,2 тыс. м³ загрязнений. Помимо дальнего переноса атмосферных загрязнений посредством высотных ветров, наиболее населенная территория Астраханской области — Астраханская промышленная агломерация подвержена загрязнению приземным ветром, в пределах так называемого "ближнего следа" выбросов (50...80 км от источника) со стороны Аксарайского газохимического комплекса (АГХК).

В процессе формирования территориальной структуры промышленности Астраханской области ее технические системы интенсивно воздействуют на природные комплексы, что приводит к нежелательным последствиям. Подсчитано, что наиболее сильный урон природе и населению наносят предприятия нефтяной (70 % общего ущерба), газовой промышленности (15 %) и геологоразведки (8 %). На каждом этапе освоения значительное место должно уделяться вопросам охраны природы, актуальность которых возрастает по мере дальнейшего развития АГХК. Природоохранные мероприятия следует направить на обеспечение эксплуатационной надежности нефтегазопромысловых объектов. К негативным факторам освоения нефтяных и газовых месторождений относится захламенение окрестностей промышленных площадок, акваторий шельфа Каспийского моря и населенных пунктов строительным и хозяйственно-бытовым мусором.

Медико-экологическое развитие Астраханской области (особенно в границах Астраханской промышленной агломерации) характеризуется как комплекс высокоагрессивной среды, наносящий значительный урон естественным природным комплексам и здоровью населения. Основные мероприятия по охране вод от загрязнения — внедрение замкнутых водооборотов, захоронение неподдающихся очистке промышленных стоков. Одно из главных условий рационального использования водных ресурсов — нормирование и контроль водопотребления. Для учета расхода воды необходимо установить водомерные узлы на всех насосных станциях и водоочистных сооружениях. С целью предупреждения загрязнения водоемов важно строгое соблюдение водоохраных зон и прибрежных полос.

Астраханская область — это не только нефть и газ, но и ценные породы рыб, овечьи стада, арбузы, помидоры и другие ресурсы. Комплексное освоение этих богатств, с одной стороны, повысило бы отдачу от средств, вкладываемых в развитие комплекса, с другой — дало бы простор для маневра, позволило бы в значительной степени снизить экологическую нагрузку на компоненты природы [9].

Эколого-географический подход к решению проблемы поддержания чистоты воздуха и воды требует рационального размещения промышленных предприятий по территории области. Наиболее насыщена экологически опасными объектами ее юж-

ная часть, где расположена Астраханская промышленная агломерация. Производственные и резервные территории этой агломерации вплотную подступают или перекрывают уникальные природные ландшафтные комплексы и заповедные территории дельты. Техногенное влияние усиливается за счет воздействия экологически агрессивного АГХК, расположенного выше по течению рек Ахтубы и Бузан, в северо-западном секторе преобладающей розы ветров. С природоохранной точки зрения дальнейшее наращивание и расширение экологически опасных производств в этой части региона весьма опасно и должно быть резко ограничено.

Перспективный путь сохранения чистоты окружающей среды — экологизация технологических процессов. Безотходная технология представляет собой фундаментальное решение проблем загрязнения воздуха и воды в пределах Астраханской области. Конечной целью безотходных технологий следует считать создание территориальных эколого-экономических комплексов, имеющих замкнутую структуру материальных потоков сырья и отходов на основе экологических энергопроизводственных циклов. Положительный экологический эффект может дать внедрение на предприятиях технологий повторного использования замкнутых циклов воздуха и воды. Сохранение природной среды вокруг районных центров, создание системы охраняемых территорий и памятников природы будет способствовать улучшению качества хрупкого природного комплекса области.

Список литературы

1. **Миц А. А.** Экономическая оценка естественных ресурсов: Научно-методические проблемы учета географических различий в эффективности использования. — М.: Мысль, 1972.
2. **Голуб А. А., Струкова Е. Б.** Экономика природопользования: Учебное пособие. — М.: Аспект-Пресс, 1995.
3. **Комаров М. А., Мелехин Е. С., Киммельман С. А.** Проблемы развития экономики природопользования. — Калуга: ВИЭМС, 1999.
4. **Гирсов Э. В.** и др. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ, 2002.
5. **Лукьянчиков Н. Н., Потравный И. М.** Экономика и организация природопользования: Учебник для вузов. — 2-е изд. — М.: ЮНИТИ — ДАНА, 2002.
6. **Волгин А. В., Кондрашин Р. В.** Природно-ресурсный потенциал и его влияние на процесс формирования территориальной структуры промышленности Астраханской области // Сборник научных трудов. Краеведение: методика преподавания и результаты научных исследований. — Владимир: ВГПУ, 2003. — С. 28—40.
7. **Атлас Астраханской области.** — М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1997.
8. **Регионы России.** Социально-экономические показатели 2002 года: Статистический сборник. — М.: Госкомстат России, 2002.
9. **Кондрашин Р. В., Пучков М. Ю.** Экологическое районирование города Астрахани: Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов // Мат. 2-й Межд. науч.-практич. конф. Ассоциация прикаспийских государств. — Элиста: КалмГУ, 2004.

УДК 658.345.001.85

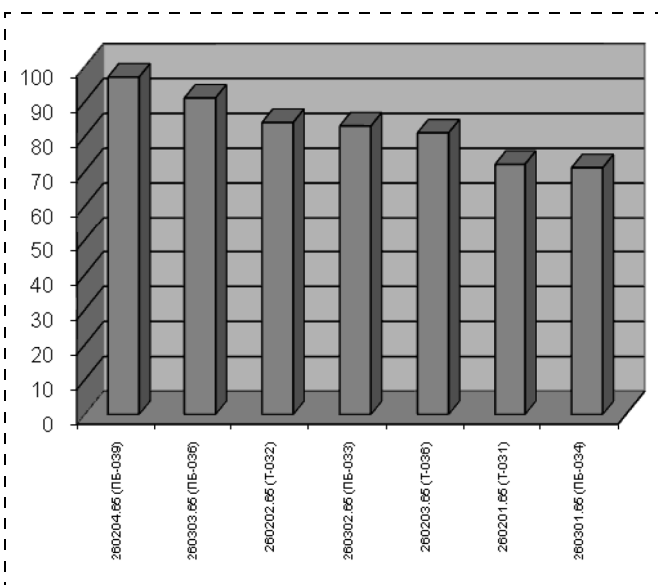
С. С. Зарцына, канд. техн. наук, доц., **М. И. Саликова**, канд. техн. наук, доц.,
Р. Н. Плотникова, канд. хим. наук, доц.,
Воронежская государственная технологическая академия

Интернет-экзамен — новая форма мониторинга знаний

Представлена информация об участии студентов Воронежской государственной технологической академии в интернет-экзамене по дисциплине "Экология". Проанализирован опыт подготовки к проведению аттестации, высказаны соображения по содержательной части заданий.

В технологии мониторинга качества знаний студентов новой формой является участие в интернет-экзамене. Оно осуществляется с применением информационных технических систем, а средствами измерения являются тестовые задания. Проведение Интернет-экзамена по курсу "Экология" в Воронежской государственной технологической академии (ВГТА) в 2006/2007 учебном году было организовано центром управления качеством академии и осуществлялось с использованием тестовых заданий, разработанных Росаккредитагентством.

Результаты аттестации представлены на рисунке. Их сопоставление с аналогичными данными по вузам РФ позволяет говорить о достаточно полном усвоении дисциплины и, вместе с тем, о необходимости обсудить некоторые учебно-методические и



Ранжирование показателей освоения дисциплины на соответствие требованиям ГОС по дисциплине "Экология"

научно-практические проблемы этой формы диагностики в свете полученного небольшого опыта.

Итак, как и в любом новом начинании, организаторам пришлось столкнуться с первой спонтанной реакцией аудитории студентов — психологическим неприятием известия об участии в интернет-экзамене.

Чтобы настроить аудиторию, избежать нежелательных стрессов была разработана программа для подготовки к интернет-экзамену, которая включала:

- разработку тестовых заданий по разделу курса для адаптации студентов к различным формам;
- проведение промежуточного тестирования по разделам дисциплины (4, 8, 15 учебные недели);
- участие в пробном тестировании в интернете (15, 16 учебные недели);
- анализ результатов пробного тестирования (16, 17 учебные недели);
- проведение дополнительных консультаций по результатам пробного тестирования (17 учебная неделя).

В итоге этой работы было достигнуто позитивное психоэмоциональное состояние у большинства студентов, поскольку у них закрепились уверенность в собственных силах и возможности достижения положительного результата.

Интернет-экзамен проводился на базе центра информационных технологий ВГТА при участии специалистов центра, представителя центра управления качеством академии и преподавателя — консультанта. Количество рабочих мест, оснащенных ПЭВМ позволяло провести аттестацию 60 студентов одновременно. Общее количество предложенных в билете заданий — 24, время выполнения — 45 мин.

Тематическое содержание заданий (по данным разработчиков) иллюстрируется данными таблицы.

В рабочих программах курса для инженерных специальностей указано, что целью преподавания дисциплины "Экология" является формирование представления о формах и закономерностях организации жизни; закрепление системы взглядов о единстве, взаимосвязи живого и неживого компонента биосферы, овладение навыками оценки и прогнозирования последствий изменения природной среды.



К задачам дисциплины относятся следующие:
 — изучение основ учения о биосфере, определение роли человека в эволюции биосферы;
 — ознакомление с основными законами и важнейшими понятиями экологии;
 — приобретение навыков оценки антропогенного воздействия на природные системы.

Таким образом, содержательная часть курса, как видно из сопоставления материала таблицы и выдержек рабочих программ, отражена в тематике задания. Вместе с тем, требует обсуждения степень детализации отдельных тем.

Так, задания дидактической единицы "Рациональное природопользование и охрана окружающей среды" содержали значительное количество вопросов на знание дат принятия тех или иных международных соглашений, названий международных организаций, на выявление структурных и организационных отличий особоохраняемых территорий. В тематике лекций этой проблеме уделяется, как правило: 1—2 учебных часа, и большинство ответов, в связи с этим опиралось "на общую эрудицию".

К сожалению, теме "Экозащитная техника и технологии" уделено не так много внимания. Вместе с тем, эта область для современного специалиста

важна и преподавание дисциплины формирует у студента базу необходимых знаний по основным технологическим решениям в области сточных вод, газовых выбросов, способов утилизации отходов с учетом специфики производства. В среднем перечисленным вопросам посвящается 5...6 часов лекций (при общем объеме лекций 34 часа). Оценить степень усвоения знаний по перечисленным проблемам в ходе интернет-экзамена оказалось невозможным.

Учитывая, что качество усвоения учащимися подлежащего изучению материала, полученного ими опыта и, следовательно, деятельности, которую они могут осуществлять в результате обучения, характеризуется различными уровнями усвоения, то и мониторинг качества обучения может проводиться на различных уровнях:

1-й уровень — уровень представления (знакомства).

Студент способен узнавать объекты и процессы, если они представлены ему сами или дано их описание, изображение. На этом уровне студент обладает знанием-знакомством и способен опознать, различить и соотнести объекты и процессы.

2-й уровень — уровень воспроизведения.

Студент может воспроизвести информацию, операции, действия, решить типовые задачи, рассмотренные при обучении. Он обладает знанием-копией.

3-й уровень — уровень умений и навыков.

Студент умеет выполнять действия, общая методика и последовательность которых изучены на занятиях, но содержание и условия выполнения их новые.

4-й уровень — уровень творчества.

Студент не только овладевает знаниями, умениями и навыками, но и умеет самостоятельно "добывать" необходимые знания и умения.

По нашим оценкам, диагностика обученности в соответствии с 3- и 4-м уровнями не нашла достаточного отражения в заданиях интернет-экзамена. Согласно ГОС ВПО, студент должен знать приемы повышения экологической чистоты производства, уметь анализировать технологический процесс с точки зрения воздействия на окружающую среду, иметь навыки выполнения соответствующих экологических расчетов и модельных экспериментов.

Проанализируем, насколько отражены уровни требований ГОС ВПО в заданиях интернет-экзамена. Отметим, что в билете имелись задания, оценивающие требования "знать". Например, были предложены вопросы типа "К сооружениям механической очистки сточных вод относятся:"

Варианты ответов:

- метантенки;
- биологические пруды;
- решетки, песколовки, отстойники;
- аэротенки.

Дидактическая единица ГОС	№ задания	Темы задания
Биосфера	1	Основные понятия и определения экологии
	2	Учение о биосфере
	3	Фундаментальная роль живого вещества
	4	Круговороты веществ в биосфере
Экосистемы	5	Понятие экосистем и их классификация
	6	Сукцессия экосистем
	7	Трофические взаимодействия в экосистемах. Экологические пирамиды
	8	Продукция и энергия в экосистемах
Сообщества и популяции	9	Демэкология и синэкология
	10	Биотические связи организмов в биоценозах
	11	Структура сообществ
Глобальные экологические проблемы	12	Популяция и ее свойства
	13	"Парниковый эффект"
	14	"Озоновые дыры"
	15	Энергетическая проблема
	16	"Демографический взрыв"
	17	Продовольственная проблема
	18	Сокращение биоразнообразия
Рациональное природопользование и охрана окружающей среды	19	Экологические принципы рационального природопользования и охраны окружающей среды
	20	Мониторинг окружающей среды и его виды
	21	Экологические нормативы и стандарты
	22	Охрана атмосферного воздуха, воды и почвы
	23	Экозащитная техника и технология
	24	Особоохраняемые территории



К сожалению, среди предложенных заданий практически отсутствовали задания, контролируемые указанные выше умения и навыки. Вместе с тем, можно было предложить задания нескольких уровней сложности (по примеру школьного ЕГЭ).

В практике тестирования форм все множество применяемых заданий можно свести к четырем формам:

- задания с выбором одного или нескольких правильных ответов (задания закрытой формы);
- задания открытой формы;
- задания на установление соответствия;
- задания на установление правильной последовательности.

Практически все указанные формы задания присутствовали в билетах интернет-экзамена, которые были составлены лаконично, включали минимум ключевых слов (5...10 слов), необходимых для правильного понимания задания и имели однозначное толкование. Разработчики отдали предпочтение большому количеству простых по структуре заданий, что, по нашему мнению, методически верно и позволяет эффективно организовать процесс экзамена. Студенты хорошо понимали предложенные формулировки и не тратили время на уточнение их у консультантов. Некоторые затруднения вызвали задания на установление соответствия, что необходимо учитывать в программе подготовки к такого рода испытаниям.

Перечисленные учебно-методические и научно-практические проблемы, частично затронутые в обсуждении, не сказываются на нашей общей позитивной оценке интернет-экзамена. Диагностика уровня обученности испытуемого, соответствия этого уровня государственным образовательным стандартам по итогам интернет-экзамена практически

исключала влияние субъективных факторов, и получаемая оценка может рассматриваться как объективная.

В отличие от традиционных методов контроля с их четырехбалльной шкалой результаты такого экзамена могут быть представлены в шкалах, содержащих много градаций оценки, что обеспечивает более высокую точность измерений учебных достижений.

Одновременное проведение экзамена на больших группах студентов позволяет эффективно использовать время экзаменационной сессии. Применение компьютерных технологий облегчает проверку работ и централизованное хранение результатов.

Статистический анализ дает возможность сравнивать учебные достижения не только отдельных испытуемых одного вуза друг с другом, но и оценивать показатели освоения дисциплины на фоне результатов других вузов-участников интернет-экзамена, что важно для педагога-практика.

Конечно, у интернет-тестирования как метода контроля есть и свои недостатки. При отсутствии непосредственного контакта со студентом проверка глубинного понимания предмета, овладение экологическим стилем мышления затруднена. Вместе с тем явные преимущества данной формы контроля позволяют активно использовать ее в практике мониторинга знаний студентов.

Список литературы

1. **Васильев В. И., Тягунова Т. Н.** Основы культуры адаптивного тестирования. — М.: Икар, 2003. — 580 с.
2. **Фролов А. В., Ткачев А. Н.** Инновационные технологии обучения безопасности жизнедеятельности в системе непрерывного многоуровневого профессионального образования // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — № 4. — С. 19—22.

ИНФОРМАЦИЯ

Выставка

"Central Asia SecureExpo' 2008" —

Четвертая международная выставка по охране, безопасности, противопожарной защите, автоматизации зданий и полицейскому оборудованию

18—21 ноября 2008 года

Выставочный центр Атакент, г. Алматы

Организатор: ТОО Центрально-Азиатская международная выставочная компания

Контакты: <info@expocentralasia.com>

О новом государственном стандарте "Шум. Руководство по снижению шума глушителями"

1 апреля 2007 г. введен в действие ГОСТ 31328—2006 (ИСО 14163:1998) "Шум. Руководство по снижению шума глушителями".

В разделе "Область применения" указанного документа разъясняется, что в нем даны рекомендации по практическому выбору глушителей для ослабления шума в газообразной среде. Стандарт устанавливает акустические и эксплуатационные требования, которые должны быть согласованы между производителем или поставщиком и пользователем глушителя. Обращается внимание, что глушители применяют в следующих областях:

- для ослабления шума и предотвращения взаимного влияния источников шума в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха (ТВКВ);
- для предотвращения или ослабления передачи звука через вентиляционные отверстия между помещениями с высоким уровнем шума;
- для ослабления шума выпуска магистралей высокого давления;
- для ослабления шума впуска и выпуска двигателей внутреннего сгорания;
- для ослабления впускного и выпускного шума вентиляторов, компрессоров и турбин.

В разделе "Нормативные ссылки" дается перечень следующих стандартов:

- ГОСТ 31274—2004 (ИСО 3741:1999) Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер (ИСО 3741:1999 Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер, MOD);
- ГОСТ 31275—2002 (ИСО 3744:1994)¹⁾ Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью (ИСО 3744:1994 Акустика. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью, MOD);
- ГОСТ 31324—2006 (ИСО 11820—1996) Шум. Определение характеристик глушителей при испытаниях на месте установки (ИСО 11820:1996 Акустика. Определение характеристик глушителей при испытаниях на месте установки, MOD).

В разделе "Термины, определения и обозначения" рассматриваются следующие понятия: глушитель, диссипативный глушитель, реактивный глушитель, отражательный глушитель, резонаторный глушитель, глушитель сброса, активный глушитель, адаптивный пассивный глушитель, вносимые потери, вносимая разность уровней звукового давления, потери при прохождении, ослабление неоднородностями, удельные потери распространения, потери отражения на выходе, моды, частота возникновения моды, потери давления, шум потока.

В разделе "Определение технических требований и выбор конструктивных решений" отмечается, что в общем

¹⁾ На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 51401—99 (ИСО 3744:1994).

случае уровень звукового давления (с коррекцией по шкале А, 1/3-октавный или октавный) не должен превышать определенной величины в заданной точке (например, на рабочем месте, вблизи него или в помещении для отдыха). Одновременно допустимые потери давления в системисточнике шума не должны быть превышены, а допустимый размер глушителя должен быть по возможности минимальным (из соображений стоимости и массы).

Отмечается, что дополнительные требования (касающиеся материалов, долговечности, герметичности и т. д.) согласно стандарту могут быть обусловлены использованием глушителя при высоких температурах, запыленности, влажности или в агрессивных газах, в магистралях высокого давления или при высоких уровнях звука и вибрации, а также при объединении глушителей с устройствами, контролирующими выпуск газа, искрогасителями и пылеулавливателями.

Обращается внимание, что специальная информация, относящаяся к глушителям, может быть взята из:

- результатов измерений при лабораторных испытаниях;
- данных испытаний, полученных производителем глушителя;
- теоретических моделей для расчета удельных потерь распространения и вносимых потерь глушителей с круглым или прямоугольным поперечным сечением;
- методов прогнозирования (предварительной оценки) потерь давления и уровня потокового шума.

Особо подчеркивается, что конкретный выбор диссипативного или отражательного глушителя, или глушителя сброса должен быть определен областью его применения или на основании требований настоящего стандарта.

Отметим также следующий комментарий рассматриваемого раздела ГОСТ 31328—2006, в котором говорится, что проектирование специальных глушителей является обычно итерационным процессом, имеющим следующие характерные этапы:

- грубая оценка требований к размерам свободных каналов для потока совместно с пространством для распространения звука, например, с использованием данных, заявленных производителями аналогичных глушителей и взятых для расчета с учетом специальных требований и ограничений;
- построение модели для прогнозируемых вычислений или измерений;
- использование результатов моделирования для сравнения с требуемыми уровнями звука и потерями давления;
- варьирование размеров и звукопоглощающих материалов с целью выполнения требований к конструкции глушителя или оптимизации его конструкции;
- формулировка специальных требований.

В разделе "Типы глушителей, общие принципы и условия эксплуатации" рассматриваются цели применения глушителей, их классификация, достоинства и недостатки глушителей различных типов, принципы их действия, системы, где рекомендуется их применение.

В подразделе "Акустические и аэродинамические характеристики глушителей" устанавливается, что требуемое от глушителя ослабление задают потерями D_p , если не оп-



ределена конкретная точка приема, или вносимая разность уровней звукового давления D_{ip} в конкретной точке в 1/3-октавных или в октавных полосах частот.

Обращается внимание, что в соответствии с методами лабораторных испытаний ослабление должно быть измерено в 1/3-октавных полосах частот. Величины, относящиеся к октавным полосам частот, могут быть вычислены по формуле:

$$D_{1/1} = -10 \lg \left(\frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 10^{-0,1 D_{1/3,k}} \right),$$

где $D_{1/3,k}$ ($k = 1, 2, 3$) — ослабление в 1/3-октавных полосах, относящееся к одной октавной полосе, дБ; $D_{1/1}$ — результирующее ослабление в данной октавной полосе.

Там же подчеркивается, что необходимым параметром для выбора глушителя являются допустимые потери давления в потоке. Они не должны превышать потери полного давления Δp_p , которые зависят от средней скорости потока и плотности газа, а также условий распространения потока:

$$\Delta p_t = (\zeta + \Delta \zeta) \frac{\rho}{2} v_1^2,$$

где ζ — коэффициент потерь полного давления, определенный для условий однородного потока на обоих концах глушителя; $\Delta \zeta$ — коэффициент дополнительных потерь давления, обусловленный отличием условий переноса потока на месте эксплуатации глушителя от условий при лабораторных испытаниях (эта величина подлежит экспериментальной оценке); ρ — плотность газа, кг/м³; v_1 — средняя скорость потока во входном сечении, м/с.

В подразделе "Пути распространения звука" обращается внимание, что помимо прямого распространения звука через глушитель до точки приема δ (рис. 1, путь 1) возможно распространение звука многими другими путями. Дополнительные пути излучения:

- от корпуса источника b (путь 2);
- от стенок канала, расположенных до глушителя (путь 3);
- от корпуса 7 самого глушителя (путь 4);
- структурно распространяющегося звука по глушителю и за ним (путь 5).

Подчеркивается, что распространение звука вдоль указанных боковых путей должно быть исключено обеспечением корпусов, источников и стенок канала соответствующей звукоизоляцией и установкой виброизоляторов для устранения распространения структурного шума.

В отдельных подразделах рассматриваются акустические эффекты, зависящие от способа монтажа глушителей,

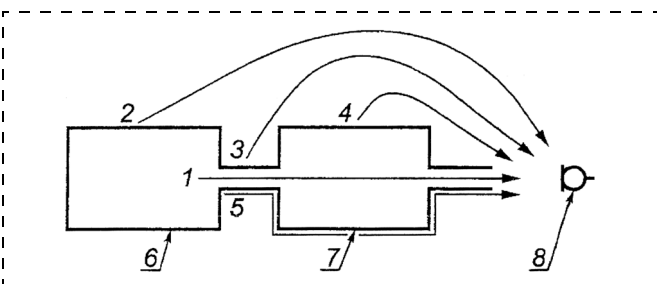


Рис. 1. Пути распространения звука (схематично)

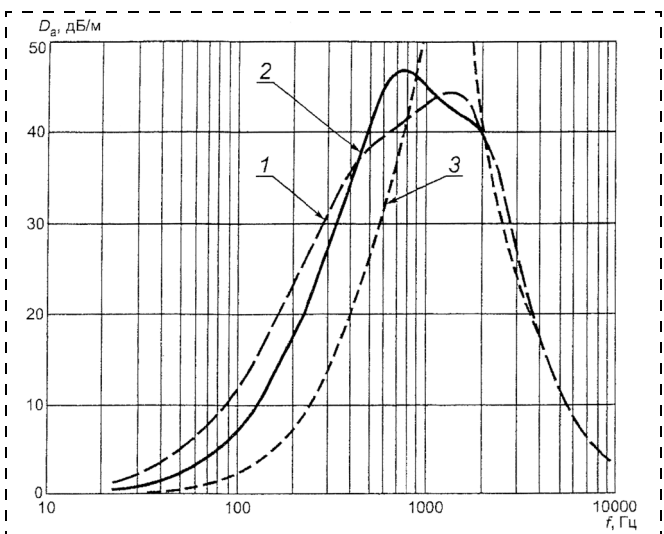


Рис. 2. Зависимость расчетного значения удельных потерь распространения D_a от частоты f для простого диссипативного глушителя с круглым поперечным сечением и толщиной облицовки t : 1 — 0,15 м; 2 — 0,10 м; 3 — 0,05 м. Свободный диаметр канала $D = 0,2$ м; удельное сопротивление продуванию изотропного поглотителя $r = 12$ кН · с/м⁴; сопротивление продуванию специального покрытия, моделирующего влияние пылевого налета или плотно надетой оболочки $R_S = 0,2$ кН · с/м³

вопросы устойчивости к абразивному износу и защиты звукопоглощающих поверхностей, а также противопожарной защиты и взрывозащиты, влияния глушителей на запуск и останов оборудования, коррозии элементов конструкции глушителей, предъявляемые к последним гигиенические требования, требования к их осмотру, очистке и обеззараживанию.

В подразделе "Гигиенические требования и риск заражения" отмечается, что должны быть удовлетворены специальные требования:

- к чистым помещениям;
- к производствам приготовления пищи;
- к помещениям медицинского назначения;
- к энергетическим предприятиям.

В разделе "Представление характеристик глушителей различных типов" стандарта приведены данные, наиболее интересные специалистов в области снижения шума. Рассматривается типовая схема диссипативного глушителя шума, варианты звукопоглощающих покрытий. Даются зависимости для оценки потерь при прохождении звука, ослабления неоднородностями. Применительно к величине удельного сопротивления продуванию звукопоглощающих материалов анализируется влияние температуры и давления. Приводится зависимость значения удельных потерь распространения D_a от частоты f для простого диссипативного глушителя с круглым поперечным сечением и толщиной облицовки t (рис. 2).

В подразделе, посвященном пластинчатым глушителям, особо отмечается, что факторы, определяющие акустические характеристики пластинчатых глушителей, по существу те же самые, что и для простых диссипативных глушителей.

Обращается внимание, что в зависимости от частотной области вносимые потери пластиночного глушителя оп-

ределяются двумя составляющими: ослаблением неоднородностями на входе и удельными потерями распространения вдоль пластин (рис. 3). На низких частотах, когда диаметр присоединительного канала меньше половины длины волны и распространение мод высшего порядка подавлено, ослабление неоднородностями существенно. На высоких частотах, когда переходный элемент допускает падение звука на пластины под случайными (произвольными) углами, ослабление неоднородностями, обычно составляющее от 6 до 10 дБ, может привести к увеличению удельных потерь распространения.

В зависимости от толщины пластин, ширины воздуховода, расстояния между пластинами и степени их загрязненности пластины с равномерным заполнением поглотителя обеспечивают ослабление в нескольких октавных полосах частот. Для низких частот высокого коэффициента поглощения достигают применением толстых пластин, тогда как для высоких частот достаточны тонкие пластины. Типичные частотные характеристики пластин глушителя изображены на рис. 4. Влияние толщины пластин согласно стандарту показано на рис. 5. Когда пластины перекрывают одну и ту же часть поперечного сечения канала (т. е. отношение $s/d = \text{const}$), толстые пластины незначительно улучшают характеристики глушителя на низких частотах, обеспечивают умеренное ослабление на средних частотах и минимальные удельные потери распространения на высоких частотах. Для того чтобы улучшить поглощение на низких частотах, применяют облицовочные покрытия с увеличенной поверхностной массой (рис. 6).

Отметим также указание рассматриваемого стандарта, что при выборе и оптимизации глушителей для низкочастотного ослабления особое внимание следует уделять материалам наполнителя, покрытия и внутреннему секционированию пластин. Для улучшения ослабления на высоких частотах ширина воздуховодов должна быть уменьшена, а секционированные пластины следует размещать вдоль канала со смещением в поперечном направлении. Обе эти меры приводят к увеличению потерь давления. В то время как смещение обеспечивает дополнительное ослабление менее 6 дБ, потери давления могут удвоиться (рис. 7).

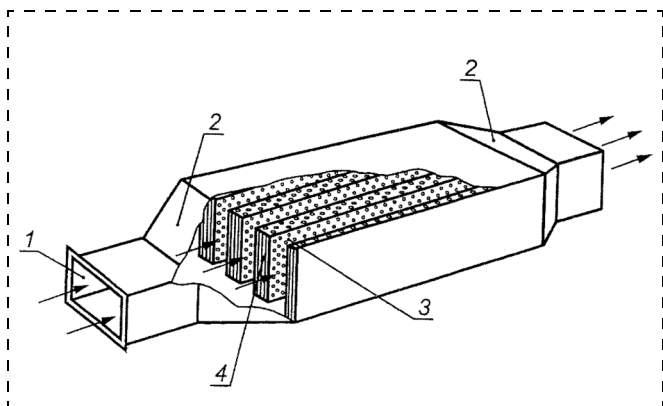


Рис. 3. Пластинчатый глушитель:

1 — входное поперечное сечение; 2 — переходный элемент; 3 — звукопроницаемое покрытие; 4 — звукопоглощающий материал (пластина)

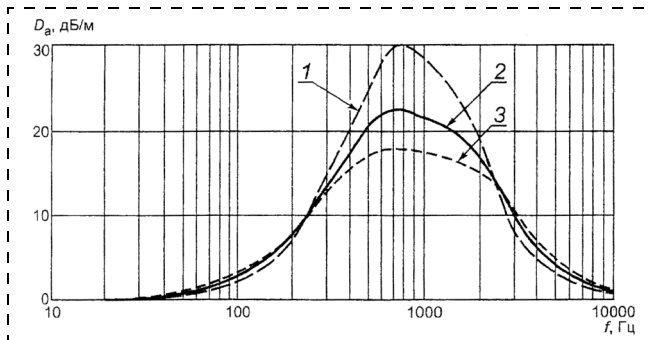


Рис. 4. Зависимость удельных потерь распространения D_a от частоты f для пластинчатого глушителя с сопротивлением продуванию R_S слоя покрытия:

1 — $0 \text{ кН} \cdot \text{с}/\text{м}^3$; 2 — $0,2 \text{ кН} \cdot \text{с}/\text{м}^3$; 3 — $0,4 \text{ кН} \cdot \text{с}/\text{м}^3$. Толщина пластины $d = 0,2 \text{ м}$; ширина воздуховода между пластинами $s = 0,2 \text{ м}$; удельное сопротивление продуванию изотропного поглотителя $r = 12 \text{ кН} \cdot \text{с}/\text{м}^4$

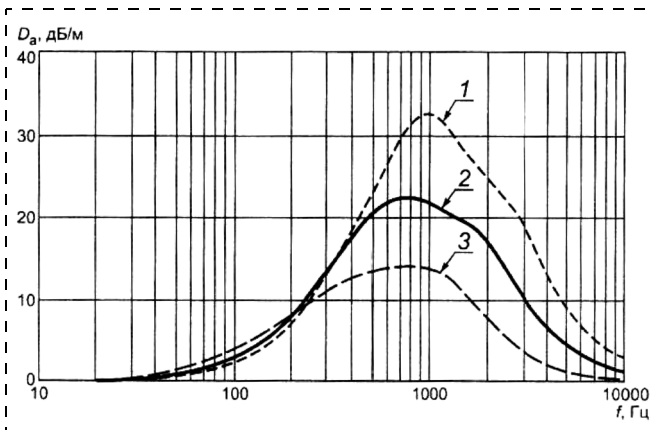


Рис. 5. Зависимость удельных потерь распространения D_a от частоты f для глушителя с шириной воздуховодов между пластинами, равной толщине пластин и звукопоглощающими пластинами разной толщины d :

1 — $0,15 \text{ м}$; 2 — $0,2 \text{ м}$; 3 — $0,3 \text{ м}$. Удельное сопротивление продуванию изотропного поглотителя $r = 12 \text{ кН} \cdot \text{с}/\text{м}^4$; сопротивление продуванию слоя покрытия $R_S = 0,2 \text{ кН} \cdot \text{с}/\text{м}^3$

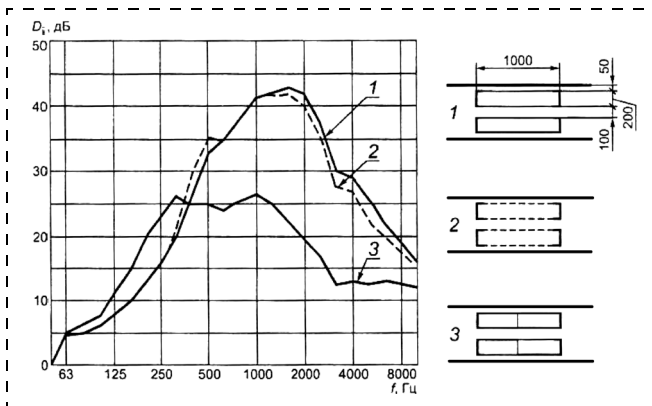


Рис. 6. Зависимость вносимых потерь D_i от частоты f для глушителей с обычными пластинами, полученная по результатам измерений при лабораторных испытаниях:

1 — пластины без покрытия; 2 — пластины с перфорированным покрытием; 3 — пластины с частичным покрытием

Далее приведен анализ величины потерь давления при установке глушителей, влияния потока на ослабление и генерацию звука.

Даются краткие рекомендации по устройству и данные по эффективности диссипативных глушителей с изгибами, неактивных резонаторных глушителей, представленных на рис. 8, а также камерных глушителей и выпуска (сброса).

В разделе стандарта "Методы измерений" представлен обзор применяемых методов измерений характеристик глушителей как в лабораторных условиях, так и непосредственно на месте их установки.

В специальном разделе "Информация о глушителях" рассматриваются требования, которые должны предъявляться пользователем (потребителем) глушителей, и информация, которая должна представляться их поставщиком или производителем.

В рекомендуемом приложении А к стандарту даны практические указания по снижению шума оборудования для вентиляции и кондиционирования воздуха, применению глушителей шума на промышленных предприятиях, а также применительно к двигателям внутреннего сгорания.

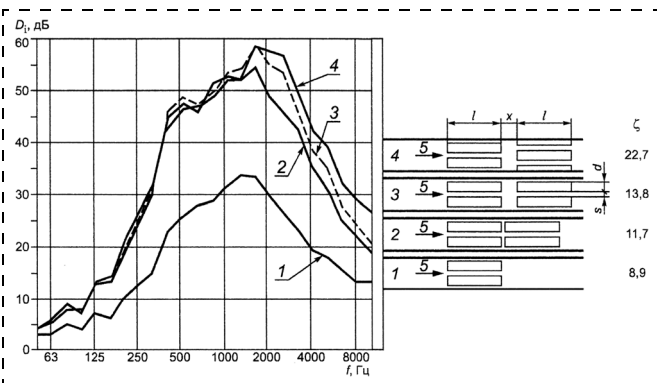


Рис. 7. Экспериментально полученные зависимости вносимых потерь D_i от частоты f и коэффициент потери давления ζ для различных вариантов расположения пластин:

1—4 — варианты расположения пластин; 5 — направление потока; $l = 0,75$ м; $s = 0,1$ м; $x = 0,1$ м; $d = 0,2$ м

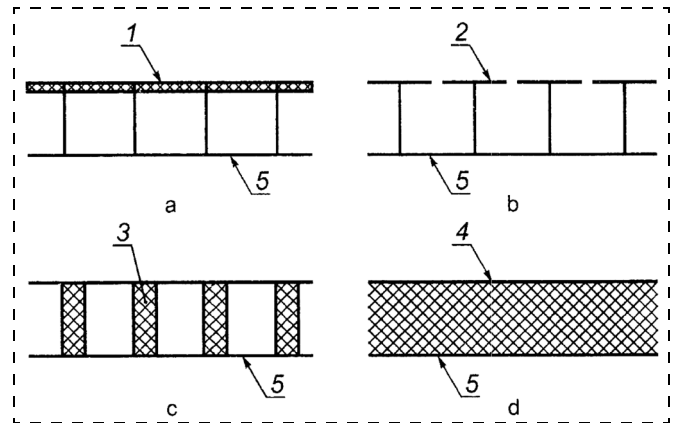


Рис. 8. Типы резонаторных облицовок (схематично):

a — звукопоглощающий слой с низким сопротивлением продуванию на жесткой подложке с поперечными секциями, представляющими собой четвертьволновой резонатор; *b* — аналогичное устройство со слабоперфорированной отверстиями или щелями плоскостью для создания эффекта "бутылочного горла" на пути воздушного звука (резонатор Гельмгольца); *c* — аналогично секционированная облицовка со стенками из звукопоглощающего материала или без поглотителя; *d* — аналогичное устройство, облицованное легкой пленкой (фольгой) или пластинами; 1 — резистивный слой; 2 — перфорированная пластина или пластина со щелями; 3 — звукопоглощающий слой; 4 — пленка (фольга) или пластина; 5 — твердая подложка или плоскость симметрии

В приложении В (рекомендуемом) стандарта анализируется влияние спектрального распределения звука на его ослабление в 1/3-октавных или октавных полосах частот.

В справочном приложении С представлены характеристики температуры для некоторых источников звука и пределы температур для различных звукопоглощающих материалов.

Представляется, что введение ГОСТ 31328—2006 (ИСО 14163:1998) "Шум. Руководство по снижению шума глушителями" будет способствовать решению весьма актуальной проблемы защиты от шума на производстве и в окружающей среде.

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

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

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

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

Технический редактор *Е. В. Конова*. Корректор *Е. В. Комиссарова*.

Сдано в набор 10.06.08. Подписано в печать 21.07.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,28. Заказ 851.

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.