



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

5(137)  
2012

**Редакционный совет:**

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

**Главный редактор**  
РУСАК О. Н.

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

**Ответственный секретарь**  
ПРОНИН И. С.

**Редакционная коллегия:**  
БЕЛИНСКИЙ С. О.  
ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАЧАНОВ С. А.  
КАЧУРИН Н. М.  
КЛЕЙМЕНОВ А. В.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАЛАЯН К. Р.  
МАСТРИУКОВ Б. С.  
МИНЬКО В. М.  
ПАНАРИН В. М.  
ПОЛАНДОВ Ю. Х.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Минько В. М. "Человеческий фактор": спустя сто лет . . . . . 2  
Шестаков Ю. Г., Низамов В. Т., Гаврикова Е. И., Лактионов К. С. Разработка  
дезинфицирующей добавки к моющему средству. . . . . 7  
Доценко В. А., Кононенко И. А. Диетическая оценка продуктов, изготовленных с  
использованием термопластической экструзии зернового сырья . . . . . 10

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Ульянов В. А. Проблемные вопросы подготовки персонала, эксплуатирующего опасные  
производственные объекты, и пути их решения . . . . . 14

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Акулов А. Ю., Иванов В. А., Аксенов А. В. Методика проектирования огнезащитного  
покрытия на основе минеральных термостойких наполнителей . . . . . 19

### ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

- Воскресенский В. Е., Онегин В. И. Показатели ресурсосбережения и сокращения выбросов  
диоксида углерода при энергосберегающей очистке воздуха от древесной шлифовальной  
пыли . . . . . 22

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Бариева Э. Р., Королев Э. А., Егорова Е. С. Оценка биологической опасности  
золошлаковых отходов Кировского золотвала города Казани . . . . . 30  
Козочкин М. П., Сабиров Ф. С., Поваров И. А., Мисюков А. В. Снижение  
виброакустической активности машин с помощью моделирования динамической системы 34

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Колпаков В. Ф. Параметрическая идентификация модели лесных пожаров . . . . . 39  
Завгороднев А. В., Мельников А. В., Сафонов В. С. Инженерная методика оценки размеров  
зон негативного воздействия на людей и потенциального риска их гибели при авариях на  
магистральных газопроводах. . . . . 45

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Примерная программа дисциплины Надежность технических систем и техногенный риск . 49

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ

- Швецова-Шиловская Т. Н., Громова Т. В., Юрманова С. В., Назаренко Д. И., Афанасьева А. А.  
Комментарии к Федеральному закону от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ "Об обязательном  
страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение  
вреда в результате аварии на опасном объекте". . . . . 54

**Приложение. Максимиук Н. Н.** Экологические и социально-экономические аспекты  
безопасности жизни и охраны окружающей среды (обзор материалов Международных  
научных чтений "Белые ночи — 2011")

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,  
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на  
соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, и включен в систему Российского  
индекса научного цитирования.

УДК 658.382.3

**В. М. Минько**, д-р техн. наук, проф.,  
Калининградский государственный технический университет  
E-mail: mcotminko@mail.ru

## "Человеческий фактор": спустя сто лет

*Анализируется роль "человеческого фактора" в производственном травматизме. Доказывается, что влияние этого фактора среди других причин производственного травматизма практически не поддается какому-либо вычислению. Отнесение же всех несчастных случаев на "человеческий фактор" находится в явном противоречии с необходимостью комплексного подхода при разработке программ их предотвращения.*

**Ключевые слова:** "человеческий фактор", несчастные случаи, роль "человеческого фактора"

**Minko V. M. "The human factor": after hundred years**

*The role of "the human factor" in an industrial traumatism is analyzed. It is proved that influence of this factor among other reasons of an industrial traumatism practically doesn't give in to any calculation. Reference of all accidents on "the human factor" is in the obvious contradiction with necessity of the complex approach by working out of programs of their prevention.*

**Keywords:** "the human factor", accidents, a role of "the human factor"

В настоящее время в связи с повышенным вниманием специалистов к проблеме оценки и управления снижением профессиональных рисков возрос интерес и к проблеме оценки так называемого человеческого фактора. Известно, что первые научные конференции по этому фактору (Human Factor) проходили уже в 20-е годы прошлого века. Что же мы имеем спустя сто лет, в особенности в связи с тем, что определяем как безопасность жизнедеятельности — такое состояние взаимодействия человека с окружающей средой, при котором исключаются или сводятся к допустимому минимуму все возможные риски. О влиянии и попытках оценки "человеческого фактора", конечно, написано очень много. На "человеческий фактор" принято списывать 70—90 % [1], а в некоторых иссле-

дованиях, как сообщает М. А. Котик [2], 99 % несчастных случаев на производстве, многие аварии и катастрофы. Но не прячется ли за "человеческим фактором" наша бесчеловечность, т. е. нежелание разбираться во всех объективных предпосылках повышенного риска, вкладывать подчас необходимые громадные средства в повышение безопасности. Видный авторитет в области психологии безопасности М. А. Котик отмечает [1]: "Сама по себе констатация того факта, что в несчастном случае был повинен сам пострадавший, мало что дает для предупреждения подобных происшествий".

Известна сводка причин несчастных случаев на производстве, которую составили эксперты Генри Форда еще в 30-е годы прошлого века [3]. Выделено 12 причин. Первые четыре места среди этих причин занимают: недостатки конструкции, неисправность машин, недостаточная площадь рабочих мест, отсутствие предохранительных приспособлений. Таким образом, это чисто технические причины. Следующие четыре причины относятся к рабочей среде: отсутствие своевременной уборки, плохое освещение, загазованность и запыленность, недостатки (несоответствие) средств индивидуальной защиты. И только последние четыре причины можно как-то связать с "человеческим фактором" — легкомыслие, невежество, психическое расслабление, недостаток спайки в работе (так написано в переводе книги Г. Форда — примечание автора статьи) [3]. Эксперты Г. Форда, как ясно из изложенного, не представляют "человеческий фактор" как ведущий в причинах несчастных случаев.

Ссылка на "человеческий фактор", конечно, очень удобна для работодателей, собственников предприятий. Оценки его практически всегда будут субъективными, конкретные мероприятия из таких оценок не вытекают и не выполняются. Известно ведь, что после многих несчастных случаев учет "человеческого фактора" в причинах происшедшего сводится к мероприятию — провести внеплановый инструктаж по охране труда. Что же

касается самих работников, то сведение причин несчастных случаев исключительно к "человеческому фактору" для них просто опасно, так как техника, технологии, рабочая среда, подготовка персонала, недостатки которых, как правило, порождают условия повышенной травмоопасности, не предполагаются к усовершенствованию.

Многими специалистами отмечается, что поведение человека, в том числе связанное с его ошибками и несчастными случаями, зависит от множества исходных обстоятельств, причин и условий. Поэтому выявление виновности человека, роли "человеческого фактора", его какой-то "доли" в несчастном случае — задача весьма неопределенная и сложная. Попытаемся, например, оценить вклад "человеческого фактора" в несчастный случай со смертельным исходом, происшедший в одной теплоснабжающей организации. Двигаясь по деревянному трапу от горловины железнодорожной цистерны к эстакаде, упал с трапа и разбился сливщик-наливщик.

Причины несчастного случая: 1) пострадавший был нетрезв (1,5 промилле в крови); 2) трап, установленный на высоте 4,2 м от земли, не имел положенного ограждения; 3) эстакада и выкидной мостик с эстакады спроектированы так, что для доступа к горловине цистерны требовался дополнительный трап; 4) пострадавший сливщик-наливщик до несчастного случая работал кочегаром, а при переводе на новую для себя должность сливщика-наливщика не проходил положенного обучения по охране труда, первичного инструктажа и стажировку на новом рабочем месте; 5) в организации отсутствовали какие-либо конкретные инструкции по разогреву и сливу загустевшего мазута из железнодорожных цистерн; 6) непосредственный руководитель работ не прошел обучения и проверки знаний охраны труда.

Очевидно, все перечисленные причины можно при желании отнести к "человеческому фактору" — ошибки, нарушения допущены пострадавшим, непосредственным руководителем работ, руководителем организации (не обеспечил безопасность работников при осуществлении технологического процесса, обучение работников). Нарушения допущены и инженером по охране труда — не осуществлял должного надзора и контроля. Таким образом, вроде бы на 100 % несчастный случай надо отнести на "человеческий фактор". Но представим себе, что пострадавший абсолютно трезв. Исключается ли при этом падение со скользкого трапа, не имеющего ограждения (работы велись в дождливый день)? Очевидно, нет. Можно только с уверенностью отметить, что снизилась бы вероят-

ность падения. А обучение, инструктаж, инструкции — исключают ли они полностью несчастные случаи? Также, очевидно, их значение — только в снижении вероятности события. Можно привести много примеров несчастных случаев, когда пострадавшие были трезвыми, прошли все необходимые допуски, обучение, инструктаж и, тем не менее, пострадали.

Таким образом, списывая все на "человеческий фактор", мы рискуем уйти в сторону от того, что именуется своевременным техническим перевооружением производства, внедрением современной техники и технологий, позволяющих, помимо всего прочего, минимизировать и возможности негативных проявлений совокупности условий, определяемых как "человеческий фактор". В приведенном выше примере усматривается, как ведущая, именно техническая причина происшедшего несчастного случая: конструктивные недостатки эстакады и отсутствие ограждения трапа. Из этого вытекают и конкретные технические мероприятия. Можно было бы поставить и более эффективную в плане снижения профессиональных рисков задачу: осуществить переход на новую технологию слива, не связанную с какими-либо передвижениями персонала на значительной высоте. Такой подход намного продуктивнее, чем списывание всего и вся на нарушения и ошибки пострадавших.

Хороший пример исследования причин несчастного случая привел в 30-е годы прошлого столетия прокурор А. Я. Вышинский. При строительстве здания обрушился карниз, при этом погиб опытный каменщик, работавший в положении "стоя на стене". Первоначально виновником происшествия определили самого погибшего, использовавшего опасный прием в работе. Однако исследование всех обстоятельств несчастного случая позволило установить следующие причины: 1) каменщик был поставлен в опасные условия работы, ему не было предоставлено нормально организованное рабочее место, поэтому он вынужден был работать стоя на стене; 2) не было предусмотрено устройство выносных лесов с удобной площадкой, ограждением и бортовой доской; 3) укладка плит должна была производиться двумя рабочими (работал же один); 4) закрепление карниза было произведено с отступлением от проекта; 5) размеры и профиль карниза не соответствуют проекту; 6) способ подачи материалов для укладки карниза не соответствует проекту. Из приведенного перечня причин (организационных и технических) вытекают совершенно четкие мероприятия по предотвращению повторения подобных несчастных случаев.



Автор настоящей статьи в свое время собрал данные по более чем пятистам несчастным случаям, происшедшим при обслуживании орудий промышленного рыболовства [4]. Важно то, что большинству этих случаев предшествовал какой-либо сбой в технологическом процессе — запутывание, обрыв, случайное перемещение, разрушение, повышенный угол крена судна, большие ускорения при качке. Все эти сбои связаны с недостаточным уровнем конструктивного обеспечения безопасности промысловой техники, хотя при желании их также можно списать на "человеческий фактор".

Отдельными специалистами предлагается включить оценку "человеческого фактора" в общие методики оценки и управления профессиональными рисками. При этом конкретные методики, а нужны, конечно, количественные подходы и оценки, не сообщаются. Считается, что более опытные работники, с большим стажем, реже подвергаются опасности травмирования [1]. Отсюда делаются выводы о значимости "человеческого фактора". В этой связи важно отметить, что каких-либо зависимостей риска травмирования, отнесенного, например, к одному году, от стажа работы пострадавшего пока нет ввиду сложности задачи. Кроме того, во многих исследованиях подчеркивается то обстоятельство, что по разным причинам травмируются и опытные работники. Известны следующие статистические данные: более 62 % пострадавших в ряде организаций Санкт-Петербурга имели общий трудовой стаж более 20 лет [5]. Средний возраст погибших на производстве в Беларуси в 2011 г. — 42 года, а наибольшее количество погибших приходится на возраст — 46 лет. Еще более показательны данные по Украине: в сельскохозяйственном производстве этой страны число смертельно травмированных практически не зависит ни от возраста пострадавших (в диапазоне примерно от 22 до 60 лет и старше), ни от стажа работы по профессии [5].

Автору настоящей статьи однажды пришлось проводить экспертизу по несчастному случаю с летальным исходом, происшедшему с матросом портового буксирного судна, который проработал в порту около полувека, но, тем не менее, он погиб по причинам нарушения скоростного режима судном, которое нужно было взять на буксир, а также в связи с неправильным расположением пострадавшего на палубе буксира, несовершенством буксирного устройства.

Из изложенного выше следует, что причины несчастных случаев не могут быть связаны только с опытом или неопытностью пострадавших. И у менее опытных, но обычно более молодых ра-

ботников, есть свои преимущества — физическая сила, быстрота реакции, хорошие зрение и слух, подвижность, которые могут быть снижены у пожилых работников с большим стажем.

Очевидно, что риск травмирования за один год работы и риск травмирования, в частности, за весь трудовой стаж — величины разного порядка. Некоторые виды трудовой деятельности таковы, что отработать весь трудовой стаж без какой-либо травмы мало кому удастся. Расчеты показывают, что если риск травмирования за один год составляет  $1 \cdot 10^{-2}$  (это соответствует коэффициенту частоты несчастных случаев, равном десяти, что является обычным для многих производств при объективном учете травматизма), то риск травмирования, отнесенный ко всему трудовому стажу при одинаковом уровне риска по годам, будет  $22,22 \cdot 10^{-2}$ , т. е. травмируется примерно каждый пятый работник.

Экономика не может обойтись без работников, не обладающих, например, в связи с молодостью, опытом. Любой производственный коллектив, как правило, включает и опытных рабочих, и менее опытных. Существует ли между числом работников в различных стажевых группах какое-либо устойчивое соотношение? А не имея данных об этих соотношениях, задача об уровне профессионального риска для какой-либо организации, которая учитывала бы и "человеческий фактор", т. е. опытность работников, становится неразрешимой. И, видимо, наиболее значимым фактором, определяющим травмоопасность, является не опытность работников (не следует только на это рассчитывать), а совершенство оборудования, его безопасность, эргономичность, то, насколько конструкция оборудования, системы управления учитывают сложную природу человека, его возможное поведение, возможные ошибки в различных ситуациях, связанных как с внутренней, так и с внешней средой. Поэтому признание во всех происшествиях виновности только "человеческого фактора" несостоятельно и уводит в сторону развитие охраны труда в России. Ведь из имеющихся статистических данных следует, что в развитых странах, использующих современное производственное оборудование и технологии, коэффициент частоты несчастных случаев со смертельным исходом (наиболее объективный показатель травмоопасности) существенно ниже, чем в странах с отсталой техникой. При этом рабочий стаж средне-статистического работника может быть примерно одинаковым.

Отдельные авторы полагают, что "... огромное количество несчастных случаев происходит только потому, что работники с целью повышения про-

изводительности своего труда отключают защитные устройства машин и механизмов" [1]. Однако указанная причина отключения далеко не единственная. Еще в 1930 г. директор Государственного института охраны труда С. И. Каплун отмечал, что средства защиты не должны увеличивать время трудовых операций, создавать какие-либо помехи, неудобства, порождать конфликты между самими этими средствами и организацией производства, рабочими. Во-вторых, почему на многих наших российских предприятиях применяется сдельная система оплаты труда, а не, например, повременная, при которой рабочему нет смысла выключать какие-либо средства защиты, если только они являются органичной частью техники, вписаны в технологический процесс. В-третьих, всегда ли используемая на наших предприятиях техника обеспечена надлежащими средствами защиты, находятся ли они в работоспособном состоянии. Ведь нередко используется оборудование, уже отработавшее свой ресурс на предприятиях западных стран, не обеспеченное эксплуатационной документацией. Поэтому и в данном случае создает опасность не только поведение рабочего; нужно рассматривать все другие, не менее значимые, источники производственных опасностей.

Если же поведение рабочего имеет столь важное значение, то, конечно, должны применяться системы стимулирования безопасного поведения, простые и понятные тем, для кого они предназначены. К сожалению, наука этот вопрос сейчас не обсуждает, а если бы и обсуждала, то не факт, что работодатели приняли бы научные рекомендации. К сожалению, и в действующих в настоящее время стандартах по управлению охраной труда [6—8] в отношении стимулирования безопасного поведения работающего практически ничего не сообщается.

Безопасность жизнедеятельности как область научных знаний имеет объектом своего исследования системы "человек—машина—среда". Их безопасное состояние не может быть обеспечено, если внимание сосредоточивается на какой-либо одной составляющей профессионального риска, порождаемого соответствующей частью системы.

Изучение огромного количества литературы, посвященной исследованию "человеческого фактора", конечно, дает возможность сформулировать некоторые практические рекомендации. Известно, что если работник допустил какое-либо нарушение и оно не принесло нежелательных последствий, то он с уже большей легкостью совершает повторные нарушения. Отсюда следуют две практические рекомендации по совершенствованию

организации работы по охране труда: 1) ни одно нарушение не должно оставаться без реакции со стороны соответствующих контролирующих лиц; 2) при профессиональной подготовке работников должна разьясняться известная аксиома: если какие-либо работы ведутся с нарушениями, то несчастный случай — это только вопрос времени, т. е. он обязательно произойдет, раньше или позже. Однако такого рода практических рекомендаций, которые можно было бы использовать в работе по совершенствованию организации охраны труда, в литературе по "человеческому фактору" явно недостаточно.

Многие авторы подчеркивают, что обычно в основе несчастных случаев — всевозможные ошибки работников. Очевидно, что уменьшить вероятность таких ошибок можно только через повышение качества профессиональной подготовки, в том числе по вопросам безопасности труда, промышленной и пожарной безопасности. В свое время в ГОСТ 12.0.004—90 Системы стандартов безопасности труда было указано, что при подготовке рабочих объем обучения по безопасности труда должен составлять не менее 60 ч. Кроме того, вопросы безопасности труда должны были включаться и в учебные дисциплины, связанные с технологическими процессами, устройством и эксплуатацией оборудования. Однако в настоящее время большинство рабочих надлежащую профессионально-техническую подготовку в соответствующих учебных заведениях не проходят и не могут пройти, так как большинство этих учебных заведений (ПТУ) прекратили свое существование.

При таком отношении к подготовке работников отсутствуют условия для приобретения ими нужных компетенций, навыков и умений, а тем более оценки существующих профессиональных рисков. Рабочий, не знающий смысла нижнего и верхнего концентрационных пределов воспламенения (НКПР и ВКПР), не информированный об опасности рабочей среды в диапазоне между НКПР и ВКПР, продолжит работу и при утечках соответствующих горючих и взрывоопасных газов, не обратит внимания на неработающую вентиляцию, отключенную систему контроля содержания этих газов в воздухе рабочей зоны. И причина такого поведения — не в рабочем, а в том, что он не имел возможности получить соответствующие знания.

В г. Калининграде четверо рабочих были заняты устройством натяжных потолков в одной из квартир. Пользовались баллонным газом. При этом из-за утечек появился запах газа, однако работы были продолжены. Наконец, произошел взрыв, трое ра-



бочих погибли. Расследование показало, что какого-либо обучения по обращению с газовыми приборами они не проходили, профессиональная подготовка полностью отсутствовала. Поэтому компетентность пострадавших в вопросах газовой безопасности практически нулевая и, что особенно важно, не по их вине.

В специальной литературе излагаются различные попытки оценок влияния "человеческого фактора" на уровень профессионального риска. Иногда "человеческий фактор" сужается до содержания термина "компетентен" или "некомпетентен" работник. Компетентен — значит, способен "самостоятельно выявлять, оценивать риски и управлять ими" [1]. Оценки уровней компетентности (всего их выявлено четыре) в увязке с риском примерно таковы: компетентен, значит, уровень профессионального риска низкий, максимум, что может произойти — порежешь себе палец; малокомпетентен, некомпетентен, опасно некомпетентен — тяжесть последствия нарушений возрастает. Считается, что компетентные и малокомпетентные работники умышленно не нарушают требования охраны труда. На это способны только некомпетентные и опасно некомпетентные работники.

Однако из практики, из анализа происшедших несчастных случаев следует, что нарушают требования охраны труда работники и работодатели с различным уровнем подготовленности. Нельзя же считать некомпетентным, например, капитана рыболовецкого судна, который ловит рыбу в шторм, заведомо в опасных условиях, нарушая погодные ограничения для ведения промысла. Свою компетентность ему не дают проявить внешние условия — сдельная система заработной платы, требования работодателя. Кроме того, работник не в состоянии правильно и безопасно выполнять все свои трудовые обязанности при низкой заработной плате, неопределенности сменных заданий, при опасных или вредных условиях труда, в стрессовых ситуациях, при использовании оборудования, давно выработавшего свой ресурс.

Количественная оценка воздействия всех этих факторов сложна, поэтому до настоящего времени нет какой-либо убедительной методики, которая позволила бы связать все многообразные стороны и проявления "человеческого фактора" с вероятностью несчастных случаев. Влияние, конечно, есть, но вот выделить его из всего "дерева причин"

производственного травматизма, определить какие-то проценты чрезвычайно сложно. В связи с этим и предупредительные меры в отношении травматизма, исходящие из того, что почти все несчастные случаи обусловлены исключительно "человеческим фактором", не будут достаточно полными.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. При исследованиях производственного травматизма, в том числе с целью устранения негативных проявлений, связанных с "человеческим фактором", необходимо выявлять все его возможные причины, включая соответствие (несоответствие) оборудования современным техническим требованиям безопасности, оценку его текущего состояния, выполнение графиков планово-предупредительных ремонтов, учет (неучет) эргономических требований, наличие или отсутствие защиты от неправильной последовательности управляющих действий со стороны операторов, степень износа.

2. "Человеческий фактор", какое бы содержание в него не вкладывалось, не должен быть "подушкой безопасности" для "эффективных собственников"; все требования промышленной и пожарной безопасности, охраны труда не "пережиток тоталитаризма", а совершенно необходимое условие успешного развития общества и государства. И выполняться эти требования должны прежде всего через совершенствование систем подготовки кадров, проектного дела, использование современного безопасного оборудования и производственных процессов.

#### Список литературы

1. **Ворошилов С., Новиков Н., Файнбург Г.** Профессиональная компетентность // Охрана труда и социальное страхование. — 2011. — № 9. — С. 53—57.
2. **Котик М. А.** Психология и безопасность. Изд. 2-е, испр., и доп. — Таллин: Валгус, 1987. — 440 с.
3. **Форд Генри.** Моя жизнь, мои достижения. Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 206 с.
4. **Минько В. М.** Безопасность труда в промышленном рыболовстве. — М.: Агропромиздат, 1990. — 175 с.
5. **Охрана труда: человеческий фактор и государственный контроль /** Под общ. ред. Н. П. Пашина и Н. А. Лысюка. — Киев: НННПБОТ, 2008. — 116 с.
6. **ГОСТ 12.0.230—2007.** ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования.
7. **ГОСТ Р 12.0.007—2009.** ССБТ. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.
8. **ГОСТ Р 12.0.009—2009.** ССБТ. Системы управления охраной труда на малых предприятиях.

**Ю. Г. Шестаков**, канд. техн. наук, доц., **В. Т. Низамов**, канд. юрид. наук, доц.,  
**Е. И. Гаврикова**, асп., **К. С. Лактионов**, асп., Орловский государственный аграрный  
университет  
E-mail: LakKS65@yandex.ru

## Разработка дезинфицирующей добавки к моющему средству

*Разработана и апробирована в лабораторных условиях новая дезинфицирующая добавка к моющему средству на основе пероксидных соединений, позволяющая сочетать операции стирки и дезинфекции специальной одежды для работников, занятых в условиях повышенной микробной обсемененности производственной среды. Данная добавка отличается достаточной эффективностью, стойкостью при хранении, токсикологической и экологической безопасностью.*

**Ключевые слова:** микробная обсемененность, специальная одежда, стирка, дезинфекция, пероксидное вещество

**Shestakov J. G., Nizamov V. T., Gavrikova E. I., Laktionov K. S. Development of Disinfection additive to detergents**

*Developed and tested in laboratory conditions, a new disinfectants additive to detergent based on peroxide compounds to combine operations of washing and disinfecting of protective clothing for workers employed in conditions of high microbial contamination of the working environment. This additive is sufficiently efficiency, stability during storage, toxicological and ecological security.*

**Keywords:** microbial contamination, special clothes, washing, disinfection, a peroxide compound

Условия труда ряда предприятий агропромышленного комплекса характеризуются высокой микробной обсемененностью воздуха рабочей зоны, сырья, материалов и оборудования. Так, концентрация микробного аэрозоля в воздухе цеха по первичной переработке ветеринарно-санитарного брака утилизационных заводов и птицеводческих хозяйств в 3–5 раз превышает ПДК, при этом в составе микробного аэрозоля содержится до 50...60 % условно-патогенных форм и свыше 2 % патогенных [1, 2].

В связи с этим возникает необходимость в разработке новых средств, позволяющих совместить операции стирки и дезинфекции спецодежды для работников указанных предприятий, обладающих

высокой эффективностью, стойкостью при хранении, малотоксичных и не вызывающих аллергические реакции.

Известен способ стирки спецодежды композициями, содержащими пероксидное вещество. Композиции на его основе обладают широким спектром действия, небольшой токсичностью и экологической безопасностью [3]. Недостатком известного способа является то, что пероксидные вещества очень чувствительны к окислению компонентами, присутствующими в моющем средстве, так что противомикробное действие такого моющего средства может быть значительно снижено или даже полностью сведено на нет.

Известно изобретение [4], в котором эта проблема решена следующим образом. Добавка к моющему средству в форме агломерата (гранулированной формы), включающая помимо противомикробного активного вещества, по меньшей мере, один набухаемый слоистый силикат и поверхностно-активное вещество (ПАВ), т. е. противомикробное активное вещество, присутствующее в этой добавке к моющему средству, защищено против окислителей и попадает в моющий раствор после растворения агломерата. Добавка к моющему средству обладает хорошей механической стабильностью и хорошей устойчивостью при хранении, хорошо разлагается в воде, при этом противомикробное активное вещество распределяется однородно во время процесса стирки.

Известная противомикробная добавка к моющему средству включает следующие компоненты: 5...60 масс. % набухающего слоистого силиката, выбранного из натурального или синтетического глинистого минерала или синтетического слоистого силиката натрия; 5...35 масс. % поверхностно-активного вещества; 0,1...20 масс. % противомикробного активного вещества — галогензамещенных дифениловых эфиров; 0...60 масс. % соли щелочного металла [4].

Существенным недостатком известной противомикробной добавки является использование в качестве противомикробного активного вещества галогензамещенных дифениловых эфиров.



К недостаткам этих препаратов следует отнести высокую токсичность и выделяющийся при гидролизе галогеноводород, который действует разрушающе на целлюлозу. Кроме того, в своем составе они могут иметь хлор, который имеет недостаточную растворимость, низкую стабильность, резкий запах, способность раздражать слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вызывать коррозию металлических поверхностей, разрушать и обесцвечивать ткани и бром, который, поступая в организм в течение длительного времени, препятствуют накоплению йода в щитовидной железе, угнетая ее деятельность.

Задачей исследования является разработка безопасной в гигиеническом отношении противомикробной добавки к моющему средству, устойчивой к окислению другими компонентами моющего средства, обеспечивающей моющему средству в целом хорошую устойчивость в хранении с одновременным полноценным противомикробным действием во время стирки.

Указанная задача достигается благодаря тому, что в известной дезинфицирующей добавке к моющему средству для стирки спецодежды, содержащей набухающий слоистый силикат, поверхностно-активное вещество, соли щелочного металла, противомикробное активное вещество, согласно предложению авторов, в качестве противомикробного активного вещества применяется вещество, содержащее пероксигруппу, при следующем соотношении компонентов, масс. %:

- набухающий слоистый силикат — 10,
- поверхностно-активное вещество — 38,
- соли щелочного металла — 2,
- вещество, содержащее пероксигруппу — 50.

Набухающий слоистый силикат представляет собой природный или синтетический глинистый минерал или синтетический силикат натрия в ламинарной форме. Таким набухаемым глинистым минералом являются монтмориллонит, байделит, сапонит или гекторит. Из слоистых силикатов наиболее предпочтителен тонко измельченный бентонит. Бентонит содержит монтмориллонит в качестве основного минерала, который представляет собой набухаемый диоктаэдрический природный слоистый силикат.

Применяемое поверхностно-активное вещество представляет собой анионное или неионное ПАВ. Подходящими анионными ПАВ являются те соединения, которые выбирают из группы, состоящей из сульфонатов полистирола, тауридов жирной кислоты, алкилированных моно- или дисульфонатов дифенилоксида, сульфонатов сложных эфиров поликарбоневой кислоты. Подходящие

неионные ПАВ представляют собой в основном этоксилаты, а также продукты присоединения этиленоксида с насыщенными или ненасыщенными 1—6-валентными алифатическими спиртами, жирными кислотами, жирными аминами, жирными амидами, диаминами и сложными эфирами сорбитана, коденсаты алкиленоксида (блоксополимеры).

Подходящей щелочной солью является сульфат натрия.

Предпочтительным веществом, содержащим пероксигруппу, является перекись водорода. Водорастворимые источники перекиси водорода включают перкарбонаты, персиликаты, персульфаты, такие как моноперсульфат, пербораты, пероксикислоты (надкислоты), такие как дипероксидодекандиовая кислота (DPDA), магний перфталевая кислота, пербензойная и алкилпербензойные кислоты, и их смеси.

Композиции, содержащие пероксигруппу, имеют то преимущество, что они безопасны в гигиеническом отношении, так как, в конечном счете, распадаются на кислород и воду. Борат и карбонат, гидрокарбонат ионы остаются в сточных водах и после очистки сточных вод практически не изменяясь попадают в поверхностные воды. Акватоксичность их очень низка.

Вместе с тем перекись водорода малостабильна. С целью повышения стабильности на основе перекиси водорода создаются композиционные препараты. Наиболее удобны для практического использования твердые формы перекисных соединений, например, гидроперит.

Сущность предлагаемого способа получения дезинфицирующей добавки к моющему средству заключается в следующем. Сначала растворяют, по крайней мере, часть противомикробного активного вещества в поверхностно-активном веществе и затем добавляют раствор к набухающему слоистому силикату при энергичном перемешивании с одновременным добавлением последующих порций противомикробного активного вещества в виде водной дисперсии.

Набухаемый слоистый силикат лучше смешивать со щелочной солью до добавления противомикробного активного вещества.

Порошковые компоненты можно смешивать, например, в высокоскоростной мешалке, например в мешалке Эйриха. Затем к порошковому компоненту одновременно или один за другим с перемешиванием добавляют противомикробное активное вещество (предпочтительно в виде водной дисперсии) и ПАВ. Образуется агломерат, который с набухающим слоистым силикатом на низкой скорости смешивания превращается в поро-

**Обеззараживающий эффект предлагаемой дезинфицирующей добавки к моему средству**

Варианты	1	2	3	4	5	6	7
% гидроперита	0	10	20	30	40	50	60
% гибели <i>E. coli</i>	17,6 ± 1,38	27,3 ± 3,47	42,5 ± 3,81	58,2 ± 6,34	71,4 ± 8,50	85,0 ± 7,68	87,1 ± 9,75

шок. Полученный агломерат просеивают, и, чтобы снизить клейкость, поверхность можно покрыть добавлением некоторого количества набухаемого слоистого силиката в порошковой форме.

Полученный агломерат хорошо диспергируется в воде. Противомикробное активное вещество защищено от окислителей, присутствующих в моющем средстве, и эффективно действует после растворения агломерата в растворе моющего средства.

Следующий пример иллюстрирует способ получения дезинфицирующей добавки к моему средству.

Порошок сульфата натрия (соль щелочного металла) в количестве 2 г перемешивают в течение 1 мин с 50 г порошка гидроперита (вещество, содержащее пероксигруппу) в смесительном стакане, снабженным лопастной мешалкой. Далее смесь равномерно увлажняют дистиллированной водой из пульверизатора и, не прекращая помешивания, в смесь вводят 10 г порошка бентонита (набухающего слоистого силиката). Смешивание продолжают в течение 1 мин, затем частично гранулированную смесь вновь увлажняют и вводят 38 г порошка ПАВ (поверхностно-активное вещество). Далее смешивание продолжают в течение 2 мин. Гранулы высушивают в течение 4 ч при 65 °С в вакууме и просеивают через три сита с размером ячеек 2, 1 и 0,5 мм.

Определение эффективности предложенной дезинфицирующей добавки к моему средству для стирки спецодежды на примере использования гидроперита в качестве противомикробного активного вещества заключалось в следующем. Приготовили раствор, содержащий 10 тыс. колониеобразующих единиц *E. coli* в 100 мл. В данный раствор добавляли 0,5 % моющего средства с гидроперитом.

Опыт проводился в семи вариантах. В первом варианте гидроперит в моющем средстве отсутствовал. Во 2—7-м вариантах концентрация гидро-

перита в моющем средстве составляла соответственно 10, 20, 30, 40, 50, 60 % от количества моющего средства. Экспозиция соответствовала 20 мин. После этого производился посев в чашки Петри на мясопептонный агар. Посевы инкубировали в течение суток в термостате при 37 °С, после чего производился подсчет колоний. Результаты представлены в таблице.

Результаты свидетельствуют о том, что максимальный эффект обеззараживания достигается при содержании 50 % гидроперита в моющем средстве, при дальнейшем повышении его степень гибели микробов незначительна. Поэтому данная концентрация гидроперита оптимальна.

Использование предлагаемой дезинфицирующей добавки к моему средству дает высокую степень очистки спецодежды (85 %) от микроорганизмов. Кроме того, данная добавка экологически безопасна и устойчива в хранении, что позволяет рекомендовать ее для стирки спецодежды работников, занятых в животноводстве и переработке ветеринарного брака в условиях высокой микробной обсемененности.

**Список литературы**

1. Лапин А. П., Гущина Т. В., Лактионов К. С. Рекомендации по применению средств индивидуальной защиты в условиях микробной обсемененности в организациях АПК // Вестник охраны труда. — 2002. — № 3.
2. Гущина Т. В., Лактионов К. С. Оценка защитной эффективности материалов спецодежды в условиях повышенной микробной обсемененности // Охрана труда в сельском хозяйстве. — Орел: ВНИИОТСХ, 2002. — С. 37—42.
3. Дель Дюка В., Скианна С., Скоччианти Р. Жидкая композиция для предварительной обработки загрязненных тканей, способ обработки этой композицией, компонент для улучшения пятноудаляющих характеристик и физической стабильности композиции // Патент RU № 2 156 281.
4. Хирш Р., Хель В., Шнайдер М., Трабер Р. Х. Противомикробная добавка к моему средству и способ ее получения // Патент RU № 2 216 580.



УДК 613.24:664.768

**В. А. Доценко**, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, главный диетолог Комитета по здравоохранению правительства Санкт-Петербург и СЗФО РФ, **И. А. Кононенко**, асп., Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, г. Санкт-Петербург  
E-mail: innakononenko09@yandex.ru

## Диетическая оценка продуктов, изготовленных с использованием термопластической экструзии зернового сырья

*В исследовании проводилась гигиеническая и диетологическая оценка продуктов, изготовленных с использованием термопластической экструзии зернового сырья (хлебцев и снеков хрустящих). Введение в рацион питания пациентов с синдромом раздраженного кишечника хлебцев и снеков хрустящих положительно влияло на их пищевой статус. Это позволило рекомендовать употребление хлебцев и снеков хрустящих в диетическом питании пациентов с данной патологией.*

**Ключевые слова:** термопластическая экструзия, снеки хрустящие, хлебцы хрустящие, синдром раздраженного кишечника, диетическое питание, зерновые продукты

**Dotsenko V. A., Kononenko I. A. Products manufactured using thermoplastic extrusion minerals in dietary nutrition of grain**

*The study was carried out hygienic and nutritional evaluation of products manufactured using Thermoplastic extrusion of grain products (bread and crispy snacks). Introduction to nutrition of patients with irritable bowels syndrome crackers and snacks crispy positively affected their nutritional status. This allowed to recommend the use of crackers and crisp in dietary nutrition snacks for patients with this disease.*

**Keywords:** thermoplastic extrusion snacks crispy, crunchy crispbread, irritable bowels syndrome, dietary meals, cereals

Экструзионная технология — один из самых перспективных и высокоэффективных процессов, совмещающий термо-, гидро- и механическую обработку сырья. Она позволяет получать продукты нового поколения с заранее заданными свойствами, управляя исходным составом экструдированной смеси, механизмом физико-химических, механических, биохимических и микробиологических

процессов, протекающих при термопластической экструзии пищевых масс.

Большие перспективы инновационных технологий заложены в получении продуктов быстрого приготовления, легко усвояемых, с функциональными свойствами, более совершенных в сравнении с изделиями, вырабатываемыми по традиционной технологии. Анализ тенденций развития производства таких продуктов пористой макроструктуры, а также рынка их сбыта показывает, что в ближайшем будущем эти пищевые продукты займут важное место в рационе питания населения [4]. Поэтому представляет интерес провести исследования хлебцев и снеков хрустящих, изготовленных с использованием термопластической экструзии зернового сырья.

**Цель исследования:** дать гигиеническую и диетологическую оценку хлебцам и снекам хрустящим. Объектами исследования являлись хлебцы хрустящие "Столовые"; снеки хрустящие: "Отруби пшеничные", "Отруби ржаные".

Гигиеническая оценка хлебцев и снеков хрустящих проводилась в аккредитованной испытательной лаборатории. Показатели пищевой и энергетической ценности представленных зерновых продуктов определяли по содержанию белков, жиров, углеводов и энергетической ценности в 100 г продукта согласно методам, указанным в МУ 1-40/3805-91. Безопасность хлебцев и снеков хрустящих устанавливали по содержанию токсических элементов, пестицидов, микотоксинов, радионуклидов и ГМО согласно методам, указанным в МУК 4.1.986-00, ГОСТ Р 51766—2001, МУК 4.1.1472-03, МВИ ОРГ-11-99, МУК 4.2.2304-07, МУ № 2142-80, МУ № 1218-75, Методике М 04-32-2004 (издание 2009 г.), МУ № 5177-90, МУ № 3184-84, МУ № 1541-76.

Диетологическая оценка зерновых продуктов проводилась на пациентах с синдромом раздраженного кишечника (СРК) преимущественно с хро-

**Результаты исследований показателей пищевой и энергетической ценности исследуемых зерновых продуктов**

Вид продукта	Показатель			
	Белки, г/100г	Жиры, г/100 г	Углеводы, г/100г	Энергоценность, ккал/100г
Хлебцы "Столовые"	11,0	1,8	61,4	306
"Отруби ржаные"	9,5	2,0	64,4	314
"Отруби пшеничные"	13,8	2,8	61,4	326

ническими запорами и сопутствующей сердечно-сосудистой патологией с нерезко выраженными нарушениями кровообращения, с избыточной массой тела и ожирением 1-й степени. Все пациенты были разделены на две группы. Основная группа составляла 19 человек, контрольная — 17 человек. Средний возраст обследуемых —  $51,6 \pm 4,2$  лет.

Исследование проводилось в следующих лечебно-профилактических учреждениях Санкт-Петербурга: в больнице Петра Великого, в Александровской больнице, в городских больницах № 4, 23 и 36, в поликлинике профессиональных заболеваний, в поликлинике ГУП "ТЭК СПб". Пациенты основной группы получали снеки и хлебцы хрустящие в количестве 50 г в сутки в течение 14—21 дня. Контрольная группа получала ржаной хлеб в таком же количестве и находилась на аналогичной стандартной диетотерапии в соответствии с приказом Минздрава от 05.08.2003 г. № 330 "О мерах по совершенствованию лечебного питания в лечебно-профилактических учреждениях РФ", на аналогичном терапевтическом лечении.

Комплексное обследование пациентов включало изучение динамики изменения клинической симптоматики, антропометрических данных, уровня АД, биохимических показателей крови. Полученные результаты обрабатывали с использованием пакета прикладных статистических компьютерных программ SPSS 13.5 для Windows. Результаты исследования представлены в виде средних величин и стандартной ошибки средней ( $M \pm m$ ). Оценка достоверных различий средних величин проводилась с использованием *t*-критерия Стьюдента. Уровень значимости считали достоверным при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** В рецептуру приготовления снеков и хлебцев хрустящих входят отру-

би пшеничные и ржаные (табл. 1). Известно, что у больных с запором прием отрубей вызывает увеличение массы фекалий, содержание в них воды, сокращение времени продвижения содержимого по кишечнику, учащение стула [2, 5, 6]. Поэтому можно предположить, что использование снеков и хлебцев хрустящих окажется эффективным в диетическом питании пациентов с СРК преимущественно с запорами.

Снеки и хлебцы хрустящие являются источниками всех макронутриентов (табл. 2). При этом содержание пищевых волокон в "Отрубях пшеничных" составляет 43,6 г/100 г, в хлебцах "Столовых" — 7,50 г/100 г [5]. В соответствии с Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ (МР 2.3.1.2432—08) суточная потребность в пищевых волокнах составляет 20 г. При СРК преимущественно с хроническими запорами рекомендуется употреблять до 40 г пищевых волокон в сутки [3, 6]. Пищевые волокна увеличивают скорость кишечного транзита и перистальтику, способствуя нормализации стула. Они адсорбируют или растворяют токсины за счет увеличения массы содержимого толстой кишки, тем самым, уменьшая опасность контактирования токсинов со слизистой оболочкой кишечника, выраженность интоксикационного синдрома и воспалительно-дистрофических изменений слизистой оболочки. Пищевые волокна стимулируют рост лактобацилл, стрептококков, уменьшают рост колиформ. Из пищевых волокон бактерии образуют жирные кислоты, являющиеся источником энергии для кишечной слизистой оболочки и предохраняющие ее от дистрофических изменений. Также неусвояемые углеводы уменьшают бактериальное расщепление защитной слизи кишечника. Пищевые волокна уменьшают всасывание холестерина и жирных кислот, адсорбируют в кишечнике часть белков, жиров и угле-

Таблица 1

**Рецептура приготовления снеков и хлебцев хрустящих**

Сырье	Снеки "Отруби ржаные"	Снеки "Отруби пшеничные"	Хлебцы "Столовые"
Отруби пшеничные, % содержания	0	57,68	12,59
Отруби ржаные, % содержания	58,52	0	0
Мука ржаная обдирная, % содержания	40,07	0	26,91
Мука пшеничная 1 сорт, % содержания	0	41,53	59,82
Соль поваренная, % содержания	0,76	0,8	0,45
Солод, % содержания	0,65	0	0,24



Таблица 3

## Показатели безопасности исследуемых хлебцев и снеков хрустящих

Определяемые показатели	Результаты исследований			Величина допустимого уровня
	Хлебцы "Столовые"	Отруби пшеничные	Отруби ржаные	
Свинец, мг/кг	<0,06	<0,05	<0,06	0,5
Мышьяк, мг/кг	<0,06	<0,06	<0,06	0,2
Кадмий, мг/кг	0,011	0,025	0,0065	0,1
Ртуть, мг/кг	0,010	0,011	0,007	0,02
ГХЦГ—сумма изомеров, мг/кг	0,002	0,002	0,002	0,5
ДДТ и метаболиты, мг/кг	<0,007	<0,007	—	0,02
Гексахлорбензол, мг/кг	<0,005	<0,005	<0,005	0,01
Ртутьорганические пестициды, мг/кг	<0,01	<0,01	<0,01	Не допускается
Афлотоксин В1, мг/кг	<0,00007	<0,00007	<0,00007	0,005
Дезоксиниваленол, мг/кг	<0,15	<0,15	<0,15	0,7
Т-2 токсин, мг/кг	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Зеараленон, мг/кг	<0,06	<0,06	<0,06	0,2
2,4 — Д кислота, мг/кг	<0,02	<0,02	<0,02	Не допускается
Цезий-137, Бк/кг	Менее 5	Менее 5	Менее 5	50
Стронций-90, Бк/кг	Менее 25	Менее 25	Менее 25	30

водов, что важно при лечении атеросклероза, избыточной массы тела, запоров [1, 6, 7].

В исследуемых образцах сухих зерновых продуктов содержание токсичных элементов, пестицидов, микотоксинов, радионуклидов и ГМО не превышает величин, предусмотренных СанПиН 2.3.2.1078—01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов", Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (табл. 3).

Была разработана анкета, по которой оценивалась динамика жалоб по 5-балльной шкале. Кли-

ническая картина у обследуемых пациентов до начала использования в диетическом питании хлебцев и снеков хрустящих была достаточно типична в обеих группах. В конце исследования было видно, что у пациентов обеих групп улучшилось общее состояние, моторно-эвакуаторная функция кишечника и уменьшились проявления специфической клинической симптоматики сопутствующей патологии. Однако у пациентов основной группы наблюдалась более отчетливая положительная динамика исследуемых показателей (табл. 4).

В результате проведенной диетотерапии у пациентов основной группы снижение массы тела про-

Таблица 4

## Динамика изменения клинических симптомов у обследуемых пациентов, М ± m

Показатели	Контрольная группа		Основная группа	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Боли в области эпигастрия	1,3 ± 0,6	1,0 ± 0,7	1,5 ± 0,6	0,9 ± 0,4
Абдоминальные боли	2,5 ± 0,4	1,7 ± 0,5	2,4 ± 0,5	1,3 ± 0,3*
Тошнота	1,12 ± 0,2	0,83 ± 0,15	1,24 ± 0,37	0,61 ± 0,23
Метеоризм	2,7 ± 0,6	1,8 ± 0,4	2,4 ± 0,5	1,1 ± 0,6*
Частота стула (раз в сутки)	0,48 ± 0,09	0,69 ± 0,11*	0,52 ± 0,08	0,91 ± 0,06*
Ощущение неполного опорожнения кишечника	3,1 ± 0,9	1,8 ± 0,7*	3,31 ± 0,8	1,0 ± 0,5*
Показатели стула по Бристольской шкале	1,7 ± 0,7	2,2 ± 0,5	1,9 ± 0,6	3,4 ± 0,7*
Урчание	2,46 ± 0,3	1,81 ± 0,2	2,38 ± 0,4	1,14 ± 0,3
Чрезмерное отхождение газов	2,6 ± 0,4	1,8 ± 0,4*	2,8 ± 0,3	1,0 ± 0,2*
Загрудинные боли	1,5 ± 0,5	1,1 ± 0,3	1,7 ± 0,4	1,0 ± 0,3
Одышка	2,4 ± 0,3	2,0 ± 0,4	2,5 ± 0,3	1,3 ± 0,5*
САД, мм рт. ст.	142,7 ± 3,8	130,4 ± 4,1	144,9 ± 4,3	116,3 ± 3,2*
ДАД, мм рт. ст.	91,4 ± 3,4	82,9 ± 2,8	92,3 ± 3,0	75,6 ± 2,6

\* p < 0,05 по сравнению с уровнем показателей до лечения.

Динамика изменения данных биохимического анализа крови, ( $M \pm m$ )

Группа	Показатель				
	Общий холестерин, ммоль/л	Триглицериды, ммоль/л	Холестерин липопротеины, ммоль/л		
			низкой плотности	очень низкой плотности	высокой плотности
Основная					
до лечения	$6,6 \pm 0,3$	$2,1 \pm 0,2$	$4,1 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,2$
после лечения	$5,0 \pm 0,2^*$	$1,7 \pm 0,3^*$	$3,4 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,1$	$1,3 \pm 0,1^*$
Контрольная					
до лечения	$6,4 \pm 0,3$	$2,3 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,2$
после лечения	$5,8 \pm 0,2^*$	$2,0 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,3^*$	$0,6 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,2$

\*  $p < 0,05$  по сравнению с уровнем показателей до лечения.

изошло в среднем на  $6,9 \pm 1,1$  кг, а в контрольной — на  $4,7 \pm 0,9$  кг.

Анализ результатов биохимического исследования крови показывает, что у всех пациентов основной группы наблюдалось более значительное улучшение показателей липидного обмена по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует о влиянии пищевых волокон на всасывание холестерина и жирных кислот в кишечнике (табл. 5).

В заключение следует отметить, что исследуемые зерновые продукты имеют высокую пищевую ценность, безопасны для здоровья человека. Снеки и хлебцы хрустящие являются эффективными в комплексной диетотерапии больного человека с СРК преимущественно с хроническими запорами и с сопутствующей патологией, что свидетельствует о положительном влиянии пищевых волокон. Рекомендуется употреблять в диетическом питании пациентов с данной патологией снеки и хлебцы хрустящие в количестве 50 г в день, запивая стаканом воды, в течение 3–4-х недель.

#### Список литературы

1. Гонсалес Д. Э. Н. Питание как фактор риска развития гипертонической болезни и ишемической болезни сердца // Вопросы питания. — 2008. — № 3. — С. 17–21.
2. Доценко В. А. Практическое руководство по санитарному надзору за предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания и торговли: учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: ГИОРД, 2011. — 832 с.
3. Доценко В. А. Фундаментальные основы организации здорового и диетического питания и их внедрение в практику здравоохранения // Вопросы здорового и диетического питания. — 2011. — № 1. — С. 4–18.
4. Магомедов Г. О., Брехов А. Ф., Черных В. Я., Юрьев В. П. Экструзионная технология пищевых продуктов // Пищевая промышленность. — 2003. — № 12. — С. 14–22.
5. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник. — М.: ДеЛи принт, 2007. — 276 с.
6. Тутельян В. А., Самсонов М. А. Справочник по диетологии. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 2002. — 544 с.
7. Тутельян В. А., Гапбаров М. Г., Каганов Б. С., Хальфин Р. А. Лечебное питание: современные подходы к стандартизации диетотерапии. — М.: Медицина, 2007. — 304 с.

#### Анонс

В следующем номере журнала "Безопасность жизнедеятельности" в разделе "Охрана труда и здоровье населения" будет опубликована статья

**Доценко В. А., Мосийчук Л. В. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ДИЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЮСЛИ ЛИЦАМИ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА И СОПУТСТВУЮЩЕЙ ПАТОЛОГИЕЙ**

УДК 331.45

**В. А. Ульянов**, руководитель отдела подготовки специалистов по промышленной безопасности ФГУ "Отраслевой научно-методический центр" Министерства транспорта РФ  
E-mail: wlad0909@yandex.ru

## Проблемные вопросы подготовки персонала, эксплуатирующего опасные производственные объекты, и пути их решения

*Существующая система подготовки специалистов и рабочих предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты (ОПО). Анализ уровня подготовки персонала по требованиям промышленной безопасности. Ответственность постояннодействующих аттестационных комиссий предприятий. Периодичность аттестации персонала предприятий.*

**Ключевые слова:** подготовка специалистов, опасный производственный объект, промышленная безопасность, постояннодействующая комиссия, периодичность аттестации

**Ulyanov V. A. Problem questions of preparation of the personnel maintaining dangerous industrial objects and ways of their decision**

*Existing system of preparation of experts and the working enterprises maintaining dangerous industrial objects. The analysis of level of preparation of the personnel under requirements of industrial safety. Responsibility of is constant-operating certifying commissions of the enterprises. Periodicity of certification of the personnel of the enterprises.*

**Keywords:** preparation of the experts, dangerous industrial object, the industrial safety, the is constant-operating commission, periodicity of certification

На предприятиях, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) на протяжении последних лет сложилась относительно стабильная обстановка с обеспечением промышленной безопасности, но число аварий, допущенных при эксплуатации ОПО, продолжает оставаться довольно-таки высоким, несмотря на некоторое снижение с 2006 г. (что может быть обусловлено

сокращением производственной деятельности при эксплуатации ОПО из-за экономического кризиса). Основными общими проблемами и факторами риска в области безопасности по направлениям деятельности Ростехнадзора являются:

- высокая степень износа основных производственных фондов;
- неустойчивое финансовое положение предприятий, обусловленное последствиями мирового финансового кризиса;
- низкий уровень производственной и технологической дисциплины;
- нехватка квалифицированных специалистов, низкий уровень подготовки специалистов и персонала;
- недостаточный уровень знаний требований безопасности.

Последние две позиции напрямую связаны с проблемой так называемого "человеческого фактора" на производстве.

Подбор и подготовка персонала в настоящее время играют доминирующую роль в деятельности современных промышленных предприятий. От работы квалифицированного персонала в целом зависит стабильная деятельность предприятия и уровень безопасности на производстве. Важную роль в этом играет подготовка специалистов в области промышленной безопасности, которая проводится в соответствии с Положением о порядке подготовки и аттестации работников организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (РД-03-19—2007) [1], утвержденным приказом от 29.01. 2007 г. № 37.

Подготовка специалистов проводится в образовательных учреждениях по программам, согласованным с территориальными органами Ростехнадзора. Некоторые образовательные учреждения проходят процедуру аккредитации в качестве независимых

аттестационно-методических центров в соответствии с требованиями СДА-16—2009 "Требования к независимым аттестационно-методическим центрам" [2]. Однако в настоящее время отношение руководителей некоторых территориальных управлений Ростехнадзора к аккредитации образовательных учреждений весьма неоднозначно: по их мнению — зачем нужна аккредитация, если можно осуществлять предаттестационную подготовку и без наличия свидетельства об аккредитации, согласовав только установленным порядком программы обучения.

Такая позиция означает, что предаттестационную подготовку имеет право проводить любая организация, имеющая лицензию на образовательную деятельность при наличии штата преподавателей, аттестованных по общим требованиям промышленной безопасности и правилам безопасности в соответствующих отраслях надзора. В конечном итоге это может отрицательно сказаться на качестве предаттестационной подготовки персонала предприятий, потому что инспекционные организации, осуществляющие аккредитацию, не могут в данном случае контролировать качество проводимой образовательными учреждениями подготовки.

Проверка знаний (аттестация) специалистов предприятий проводится в территориальных аттестационных комиссиях Ростехнадзора по обучающе-контролирующей программе "ОЛИМП-ОКС", разработанной ЗАО "Термика", в виде тестирования.

Анализ результатов тестирования специалистов предприятий, эксплуатирующих ОПО, по нормативным документам в области промышленной безопасности в территориальных аттестационных комиссиях Ростехнадзора показывает, что до 20 % специалистов не проходят первичную аттестацию, до 15 % не проходят повторную аттестацию (а это в основном та категория работников предприятий, которая работает на производстве продолжительный период времени), вследствие чего руководители предприятий вынуждены ставить вопрос об увольнении таких работников.

Возникает естественный вопрос — как можно понять специалиста предприятия, который работает на предприятии не год, не два, а более пяти — семи лет, и при этом проявляет незнание элементарных требований нормативных документов в области промышленной безопасности, постоянно допускает различные нарушения требований этих документов, забывая при этом, что его профессиональная деятельность неразрывно связана с обеспечением безопасности производства работ его подчиненными? Все это говорит не только о халатном отношении таких работников к своим должностным обязанностям, а скорее о преступ-

ном отношении. Если специалист предприятия, в ведении которого находятся вопросы обеспечения безопасности персонала на производстве, в течение нескольких лет работы на предприятии не смог должным образом изучить (и не только изучить, а научиться правильно их применять) действующие правила безопасности, относящиеся непосредственно к его трудовой деятельности, то какие выводы можно сделать о подчиненных ему работниках?

Выборочное анкетирование специалистов и рабочих предприятий, эксплуатирующих ОПО (анкетирование проводилось в процессе обучения рабочих и в ходе предаттестационной подготовки специалистов предприятий в ФГУ "Отраслевой научно-методический центр" Министерства транспорта РФ в период с 2007 по 2011 гг.) показало, что нормативно-техническими документами Ростехнадзора в процессе осуществления производственной деятельности данные категории работников предприятий пользуются эпизодически, т. е. бессистемно и это отрицательно сказывается на состоянии промышленной безопасности на предприятиях.

Один из вопросов, возникающих в процессе основной деятельности специалистов, эксплуатирующих ОПО, — периодичность прохождения аттестации персонала по требованиям промышленной безопасности — насколько реален установленный приказом Ростехнадзора от 27. 08. 2010 г. № 823 "О внесении изменений в Положение об организации работы по подготовке и аттестации специалистов организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утвержденное приказом Ростехнадзора 29.01. 2007 г. № 37 [3], срок периодической проверки знаний в области промышленной безопасности — инженерно-технических работников — один раз в 5 лет (если иное не предусмотрено действующими нормативными документами Ростехнадзора (Правилами безопасности в определенных отраслях надзора и руководящими документами).

Одно дело — руководитель предприятия, который может проходить периодическую проверку знаний по общим требованиям промышленной безопасности 1 раз в 5 лет. Что касается специалистов предприятий, осуществляющих производственную деятельность на ОПО, то установленный срок периодической проверки знаний 1 раз в 5 лет (а по некоторым правилам безопасности — 1 раз в 3 года) явно не соответствует действительности. С таким положением дел, которое имеет место с аварийностью и травматизмом на ОПО, срок периодической проверки знаний специалистов предприятий явно завышен.



И это с учетом того, что в рассматриваемый 5-летний период специалисты предприятий не проходят никакой промежуточной проверки знаний, точнее — проходят, но в случаях: при смене места работы (при переходе на другое предприятие); в случае внесения изменений в действующие нормативные документы и в случае произошедшей аварии на ОПО (не лучший вариант).

Если при существовавшей ранее периодичности проверки знаний 1 раз в 3 года не удалось выровнять положение дел с обеспечением промышленной безопасности на предприятиях, то напрашивается вывод — срок периодической проверки знаний нужно сократить до 1 раза в 2 года (для специалистов предприятий) в целях повышения уровня знаний специалистами предприятий требований нормативных документов Ростехнадзора в области промышленной безопасности.

Из изложенного выше следует: *длительный практический опыт работы персонала на предприятии не является критерием оценки знания персоналом требований нормативных документов, регламентирующих безопасное производство работ.*

Для сравнения можно привести результаты исследования, проведенные британской компанией Lease Trader, заказавшей социальное исследование на тему влияния водительского стажа и опыта реального вождения на результаты сдачи экзамена по Правилам дорожного движения (ПДД). Бывалые водители частенько небрежно бросают новичкам, мол, "чему вас там только учат" или "я б вам показал класс". Но есть и другая категория водителей, отмахавших много десятков или сотен тысяч километров: они более чем скептически относятся к своим возможностям на случай повторной передачи экзамена на знание ПДД [3].

В качестве испытуемых были выбраны 500 водителей, которых разделили по нескольким категориям: со стажем в 5—10, 10—20 и более 20 лет. Каждому из них было предложено в добровольном порядке пройти экзамен на получение водительского удостоверения: точно такой же, как и стандартный для любого новичка, едва закончившего автошколу.

*Результаты оказались весьма неоднозначными, хотя для многих в чем-то ожидаемыми. На все вопросы правильно не ответил ни один из пятисот водителей. Более того, экзамен, который все же разрешает сделать несколько ошибок, не сдал никто.*

В ходе исследования была выявлена интересная закономерность: чем опытнее водитель в реальных условиях, тем он беспомощнее на экзамене. Так оказалось, что водители со стажем в 20 и более лет правильно ответили лишь на 46 % стандартных вопросов. Чуть больших успехов достигли те, чей

стаж от 10 до 20 лет: им поддались 58 % вопросов. Наконец, водители, чей стаж варьируется в пределах 5—10 лет, правильно ответили на 64 % вопросов. В конечном итоге, экзамен оказался с треском проваленным во всех случаях.

Данное исследование приводит лишь цифры, но не содержит анализа причин выявленного. По мнению некоторых участников исследования, причина кроется либо в излишней самоуверенности, либо в огромном количестве привычек и собственных шаблонов, лишь разрастающихся с годами за рулем. Согласно другой точке зрения экзамены для новичков, будучи даже проводимыми в полном соответствии со всеми установленными правилами, настолько далеки от реальной дорожной жизни, что водители, по мере накопления ими дорожного опыта, попросту забывают о пройденном когда-то этапе, как не повлиявшем серьезно на их жизнь за рулем. Мнение по этому вопросу: с ростом стажа вождения и адаптации к окружающей водительской среде на дороге, со временем у водителей вырабатываются свои "неписанные" правила, которые нигде не регламентируются и не документируются как нормативно-правовой акт.

По данным некоторых московских компаний, до 90 % персонала ОПО непригодны к выполнению своих профессиональных обязанностей, однако, на наш взгляд, эта цифра сильно преувеличена, о чем свидетельствуют проведенные обследования. Согласно им в группу риска входят не более 8—12 % работающих, что позволяет управлять их состоянием и сводить к минимуму возможность возникновения аварий и несчастных случаев [4].

Всесторонняя оценка психофизиологического благополучия и здоровья персонала, работающего в зонах повышенной опасности, является первоосновой предотвращения проявления "человеческого фактора" на ОПО.

*К сожалению, для российского менталитета мотивация на безопасный труд и сохранение своего здоровья не всегда является приоритетной.* Не случайно несчастные случаи на производстве чаще всего происходят с работниками предприятий, за плечами которых солидный опыт работы по специальности, поскольку ощущение риска с годами притупляется. Более того, иногда русский человек идет на риск сознательно. Ситуация неопределенности (боязнь потерять работу и другие причины) также усугубляет риск совершения ошибочных действий персонала. Наиболее часто этому способствуют организационные перемены и нововведения на предприятии, будь то изменения требований к персоналу, к его оперативности и интенсивности труда, переход на новые технологии и так далее, конфликты внутри коллектива [4].

Обследование персонала проводилось в виде компьютерной диагностики по методу "Вариационная пульсометрия" (считывание ключевой информации о биологических ритмах человека), в результате которого было выявлено, что персонал предприятий условно можно разделить на три группы: А — повышенного риска, В — пограничную и С — рабочую. Соответственно, первые две группы требуют к себе наиболее пристального внимания.

Знание состояния персонала, занятого на опасном производстве, позволяет своевременно планировать ротацию кадров в структурных подразделениях предприятий, получать объективную информацию, необходимую для формирования адекватных пропорций личного состава оперативных команд и смен, действующих в условиях опасного производства и повышенного риска. Желательно, чтобы в составе таких команд численность представителей группы В не превышала 40 %, А — 20 %. В противном случае риски проявления "человеческого фактора" возрастают в геометрической прогрессии.

Кроме того, надо учитывать, что зачастую специалисты предприятий, входящие в пограничную группу повышенного риска, имеют длительный практический опыт работы, являются профессионалами своего дела и заменить их далеко не всегда представляется возможным, тем более в сжатые сроки.

Но это лишь только оценка психофункциональных показателей организма персонала, а основная проблема в совокупности состоит в наличии и оценке знаний персонала, т. е. в восприятии им сущности требований нормативно-технических документов (НТД), регламентирующих безопасность производства работ и способность применить НТД в практической деятельности.

Проблема состоит в том, что персонал предприятий либо не изучает НТД, либо изучает их поверхностно, и как следствие, в процессе осуществления производственной деятельности пытается методом проб и ошибок применить полученные знания на практике.

Можно привести еще один пример, касающийся профессиональной деятельности персонала и его отношения к выполнению требований нормативных документов, например, на железной дороге.

В конце 60-х годов XX века на железнодорожном транспорте сложилась крайне неблагоприятная обстановка с обеспечением безопасности движения поездов на сети железных дорог СССР (были допущены крушения и аварии с пассажирскими и грузовыми поездами, значительное количество сходов подвижного состава при производстве ма-

невровой работы на железнодорожных станциях). При проведении анализа состояния безопасности движения было установлено, что значительная часть допущенных крушений и аварий, а также сходов подвижного состава при производстве маневровой работы на железнодорожных станциях была допущена из-за нарушений регламента переговоров между машинистом локомотива и дежурным по станции (поездным и маневровым диспетчером). Чтобы предотвратить подобные нарушения и обеспечить безопасность движения при производстве поездной и маневровой работы в 1972 г. был разработан "Регламент переговоров по радиосвязи при поездной и маневровой работе" [5], получивший в просторечии название ГЖ-72.

Внедрение этого регламента заняло значительное время — более 10 лет по причине того, что пришлось перестраивать мышление и психологию и машинистов, и дежурных по станциям (поездных и маневровых диспетчеров), которые чисто психологически не могли привыкнуть к общению на языке регламента и только целенаправленная и периодическая подготовка с последующей частой проверкой знаний дали положительные результаты — количество случаев нарушения безопасности уменьшилось. Но поражает продолжительность отрезка времени, в течение которого были достигнуты такие результаты — более 10 лет! С течением времени работа с персоналом в этом направлении была продолжена, и в 2010 г. был введен Регламент переговоров при поездной и маневровой работе на инфраструктуре ОАО "РЖД" [6], утвержденный распоряжением ОАО "РЖД" от 31.03. 2010 г. и введенный в действие с 01.05. 2010 г. в целях обеспечения требований безопасности движения, охраны труда, оптимизации поездной и маневровой работы на инфраструктуре ОАО "РЖД".

И в первом, и во втором случаях прослеживается определенная закономерность — отношение человека к изучению и правильному применению требований нормативных документов в практической деятельности. Соответственно, напрашивается простой вывод — для того чтобы человек постоянно выполнял требования действующих нормативных документов и помнил эти требования, необходимо более часто проводить проверки на предмет знания им этих требований, т. е. проще говоря, сократить сроки периодической проверки знаний, но сделать это нужно как можно более рационально.

Например, при проверках знаний персонала по охране труда целесообразно параллельно проводить проверку знаний по нормативным документам в области промышленной безопасности (или нормативных документов в смежных отраслях права, таких, как экологическая и пожарная безо-



пасность, санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и т. д.). И проводить проверку знаний в данном случае нужно в постоянно действующих аттестационных комиссиях предприятий, которые несут определенную ответственность за допуск персонала к производству работ, для чего необходимо повысить ответственность и сократить срок переаттестации членов этих комиссий.

Планом мероприятий по совершенствованию контрольно-надзорных и разрешительных функций и оптимизации предоставления государственных услуг, оказываемых Ростехнадзором, утвержденным распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.08. 2011 г. № 1371-р [7] предусмотрено:

— сокращение количества специалистов, проходящих аттестацию в аттестационных комиссиях Ростехнадзора, за счет ограничения видов организаций, осуществляющих эксплуатацию опасных производственных объектов;

— исключение обязательности прохождения предаттестационной подготовки перед очередной аттестацией специалистов, но сохранение такого права;

— сокращение перечня учебных программ и методик подготовки, разрабатываемых организациями, осуществляющими подготовку специалистов, и подлежащих обязательному согласованию с Ростехнадзором.

Что касается численности специалистов предприятий, эксплуатирующих ОПО, то она уменьшится за счет сокращения количества предприятий, подпадающих под категорию ОПО (планируется пересмотреть критерии отнесения предприятий к категории ОПО), но проблема подготовки персонала останется прежней нерешенной проблемой, и ее нужно будет решать.

Исключение обязательности прохождения предаттестационной подготовки перед очередной аттестацией специалистов предприятий отрицательно скажется на знании персоналом требований нормативно-технических документов, регламентирующих безопасное производство работ на ОПО, ввиду того, что персонал не будет самостоятельно их изучать во вне рабочее время. Как альтернативное решение можно рассмотреть вопрос о проведении в рабочее время самоподготовки персонала по изучению Правил безопасности в кабинетах охраны труда и техники безопасности предприятий.

Сокращение перечня учебных программ и методик подготовки, разрабатываемых организациями, осуществляющими подготовку специалистов, и подлежащих обязательному согласованию с Рос-

технадзором, приведет к тому, что часть профессий, поднадзорных Ростехнадзору, просто выпадет из Перечня основных профессий рабочих промышленных производств, программа обучения которых должна согласовываться с органами государственного надзора в области промышленной безопасности (письмо Госгортехнадзора России № ЕИ-02-35/408 от 20.11. 2003 г.), в соответствии с Перечнем профессий профессиональной подготовки, утвержденным приказом Министерства образования России от 1.04.2011 № 1440, а требования НТД, пусть косвенно, но будут касаться производственной деятельности персонала.

Таким образом, наиболее оптимальное решение проблемы подготовки персонала по требованиям промышленной безопасности заключается в следующем:

— сокращение сроков проведения периодической проверки знаний;

— выделение времени (за счет основного рабочего времени) на подготовку (самоподготовку), в результате чего полученные знания будут сохраняться более длительный период времени;

— повышение ответственности постоянно действующих аттестационных комиссий предприятий.

Уменьшение срока периодической проверки знаний — это основной и действенный стимул к принудительному изучению персоналом требований нормативно-технических документов, регламентирующих безопасное производство работ.

Для оперативности обучения и повышения качества подготовки персонала предприятий можно установить программу "ОЛИМП-ОКС" на самих предприятиях для предварительной адаптации персонала к обстановке, существующей в процессе аттестации в территориальных аттестационных комиссиях Ростехнадзора.

#### Список литературы

1. **Положение** о порядке подготовки и аттестации работников организаций, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (РД-03-19—2007).
2. **Требования** к независимым аттестационно-методическим центрам (СДА-16—2009).
3. **Опытный водитель** гарантированно провалит экзамен "на права" // Авторамблер. — 24.05. 2011 г.
4. **Нежданова Н.** Интегральный метод оценки и прогнозирования. Профилактика негативного проявления "человеческого фактора" // ТЕХНАДЗОР. — 2011. — № 9. — С. 38—40.
5. **Регламент** переговоров по радиосвязи при поездной и маневровой работе.
6. **Регламент** переговоров при поездной и маневровой работе на инфраструктуре ОАО "РЖД".
7. **План** мероприятий по совершенствованию контрольно-надзорных и разрешительных функций и оптимизации предоставления государственных услуг, оказываемых Ростехнадзором, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.08. 2011 г. № 1371-р.

УДК 614.841.34

**А. Ю. Акулов**<sup>1</sup>, ст. препод., **В. А. Иванов**<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
**А. В. Аксенов**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup> Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> Институт транспорта Тюменского государственного нефтегазового университета  
E-mail: akulov-07@mail.ru

## Методика проектирования огнезащитного покрытия на основе минеральных термостойких заполнителей

*Рассмотрена своевременность разработки огнезащитного состава на основе минеральных заполнителей для огнезащиты металлических конструкций, используемых в нефтегазовой отрасли. Даны основные физико-механические свойства и огнестойкость таких составов. Приведена методика проектирования огнезащитных составов на основе минеральных термостойких заполнителей.*

**Ключевые слова:** огнестойкость, огнезащитный состав, невоспучивающиеся и вспучивающиеся составы, минеральные термостойкие заполнители, методика проектирования составов

**Akulov A. Y., Ivanov V. A., Aksyonov A. V.**  
*Technique of designing of a fireproof covering on the basis of mineral heat-resistant fillers*

*Necessity of development of fireproof compound on the basis of mineral fillers for fire protection of metal designs in oil-and-gas branch is given in this work. The basic physical and mechanical properties and fire resistance are determined. The technique of designing of fireproof compounds on the basis of mineral heat-resistant fillers is determined.*

**Keywords:** fire resistance, fireproof compound, non-swelling and swelling compounds, mineral heat-resistant fillers, a technique of designing of compounds

Необходимость повышения огнестойкости стальных конструкций, используемых в нефтегазовом комплексе (НГК), возникает по причине несоответствия предела огнестойкости фактического ( $P_{\text{оф}}$ ) пределу огнестойкости требуемому ( $P_{\text{отр}}$ ) вследствие недостаточной огнестойкости металлических конструкций: условие  $P_{\text{оф}} \geq P_{\text{отр}}$  — не выполняется [1]. Увеличение огнестойкости металлических конструкций возможно нанесением на них различных огнезащитных составов.

Проведенный анализ существующих вспучивающихся и невоспучивающихся огнезащитных составов показал их отрицательные свойства. К ним относятся: низкая огнестойкость; необходимость нанесения покрытия на заранее подготовленную поверхность; низкие адгезионные свойства составов; "работа" составов в условиях влажности до 85 %; сложность составов и т. д. Представленный перечень свидетельствует о необходимости разработки составов с более высокими эксплуатационными показателями.

Для создания более прогрессивного огнезащитного состава были выбраны невоспучивающиеся покрытия на основе минеральных термостойких заполнителей, как наиболее перспективные. В состав разработанного покрытия входят: вспученный вермикулит и перлит, микросферы, асбест, цемент, водоудерживающие добавки, сухие латексы и пластификаторы. Для определения качества огнезащитного покрытия металлоконструкций проведен ряд испытаний по ГОСТ 17177—94 [2] и ГОСТ 15140—78 [3]. Определены следующие физико-механические показатели: объемная масса; прочность на сжатие; адгезия; водопоглощение (см. таблицу).

Проведенные исследования физико-механических свойств различных композиций разработанного огнезащитного состава позволили сфор-

**Физико-механические свойства огнезащитного состава**

Свойство	Показатели свойств композиции				
	1	2	3	4	5
Водопоглощение, %	79,0	52,0	16,3	15,0	11,9
Адгезия	Неуд.	Неуд.	Удовл.	Удовл.	Удовл.
Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	130	142	360	492	522
Прочность на сжатие, МПа	0,3	1,1	1,5	1,8	2,0

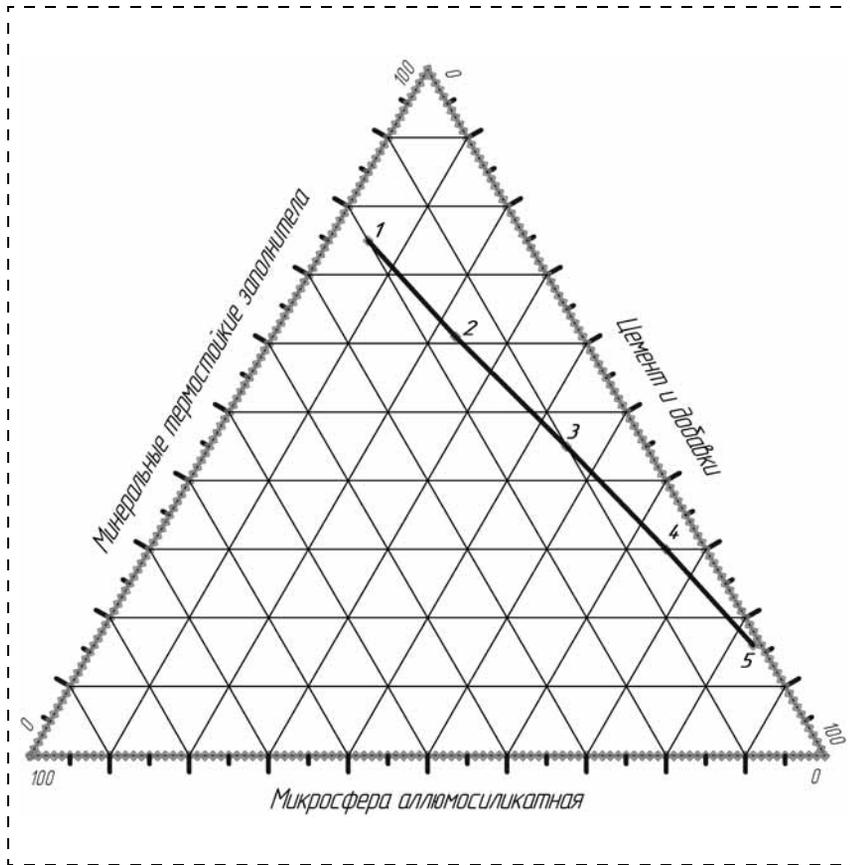


Рис. 1. Содержание микросферы аллюмосиликатной (%) при различных заданных свойствах огнезащитного состава

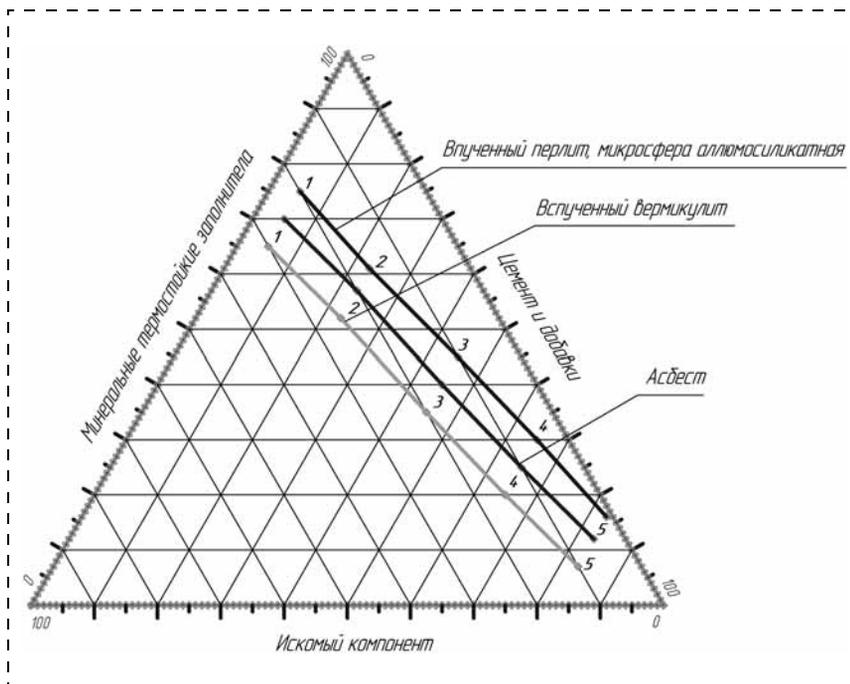


Рис. 2. Содержание искомых компонентов (%) при различных заданных свойствах огнезащитного состава

мулировать методику проектирования состава под конкретные свойства. В основу данной методики закладывался графический способ определения свойств материалов с помощью треугольных номограмм "состав — свойство" [4]. Конечным результатом разработки методики явилось построение номограмм (рис. 1, 2) с нанесенными на них кривыми для нахождения компонентного состава в зависимости от заданного свойства разработанного огнезащитного состава. На номограмме (см. рис. 1) точкам 1—5 соответствуют показатели физико-механических свойств пяти композиций, приведенных в таблице. С помощью номограммы на рис. 1 определяется необходимое количество цемента и добавок, она является ключевой в дальнейшем определении необходимого количества минеральных термостойких компонентов или искомого свойства состава.

Номограмма, приведенная на рис. 2, позволяет определить необходимое количество вспученного вермикулита и перлита, асбеста и микросферы аллюмосиликатной. Определение компонентного состава производится в зависимости от заданных свойств покрытия. Разработанные номограммы "состав — свойство" позволяют определять не только состав огнезащитного покрытия (%), но и предусмотренные физико-механические свойства покрытия (объемная масса, водопоглощение, прочность на сжатие).

Испытания на огнестойкость партии образцов стальных пластин, защищенных от огня разработанным покрытием различной толщины, проводились в соответствии с ГОСТ Р 53295—2009 [5]. Зависимость, приведенная на рис. 3, характеризует зависимость огнестойкости стальной пластины от толщины огнезащитного покрытия композиции 3 (см. таблицу).

Покрытие обеспечивает максимальную огнестойкость металлоконструкций 240 мин при толщине защитного слоя 40 мм (см. рис. 3).

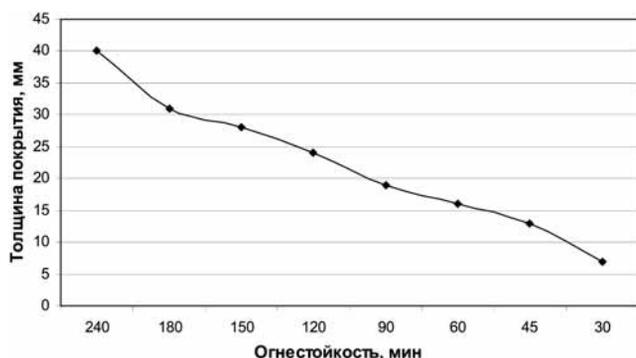


Рис. 3. Зависимость огнестойкости стальной пластины от толщины покрытия

Проведенные исследования огнестойкости [5] позволили определить зависимость огнестойкости от приведенной толщины металла и толщины покрытия (рис. 4).

Результаты проведенных исследований огнестойкости позволили сформулировать методику подбора сечения несущих металлических конструкций с огнезащитным покрытием различной

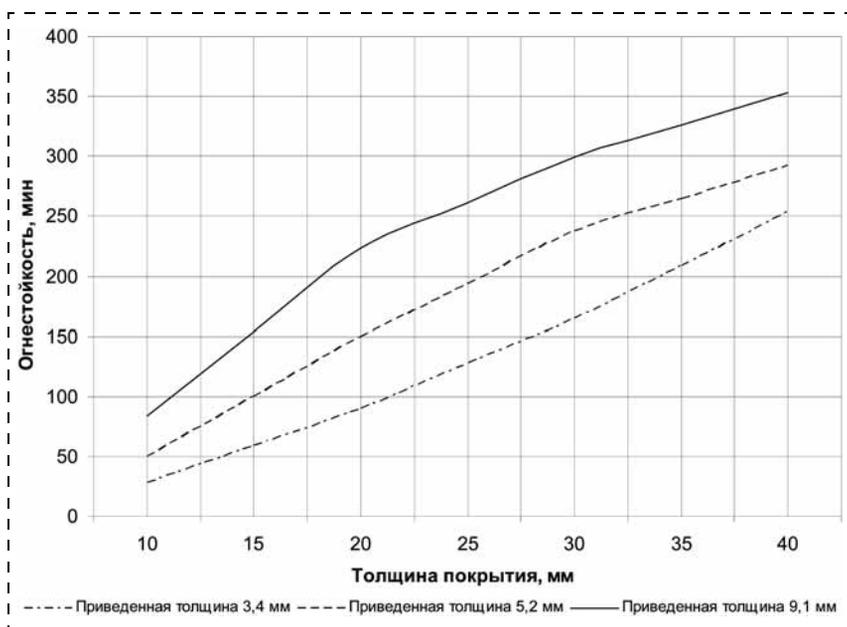


Рис. 4. Зависимость огнестойкости стальной пластины от приведенной толщины металла и толщины покрытия

толщины в зависимости от требуемой огнестойкости конструкций объектов НГК. Для этого необходимо использовать зависимости, приведенные на рис. 4. Так, при необходимой огнестойкости 240 мин возможно применение металлического элемента с приведенной толщиной металла 3,4 мм, 5,2 мм и 9,1 мм, что зависит от нагрузки, действующей на данную конструкцию и условий ее эксплуатации. Причем возможно определение необходимой толщины покрытия для каждого сечения металлического элемента. Данные зависимости позволяют также определить необходимую толщину покрытия при известных значениях приведенной толщины металла.

Разработанное огнезащитное покрытие на минеральных термостойких заполнителях обладает высокими эксплуатационными показателями, а также обеспечивает повышенную огнестойкость металлических конструкций объектов НГК. В связи с этим возможно его использование для огнезащиты металлоконструкций объектов НГК, находящихся в атмосферных условиях. Проведенные исследования физико-механических свойств и огнестойкости покрытия позволили разработать методику проектирования огнезащитных составов в зависимости от предъявляемых требований к свойствам, сечению и огнестойкости металлических конструкций. Разработанные методики значительно упрощают процесс проектирования огнезащитных составов для металлических конструкций объектов НГК.

#### Список литературы

1. Демехин В. Н., Мосалков И. Л. и др. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. — М.: АГПС МЧС России, 2003. — 656 с.
2. ГОСТ 17177—94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний.
3. ГОСТ 15140—78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.
4. Денисов А. С., Швыряев В. А. Теплоизоляционные жаростойкие торкрет-массы на основе вермикулита. — М.: Стройиздат, 1973. — 104 с.
5. ГОСТ Р 53295—2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности.

УДК 674-784.432

**В. Е. Воскресенский**, д-р техн. наук, проф., **В. И. Онегин**, д-р техн. наук, проф., президент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
E-mail: ve.voskr@mail.ru

## Показатели ресурсосбережения и сокращения выбросов диоксида углерода при энергосберегающей очистке воздуха от древесной шлифовальной пыли

*Приведены методика и расчет годового ресурсосбережения (в тоннах условного топлива), образуемого в цехах белого шлифования системами приточной вентиляции за счет уменьшения их производительности, обеспечиваемого применением в аспирационных системах этих цехов рециркуляционных рукавных фильтров с энергосберегающей очисткой воздуха от древесной шлифовальной пыли.*

*Определена величина сокращения выбросов в атмосферу диоксида углерода  $CO_2$ , обеспечиваемая уменьшением объемов сжигаемого топлива на величину, эквивалентную полученному ресурсосбережению.*

**Ключевые слова:** системы аспирации и приточной вентиляции, рециркуляционные рукавные фильтры с трехступенчатой очисткой воздуха, эффективность очистки воздуха, энергосбережение, ресурсосбережение, сокращение выбросов диоксида углерода

**Voskresenskiy V. E., Olegin V. I. Indices of resources economy and reduction of throwing out carbon dioxide during energy economic air cleaning from wood grinding dust**

*The authors present methods and calculation of annual resources economy in tons of conventional fuel generated in shops of white grinding by the systems of fresh air supply ventilation owing to decrease of their output and provided by application of recirculating bag house filters (RBHF) with energy economic air cleaning from wood grinding dust in aspiration systems of these shops.*

*The authors defined the value of reduction of throwing out carbon dioxide into the atmosphere, which is provided by the decrease of burnt fuel volume by the value equivalent to the received resources economy.*

**Keywords:** system of aspiration and fresh air supply ventilation, recirculating bag house filters with energy economic air cleaning, energy economy, resources economy, reduction of throwing out carbon dioxide

### Общие сведения о рециркуляционных рукавных фильтрах (РРФ) для очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли

В цехах белого шлифования начальная концентрация пыли перед пылеуловителем  $C_n$  составляет  $\sim 3000$  мг/м<sup>3</sup>. Древесная шлифовальная пыль взрывоопасна, а цеха белого шлифования по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с Нормами государственной противопожарной службы МВД России (НПБ) 105—95 относятся к категории Б (взрывопожароопасные) и классу В—Па — в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

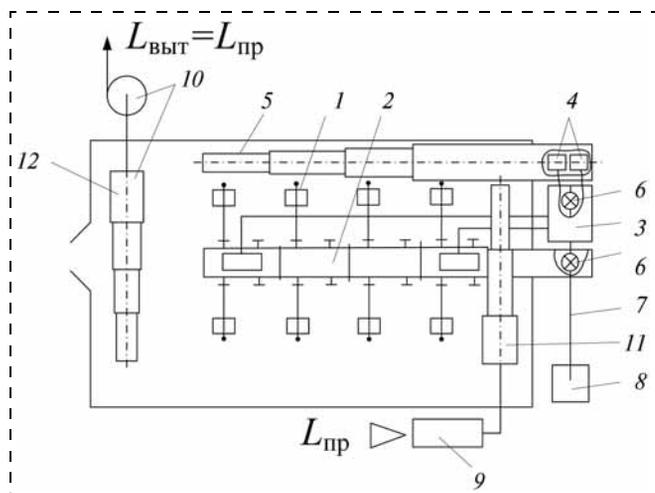
Для обеспечения пожаровзрывобезопасности процессов очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли на подводящих трубопроводах к РРФ должны устанавливаться системы искрогашения, а сами РРФ должны иметь взрывобезопасное исполнение (ВЗИ) и размещаться на открытых промышленных площадках.

План цеха белого шлифования, обслуживаемый аспирационной пневмотранспортной системой с рециркуляцией очищенного в РРФ воздуха (АсПТСРВ) с автоматически регулируемой производительностью вентиляторов, приведен на рисунке.

Очистку аспирационного воздуха от древесной шлифовальной пыли в цехах белого шлифования можно производить в РРФ по трем вариантам (табл. 1).

1) В РРФ стандартной модификации, имеющих двухступенчатую очистку воздуха (входная пылесадительная камера, фильтровальные рукава, сшитые из каландрированного фильтроплатна типа РЕ/РЕ-340 (BWF), которое имеет скорость фильтрации  $v_{\phi} = 2$  м/мин [1, с. 252].

2) В РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха (входная пылесадительная камера, фильтровальные рукава из каландрированного фильтроплатна).



**План цеха белого шлифования, обслуживаемый АсПТСРВ и вентиляторами с автоматически регулируемой производительностью:**

1 — технологическое оборудование; 2 — саморазгружающийся коллектор прямоугольного сечения со скребковым цепным конвейером; 3 — РРФ (варианты 1, 2, 3); 4 — радиальные вентиляторы с частотно-регулируемым электроприводом (инвертором); 5 — воздухораспределитель рециркулируемого воздуха; 6 — шлюзовые питатели; 7 — скребковый конвейер закрытого типа для централизованного сбора уловленной шлифовальной пыли; 8 — контейнер-накопитель шлифовальной пыли; 9, 10 — системы приточной и вытяжной общеобменной вентиляции; 11 — воздухораспределитель приточного воздуха; 12 — вытяжной воздуховод удаляемого из цеха воздуха;  $L_{пр}$  — расход приточного воздуха по вариантам РРФ: 1 —  $L_{пр1} = 0,32L_{АС}$ ; 2 —  $L_{пр2} = 0,11L_{АС}$ ; 3 —  $L_{пр3} = 0,11L_{АС}$ ;  $L_{АС}$  — производительность аспирационной пневмосистемы, м<sup>3</sup>/ч;  $L_{выт}$  — расход воздуха вытяжной вентиляции

на РЕ/РЕ-340 ( $v_{ф} = 2$  м/мин), панель воздушных ячейковых фильтров (ФЯК) класса F7(EU7)) [2].

3) В супер-РРФ с двухступенчатой очисткой воздуха (входная пылеосадительная камера, фильтровальные рукава, сшитые из фильтропалотна РЕ/РЕ—MPS (BWF) с поверхностным слоем из ультратонких волокон (фильтропалотно имеет скорость фильтрации  $v_{ф} = 0,6...0,7$  м/мин) [3, с. 9].

РРФ стандартной модификации с различными конструкциями системы регенерации с обратной посекционной продувкой фильтровальных рукавов очищенным воздухом выпускают зарубежные компании Moldow A/S (Дания), Nestro Lufttechnik (Германия), Hocker POLYTECHNIK (Германия). Наименьшее гидравлическое сопротивление  $\Delta P_{ф}$  (450 Па) имеют РРФ датской компании Moldow A/S, выполненные с рукавами из каландрированного фильтропалотна РЕ/РЕ-340, не удерживающего на своей рабочей поверхности пылевой слой [1, с. 95]. В результате гидравлическое сопротивление пылевого слоя на ткани фильтровальных рукавов в режиме фильтрации  $\Delta P_{п}$  (Па) равно нулю.

На различные модификации РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха в одном корпусе Санкт-Петербургского государственного лесотехничес-

Таблица 1

**Технические характеристики вариантов очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли в РРФ различной модификации при начальной концентрации пыли в аспирационном воздухе  $C_H = 3000$  мг/м<sup>3</sup>**

Вариант	Коэффициент очистки воздуха, $\eta_i$	$\frac{\eta_{\Sigma}^{1)}}{N_{\Sigma}^{2)}}$	$C_K^{3)}$ , мг/м <sup>3</sup>	$\Delta P_{ф}$ , Па
1	0,5 0,999	$\frac{0,9995}{0,0005}$ [4, с. 19]	1,5	450
2	0,5 0,999 0,92	$\frac{0,99996}{0,00004}$ [1, с. 79]	0,12	700
3	0,5 0,99998	$\frac{0,99999}{0,00001}$ [3, с. 9]	0,03	950

1)  $\eta_{\Sigma} = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2)(1 - \eta_3)$  — суммарный коэффициент очистки воздуха в фильтре;  $E_{ppф} = 100\eta_{\Sigma}$  — эффективность очистки в РРФ, %.

2)  $N_{\Sigma} = (1 - \eta_{\Sigma})$  — коэффициент проскока пыли через фильтр.

3)  $C_K = C_H N_{\Sigma}$  — конечная концентрация пыли в очищенном воздухе, мг/м<sup>3</sup> ( $C_H$  — см. формулу (1)).

кого университета получено четыре патента на изобретения. Из них последний патент [2] получен на РРФ с обратной продувкой фильтровальных рукавов очищенным воздухом посредством центробежного вентилятора, установленного на передвижной регенерационной тележке, и автоматической регенерацией третьей ступени очистки дополнительно очищенным воздухом продувочным вентилятором в режиме всасывания.

Из табл. 1 (графа 5) следует, что значения эффективности очистки воздуха  $E$ , %, вариантов 2 и 3 РРФ составляют  $E_2 = 99,996$  % и  $E_3 = 99,999$  % и превышают величину энергосберегающей эффективности очистки воздуха  $E_{эо} = 99,986$  % для РРФ цехов белого шлифования, рассчитанную в работе [4, с. 19]. Таким образом, конструкции РРФ, выполненные по вариантам 2 и 3, являются энергосберегающими для систем приточной вентиляции этих цехов.

#### Определение расхода приточного воздуха системой приточной вентиляции

В СНиП 41-01—2003 [5, прил. Л, с. 5] расход приточного воздуха системами вентиляции определяется для производственных помещений, оснащенных только прямооточными аспирационными системами (АсПТС), выбрасывающими отработанный воздух через пылеуловители в атмосферу.



В работе [6], посвященной особенностям расчета расхода приточного воздуха приточными системами вентиляции цехов белого шлифования для АсПТСРВ на основании совместного решения уравнений (воздушного и пылевого балансов производственного помещения) получена формула (1) для определения расхода приточного воздуха системой приточной вентиляции по массе выделяющейся древесной пыли.

$$L_{\text{пр}} = \frac{1}{K_L^c(C_{\text{р.з}} - C_0)} \times L_{\text{АС}} \left\{ (1 - K_L^{\text{III}})[C_{\text{н}}(1 - \eta_{\text{пр}}) - C_{\text{р.з}}/K_{\text{п}}] + C_{\text{к}} - K_L^c(C_{\text{р.з}} - C_0)(1 + K_{\text{инф}}) - \left(1 - \frac{1}{K_{\text{п}}}\right) C_{\text{р.з}} + K_{\text{инф}}(C_{\text{вх}} - C_0) \right\}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{н}}$  — начальная концентрация пыли в аспирационном воздухе перед РРФ, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{к}}$  — концентрация пыли в очищенном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{р.з}}$  — концентрация пыли в рабочей зоне, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{вх}}$  — концентрация пыли в наружном воздухе на входе в приточную камеру, мг/м<sup>3</sup>;  $C_{\text{вх}} = 0,3\text{ПДК}_{\text{р.з}} = 0,3 \times 6 = 1,8$  мг/м<sup>3</sup>;  $C_0$  — концентрация пыли в приточном воздухе, мг/м<sup>3</sup>,  $C_0 = C_{\text{вх}}(1 - \eta_{\text{фяк}}) = 1,8(1 - 0,85) = 0,27$  мг/м<sup>3</sup>;  $\eta_{\text{фяк}}$  — коэффициент эффективности улавливания пыли ячейковыми фильтрами, мг/м<sup>3</sup>;  $\eta_{\text{пр}}$  — коэффициент эффективности улавливания пыли приемниками шлифовального оборудования;  $\eta_{\text{пр}} = 0,95$  — для шлифовального оборудования цехов белого шлифования;  $K_{\text{п}}$  — коэффициент подсоса воздуха в трубопроводы АсПТСРВ;  $K_{\text{п}} = 1,1$ ;  $K_L^c$  — коэффициент воздухообмена в помещении по вредным факторам (древесной пыли);  $K_L^c = 1,05$ ;  $K_L^{\text{III}}$  — коэффициент воздухообмена между зоной шлифования и рабочей зоной перед приемниками шлифовального оборудования, следует принимать  $K_L^{\text{III}} = \eta_{\text{пр}}$ ;  $K_{\text{инф}}$  — коэффициент инфильтрации наружного воздуха, учитывающего процент инфильтрующегося в помещении наружного воздуха от  $L_{\text{АС}}$ ; коэффициент  $K_{\text{инф}}$  применяется только в помещениях, имеющих отрицательный дисбаланс воздухообмена.

Из анализа формулы (1) следует, что при уменьшении значения  $C_{\text{к}}$  снижается расход приточного воздуха системой приточной вентиляции  $L_{\text{пр}}$ , м<sup>3</sup>/ч, и пропорционально уменьшаются все четыре вида энергозатрат в системе:

- на нагревание приточного воздуха в холодный период года;

Таблица 2

Расчетные значения  $L_{\text{пр}}/L_{\text{АС}}$  для цехов белого шлифования

Значения $C_{\text{р.з}}$ , мг/м <sup>3</sup>	Значения $L_{\text{пр}}/L_{\text{АС}}$ для вариантов систем очистки воздуха		
	Вариант 1 $C_{\text{к}} = 1,5$ мг/м <sup>3</sup> [4]	Вариант 2 $C_{\text{к}} = 0,12$ мг/м <sup>3</sup> [1]	Вариант 3 $C_{\text{к}} = 0,03$ мг/м <sup>3</sup> [3]
4,8	0,72	0,43	0,41
5,0	0,64	0,36	0,34
5,5	0,47	0,22	0,20
6,0	0,32	0,09 (принято 0,11)	0,08 (принято 0,11)

- на увлажнение приточного нагретого воздуха в холодный период года;
- на деминерализацию распыляемой воды в холодный период года;
- на организованную круглогодичную подачу приточного воздуха в производственные помещения.

В табл. 2 приведены значения относительного расхода приточного воздуха  $L_{\text{пр}}/L_{\text{АС}}$  приточными системами вентиляции для цехов белого шлифования, рассчитанные по формуле (1) при использовании различных вариантов очистки аспирационного воздуха, при различных значениях концентрации пыли  $C_{\text{р.з}}$  в рабочей зоне (4,8; 5,0; 5,5; 6,0), которые могут задаваться проектировщиками при проектировании систем приточной вентиляции. Расчет сделан для трех вариантов систем очистки воздуха, приведенных в табл. 1, при следующих исходных данных:  $C_{\text{н}} = 3000$  мг/м<sup>3</sup>;  $\eta_{\text{пр}} = 0,95$ ;  $C_{\text{вх}} = 1,8$  мг/м<sup>3</sup>;  $C_0 = 0,27$  мг/м<sup>3</sup>;  $K_{\text{п}} = 1,1$ ;  $K_L^c = 1,05$ ;  $K_L^{\text{III}} = \eta_{\text{пр}} = 0,95$ ;  $K_{\text{инф}} = 0,05$ .

На основании анализа данных, представленных в табл. 2, можно сделать следующие выводы.

1. Значение концентрации пыли в рабочей зоне помещения  $C_{\text{р.з}}$ , равное ПДК<sub>р.з</sub>, т. е. 6 мг/м<sup>3</sup>, обеспечивает минимум расхода приточного воздуха  $L_{\text{пр}}$  системами приточной вентиляции при использовании всех трех вариантов систем очистки аспирационного воздуха.

2. Варианты 2 и 3 системы очистки аспирационного воздуха цехов белого шлифования при концентрации пыли в рабочей зоне  $C_{\text{р.з}} = 6$  мг/м<sup>3</sup> обеспечивают минимально допустимый по санитарным условиям уровень расхода воздуха системами приточной вентиляции  $L_{\text{пр min}} = 0,1L_{\text{в.о}} = 0,1(L_{\text{АС}} + L_{\text{в.ит}}) = 0,1(1,1L_{\text{АС}}) = 0,11L_{\text{АС}}$  (где  $L_{\text{в.о}}$  — воздухообмен в помещении, м<sup>3</sup>/ч) и, как следствие, минимальный уровень потребления энергии этими системами.

3. При концентрации пыли в рабочей зоне  $C_{\text{р.з}} = 6$  мг/м<sup>3</sup> варианты 2 и 3 систем очистки аспирационного воздуха обеспечивают по сравнению с вариантом 1 сокращение расхода приточного воз-

духа системами приточной вентиляции в 2,9 раза (0,32/0,11).

4. При величине суммарной производительности нескольких аспирационных пневмосистем АсПТСРВ цеха белого шлифования  $L_{AC} = 100\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$  варианты 2 и 3 системы очистки аспирационного воздуха обеспечивают по сравнению с вариантом 1 уменьшение расхода приточного воздуха системами приточной вентиляции на  $\Delta L_{пр} = (0,32 - 0,11) L_{AC} = (0,32 - 0,11) \cdot 10^5 = 21\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$ .

### Расчет энергосбережения в системах приточной вентиляции

Расчет энергосбережения от полученного уменьшения расхода приточного воздуха на  $\Delta L_{пр} = 21\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$  системами приточной вентиляции осуществляется для климатических условий г. Санкт-Петербурга (табл. 3) по четырем статьям:

1) экономии тепловой энергии на нагревании приточного воздуха в холодный период года  $\Delta Q$ , Гкал/год;

2) экономии электроэнергии на увлажнение нагретого приточного воздуха  $\Delta N_{ув}$ , кВт·ч/год с влажности  $\varphi_2 = 1,9\%$  до  $\varphi_3 = 55\%$  (табл. 4);

3) экономии электроэнергии на водоподготовке распыляемой через форсунки воды (деминерализации воды) в холодный период года  $\Delta N_{впп}$ , кВт·ч/год;

4) экономии электроэнергии на круглогодичной подаче в цех приточного воздуха  $\Delta N_{пв}$ , кВт·ч/год.

Таблица 3

Климатические данные для расчета тепловой энергии на нагревание приточного воздуха на предприятиях г. Санкт-Петербурга [7, с. 7]

Средняя температура, °С		Относительная влажность приточного воздуха $\varphi_1$ , %	Продолжительность отопительного периода $N_c$ , сут
Наиболее холодной пятидневки $t_1$	Отопительного периода $t_{cp}$		
-26	-0,9	83	239

### Теплоэнергосбережение

Теплоэнергосбережение в системах приточной вентиляции рассчитывалось для отдельных систем приточной и вытяжной вентиляции без рекуператоров теплоты удаляемого воздуха.

Показатель экономии тепловой энергии на нагревание приточного воздуха в холодный период года, Гкал/год, определяют по следующей формуле:

$$\Delta Q = \Delta G_c C_{p,c} (t_2 - t_1) K_t N_c H K_w 10^{-6} / 4,19, \quad (2)$$

где  $\Delta G_c$  — сэкономленная величина массового потока сухого воздуха, кг/ч, определяется по формуле (4);  $C_{p,c}$  — удельная массовая теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг·К);  $C_{p,c} = 1,006\ \text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  [8];  $t_1$  — расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, °С, принимается как средняя температура наиболее холодной пятидневки (температура воздуха обеспеченностью 0,92) [7, с. 2];  $t_1 = -26\ ^\circ\text{C}$  (см. табл. 3);  $t_2$  — температура нагретого воздуха, °С, определяется из выражения (3);  $K_t$  — коэффициент перехода от максимального часового расхода тепловой энергии  $Q_{\max}$  к среднечасовому расходу  $Q_{cp}$  за отопительный период в рабочее время, определяется по формуле (7);  $N_c$  — продолжительность отопительного периода, сут.;  $N_c = 239$  сут (см. табл. 3);  $H$  — количество часов работы цеха и системы приточно-вытяжной вентиляции в сутки, ч;  $H = 16$  ч;  $K_w$  — коэффициент перевода количества суток отопительного периода в количество рабочих дней отопительного периода при шестидневной рабочей неделе;  $K_w = 6/7 = 0,857$ ;  $10^{-6}$  — коэффициент перевода кДж в ГДж; 4,19 — коэффициент перевода ГДж в Гкал (1 Гкал = 4,19 ГДж).

Температура нагретого воздуха

$$t_2 = \left[ t_{p,3}^{\min} \right]_{\text{хол}} + \Delta t, \quad (3)$$

где  $\left[ t_{p,3}^{\min} \right]_{\text{хол}}$  — минимальная из допустимых температур в рабочей зоне помещения в холодный пе-

Таблица 4

Параметры наружного  $d_1$ , нагретого  $d_2$ , увлажненного  $d_3$  и приточного  $d_{пр}$  воздуха для г. Санкт-Петербурга при  $P_{бар} = 101\ 000\ \text{Па}$

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха $\varphi$ , доли единиц	Парциальное давление водяного пара, Па		Влагосодержание $d$ , г/кг сух. возд. [8, с. 28], $d_i = 662 \frac{P_{\pi i}}{P_{бар} - P_{\pi i}}$
		Насыщенного $P_{\pi i}$ [8, с. 23]	Ненасыщенного $P_{\pi i} = P_{\pi i} \varphi$	
$t_1 = -26$ [7] После нагревания $t_2 = 21$ После увлажнения $t_3 = 15$ После вентилятора $t_{пр} = 15,5$	$\varphi_1 = 0,83$ [7] $\varphi_2 = 0,0191$ $\varphi_3 = 0,55$ $\varphi_{пр} = 0,526$	$P_{\pi 1} = 57,25$ $P_{\pi 2} = 2487,7$ $P_{\pi 3} = 1705,4$ $P_{\pi пр} = 1783,9$	$P_{\pi 1} = 47,5$ $P_{\pi 2} = 47,5$ $P_{\pi 3} = 938$ $P_{\pi пр} = 938$	$d_1 = 0,2927$ $d_2 = 0,2927$ $d_3 = 5,83$ $d_{пр} = 5,83$
Примечания. $\varphi_2 = \varphi_1 P_{\pi 1} / P_{\pi 2} = 0,83 \cdot 57,25 / 2487,7 = 0,0191$ . $\varphi_{пр} = \varphi_3 P_{\pi 3} / P_{\pi пр} = 0,55 \cdot 1705,4 / 1783,9 = 0,526$ .				



риод года;  $\left[ t_{p,3}^{\min} \right]_{\text{хол}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t$  — перепад температур, на который понижается нагретый воздух в результате адиабатического увлажнения,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t = 6 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 15 + 6 = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Экономленная величина массового потока сухого воздуха [8, с. 44]

$$\Delta G_c = \frac{\Delta G_{\text{впр}}}{1 + d_2 \cdot 10^{-3}} = \frac{\Delta L_{\text{пр}} \rho_{\text{пр}}}{1 + d_2 \cdot 10^{-3}}, \quad (4)$$

где  $\Delta G_{\text{впр}}$  — экономленная величина массового потока влажного воздуха, кг/ч;  $\Delta L_{\text{пр}}$  — экономленная величина объемного расхода воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $\rho_{\text{пр}}$  — плотность приточного воздуха при температуре  $t_{\text{пр}} = 15,7 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_{\text{пр}} = 288,7 \text{ K}$ ), кг/м<sup>3</sup>;

$$\begin{aligned} \rho_{\text{пр}} &= \rho_0 \frac{P_{\text{бар}} T_0}{P_{\text{бар}0} T_{\text{пр}}} = \\ &= 1,2 \frac{101\,000 \cdot 293,15}{101\,345 \cdot 288,7} = 1,214 \text{ кг/м}^3, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $P_{\text{бар}0}$ ,  $\rho_0$ ,  $T_0$  — соответственно барометрическое давление, плотность и температура воздуха при "нормальных условиях" его состояния:  $P_{\text{бар}0} = 101\,345 \text{ Па}$ ,  $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ,  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_0 = 293,15 \text{ K}$ );  $P_{\text{бар}} = 101\,000 \text{ Па}$  — барометрическое давление в г. Санкт-Петербурге [7, с. 25];  $T_{\text{пр}}$  — температура приточного воздуха, К, определялась следующим образом:

$$t_{\text{пр}} = t_3 + 0,001 P, \quad (6)$$

где  $P$  — давление, развиваемое вентилятором,  $P = 700 \text{ Па}$ ;  $t_{\text{пр}} = 15 + 0,001 \cdot 700 = 15,7 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $T_{\text{пр}} = 288,7 \text{ K}$ );  $d_2$  — влагосодержание нагретого воздуха, г/кг сух. возд.;  $d_2 = 0,2927 \text{ г/кг сух. возд.}$  (см. табл. 4).

Коэффициент перехода от максимального часового расхода тепловой энергии к среднечасовому расходу

$$K_t = \frac{t_2 - t_{\text{ср}}}{t_2 - t_1}, \quad (7)$$

где  $t_{\text{ср}}$  — средняя температура отопительного периода,  $^\circ\text{C}$  (см. табл. 3);

$$K_t = \frac{21 + 0,9}{21 + 26} = 0,466.$$

Экономленная в результате использования вариантов 2, 3 очистки воздуха величина массового потока сухого воздуха в системах приточной вентиляции согласно формуле (4) составит

$$\Delta G_c = \frac{21\,000 \cdot 1,214}{1 + 0,2927 \cdot 10^{-3}} = 25486,5 \text{ кг/ч.}$$

При этом экономия тепловой энергии в системах приточной вентиляции при использовании вариантов 2, 3 согласно формуле (2) составит

$$\begin{aligned} \Delta Q &= 25486,5 \cdot 1,006(21 + 26)0,466 \times \\ &\times 239 \cdot 16 \cdot 0,857 \cdot 10^{-6}/4,19 = 439,2 \text{ Гкал/год.} \end{aligned}$$

### Электроэнергосбережение

Суммарное электроэнергосбережение  $\Delta N_{\Sigma}$ , кВт·ч/год, определяется из выражения

$$\Delta N_{\Sigma} = \Delta N_{\text{ув}} + \Delta N_{\text{впт}} + \Delta N_{\text{пв}} - \Delta N_{\text{до}}, \quad (8)$$

где  $\Delta N_{\text{ув}}$  — электроэнергосбережение при увлажнении воздуха, кВт·ч/год, адиабатическим методом с  $\varphi_2 = 1,91 \%$  до  $\varphi_3 = 55 \%$  определяется по формуле (9);  $\Delta N_{\text{впт}}$  — электроэнергосбережение при подготовке воды (ее деминерализации) в установках обратного осмоса, кВт·ч/год, определяется по формуле (14);  $\Delta N_{\text{пв}}$  — электроэнергосбережение на организованной круглогодичной подаче приточного воздуха в цех, кВт·ч/год, определяется по формуле (15);  $\Delta N_{\text{до}}$  — дополнительные энергозатраты на доочистку воздуха, по сравнению с вариантом 1, кВт·ч/год, определяются по формуле (16).

$$\Delta N_{\text{ув}} = \Delta G_{\text{в}} N_{\text{аду}}^y, \quad (9)$$

где  $\Delta G_{\text{в}}$  — экономленная величина массового потока деминерализованной воды для распыления, кг/год, определяется по формуле (10);  $N_{\text{аду}}^y$  — расчетное удельное потребление электрической энергии при адиабатическом увлажнении воздуха методом распыления воды через форсунки в установках серии МС применением сжатого воздуха, кВт·ч/кг; по данным корпорации United Elements Engineering для систем увлажнения серии МС фирмы Carel (Италия)  $N_{\text{аду}}^y = 0,116$ .

$$\Delta G_{\text{в}} = \Delta G_{\text{ув}} K_d N_c H K_w / \eta_p, \quad (10)$$

где  $\Delta G_{\text{ув}}$  — уменьшение производительности увлажнителя, кг/ч, определяется по формуле (11);  $K_d$  — коэффициент перехода от максимального расхода воды  $G_{\text{вмак}}$  к среднему расходу  $G_{\text{вср}}$  в отопительный период года в рабочее время, определяется по формуле (12);  $N_c$ ,  $H$ ,  $K_w$  — те же параметры, что и в формуле (2);  $\eta_p$  — коэффициент, учитывающий эффективность использования распыляемой воды,  $\eta_p = 0,9$ .

$$\Delta G_{\text{ув}} = \Delta G_c (d_3 - d_2) \cdot 10^{-3}, \quad (11)$$

где  $\Delta G_c$  — экономленная величина массового потока сухого воздуха,  $\Delta G_c = 25486,5 \text{ кг/ч}$ ;  $d_3$  — влагосодержание нагретого увлажненного воздуха, г/кг сух. возд.,  $d_3 = 5,83 \text{ г/кг сух. возд.}$ ;  $d_2$  — вла-

госодержание нагретого воздуха на выходе из калорифера, г/кг сух. возд.,  $d_2 = 0,2927$  г/кг сух. возд.

$$K_d = \frac{d_3 - d_{cp}}{d_3 - d_2}, \quad (12)$$

где  $d_{cp}$  — влагосодержание при температуре  $t_{cp} = -0,9$  °С,  $P_{ncp} = 567,36$  Па [8, с. 24],  $\phi_{cp} = 0,83$ ,  $P_{ncp} = 470,9$  Па,  $P_{бар} = 101\,000$  Па:

$$d_{cp} = 622 \frac{P_{ncp}}{P_{бар} - P_{ncp}} = 622 \frac{470,9}{101\,000 - 470,9} = 2,91 \text{ г/кг. сух. возд.}; \quad (13)$$

$$K_d = \frac{5,83 - 2,91}{5,83 - 0,2927} = 0,527.$$

Уменьшение производительности увлажнителя согласно формуле (11) составит

$$\Delta G_{ув} = 25486,5(5,83 - 0,2927) \cdot 10^{-3} = 141,126 \text{ кг/ч.}$$

Сэкономленная величина массового потока деминерализованной воды для распыления согласно формуле (10) составит

$$\Delta G_B = \frac{141,126 \cdot 0,527 \cdot 239 \cdot 16 \cdot 0,857}{0,9} = 270815,7 \text{ кг/год.}$$

Годовое энергосбережение при увлажнении нагретого воздуха согласно формуле (9)

$$\Delta N_{ув} = 270815,7 \cdot 0,116 = 31414,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Электроэнергосбережение при подготовке воды в установках обратного осмоса, кВт · ч/год:

$$\Delta N_{впг} = \Delta G_B N_{впг}^y, \quad (14)$$

где  $N_{впг}^y$  — расчетное удельное потребление электрической энергии при подготовке воды (ее деминерализации) в системе обратного осмоса, кВт · ч/кг. По данным корпорации United Elements Engineering для систем обратного осмоса серии VVTS фирмы Carel (Италия)  $N_{впг}^y = 0,004$ .

Энергосбережение при подготовке воды в установках обратного осмоса согласно (14) составит:

$$\Delta N_{впг} = 270815,7 \cdot 0,004 = 1083,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Электроэнергосбережение на организованной круглогодичной подаче приточного воздуха в цех, кВт · ч/кг:

$$\Delta N_{пв} = m[(N_{пр1} - N_{пр2}) + (N_{выт1} - N_{выт2})], \quad (15)$$

где  $m$  — число часов работы оборудования в году при двухсменной работе, ч/год;  $m = 4168$  ч/год;

$N_{пр1}$ ,  $N_{пр2}$  — установленные мощности электродвигателей вентиляторов систем приточной вентиляции по вариантам 1 и 2, кВт ( $N_{пр1} = 11$  кВт,  $N_{пр2} = 5$  кВт);  $N_{выт1}$ ,  $N_{выт2}$  — установленные мощности электродвигателей вентиляторов систем вытяжной вентиляции по вариантам 1 и 2, кВт ( $N_{выт1} = 11$  кВт,  $N_{выт2} = 5$  кВт).

$$\Delta N_{пв} = 4168[(11 - 5) + (11 - 5)] = 50016 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Дополнительные энергозатраты на доочистку воздуха, кВт · ч/год

$$\Delta N_{до} = m \Delta N, \quad (16)$$

где  $\Delta N$  — разница в установленной мощности электродвигателей вентиляторов аспирационных систем по вариантам (2 и 1) и (3 и 1), кВт

$$\Delta N = \frac{\Delta H_B L_B}{3,6 \cdot 10^6 \eta_B}, \quad (17)$$

где  $\Delta H_B$  — разница в давлении вентилятора в варианте 2 и варианте 3 по сравнению с вариантом 1, Па,  $\Delta H_B = \Delta P_{ф2} - \Delta P_{ф1} = 700 - 450 = 250$  Па для варианта 2;  $\Delta H_B = \Delta P_{ф3} - \Delta P_{ф1} = 950 - 450 = 500$  Па для варианта 3 (см. табл. 1);  $L_B$  — расчетная производительность вентилятора аспирационной системы с автоматически регулируемой производительностью, м<sup>3</sup>/ч, при  $L_{ACmax} = 100\,000$  м<sup>3</sup>/ч и наличии двух радиальных вентиляторов с  $L_{Bi} = 50\,000$  м<sup>3</sup>/ч и диапазоне регулирования производительности каждого из них  $D = 2,5$ ,  $L_{ACmin} = L_{ACmax}/2D = 100\,000/2 \cdot 2,5 = 20\,000$  м<sup>3</sup>/ч, при  $L_{ACmin} = 20\,000$  м<sup>3</sup>/ч один вентилятор выключен, тогда

$$L_B = 0,5(L_{ACmax} + L_{ACmin}) = 0,5(100\,000 + 20\,000) = 60\,000 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$\eta_B$  — КПД вентилятора АСПТСПВ;  $\eta_B = 0,8$ .

Тогда  $\Delta N_i$ , кВт, для вариантов 2 и 3 согласно (17) составит

$$\Delta N_2 = \frac{250 \cdot 60\,000}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 5,2 \text{ кВт},$$

$$\Delta N_3 = \frac{500 \cdot 60\,000}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8} = 10,4 \text{ кВт}.$$

Значения параметров  $\Delta N_{ув}$ ,  $\Delta N_{впг}$ ,  $\Delta N_{пв}$ ,  $\Delta N_{до}$  и  $\Delta N_{\Sigma}$ , рассчитанные для вариантов 2 и 3, приведены в табл. 5.



Таблица 5

Значения параметров для вариантов 2 и 3 энергосберегающих систем очистки воздуха

Вариант	$\Delta N$ , кВт·ч/год				
	$\Delta N_{ув}$ ф-ла (9)	$\Delta N_{впг}$ ф-ла (14)	$\Delta N_{пв}$ ф-ла (15)	$\Delta N_{до}$ ф-ла (16)	$\Delta N_{\Sigma}$ ф-ла (8)
2	31414,6	1083,3	50016	-21674	60840
3	31414,6	1083,3	50016	-43348	39166

### Ресурсосбережение

*Ресурсосбережение* — экономия топливно-энергетических ресурсов в тоннах условного топлива в год (ту. т./год), получаемая на основе тепло- и электроэнергосбережения.

*Условное топливо* — энергетический эквивалент топлива с удельной теплотворной способностью 7000 ккал/кг (29,33 МДж/кг) для жидких и твердых видов топлива и 7000 ккал/м<sup>3</sup> (29,33 МДж/м<sup>3</sup>) для газообразных видов топлива.

Согласно государственной программе энергосбережения и повышения энергетической эффективности страны до 2020 г. [9] все полученное на основании создания новой техники энергосбережение должно переводиться в экономию топливно-энергетических ресурсов (ресурсосбережение).

Ресурсосбережение, обеспечиваемое энергосберегающими системами очистки воздуха (варианты 2 и 3), рассчитывалось отдельно при экономии тепловой энергии  $\Delta Q$ , Гкал/год, и экономии электрической энергии  $\Delta N_{\Sigma}$ , кВт·ч/год, по формулам (18, 19).

Ресурсосбережение, образуемое за счет экономии тепловой энергии, ту. т./год, определяется по формуле [10, с. 81].

$$\Delta B_Q = \frac{\Delta Q \cdot 4,19 \cdot 10^3}{29,33 \cdot 10^3 \eta_k} = \frac{\Delta Q \cdot 10^6}{7000 \cdot 10^3 \eta_k} = \frac{\Delta Q}{7 \eta_k}, \quad (18)$$

где 7 — эквивалент одной тонны условного топлива (удельная теплотворная способность тонны условного топлива), Гкал/ту. т.;  $\eta_k$  — КПД котельной в долях единицы,  $\eta_k = 0,86$  [10].

Ресурсосбережение, образуемое за счет экономии электрической энергии  $\Delta B_N$ , ту. т./год, определяется по формуле [11, с. 110].

$$\Delta B_N = \frac{\Delta N_{\Sigma} \cdot 3,6}{29,33 \cdot 10^3 \cdot \eta_{\text{ЭС}}} = \frac{\Delta N_{\Sigma}}{8147,2 \cdot \eta_{\text{ЭС}}}, \quad (19)$$

где 8147,2 — эквивалент одной тонны условного топлива (удельная энергетическая способность

Таблица 6

Значения параметров  $\Delta B_Q$ ,  $\Delta B_N$  и  $\Delta B_{QN}$  для вариантов 2 и 3 энергосберегающих систем очистки воздуха

Вариант	$\Delta B$ , ту.т./год		
	$\Delta B_Q$ (ф-ла 18)	$\Delta B_N$ (ф-ла 19)	$\Delta B_{QN}$ (ф-ла 20)
2	72,9	21,9	94,8
3	72,19	14,1	87,29

тонны условного топлива), кВт·ч/ту. т.;  $\eta_{\text{ЭС}}$  — КПД пылеугольных электроблочных электростанций в долях единицы,  $\eta_{\text{ЭС}} = 0,341$  [11, с. 110].

Суммарное ресурсосбережение определяется по формуле

$$\Delta B_{QN} = \Delta B_Q + \Delta B_N. \quad (20)$$

Значения  $\Delta B_Q$ ,  $\Delta B_N$  и  $\Delta B_{QN}$  для вариантов 2 и 3 энергосберегающей системы очистки воздуха приведены в табл. 6. Как видно, наибольшее ресурсосбережение обеспечивает вариант 2 — трехступенчатой очисткой воздуха.

### Дифференцированное ресурсосбережение

Суммарное ресурсосбережение, образуемое РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха (вариант 2), равное 94,8 ту. т./год формируется из величин ресурсосбережения, полученных на четырех технологических операциях, осуществляемых в системах приточной вентиляции, за вычетом ресурсопотребления третьей ступенью очистки воздуха в РРФ, равного  $\Delta B_{до} = 7,8$  ту. т.

Эффективность ресурсосбережения  $\Phi$  на технологических операциях систем приточной вентиляции приведена в табл. 7.

Таблица 7

Дифференцированное ресурсосбережение в системах приточной вентиляции цехов белого шлифования, образуемое при использовании РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха в холодный период года

№ пп	Ресурсосбережение на технологических операциях	$\Delta B$ , ту. т./год	Доля $\Phi$ , %
1	На нагревании наружного приточного воздуха в холодный период года	$\Delta B_Q = 72,9$	71,05
2	На увлажнении приточного воздуха адиабатическим методом в холодный период года	$\Delta B_{ув} = 11,3$	11,01
3	На водоподготовке распыляемой воды (деминерализация) в холодный период года	$\Delta B_{впг} = 0,4$	0,39
4	На организованной круглогодичной подаче приточного воздуха в помещение	$\Delta B_{пв} = 18,0$	17,54
Итого		102,6	100

### Экономия затрат от ресурсосбережения

Суммарная годовая экономия затрат  $\mathcal{E}_{3\Sigma}$  (в млн руб./год), получаемая в 2012 г. от ресурсосбережения в системах приточной вентиляции и обеспечиваемая вариантами 2, 3 энергосберегающей очистки аспирационного воздуха от древесной шлифовальной пыли, определяется по формуле [11, с. 110].

$$\mathcal{E}_{3\Sigma} = \Delta B_{QN} C_{\text{ту. т.}} K_{INF} \cdot 10^{-6}, \quad (21)$$

где  $C_{\text{ту. т.}}$  — цена тонны условного топлива, руб./ту. т. в ценах 2011 г., определяется из выражения (22) [11, с. 110];  $K_{INF}$  — коэффициент, учитывающий инфляцию INF (8 %),  $K_{INF} = 1,08$ .

$$C_{\text{ту. т.}} = 7\eta_k \cdot T_Q, \quad (22)$$

где  $\eta_k$  — КПД котельной; в расчете принят  $\eta_k = 0,86$ ;  $T_Q$  — тариф на тепловую энергию в 2011 г. в Санкт-Петербурге (производство и передача потребителю) с учетом НДС, руб./Гкал;  $T_Q = 1424,7$  руб./Гкал.

Цена одной тонны условного топлива согласно формуле (22) составит

$$C_{\text{ту. т.}} = 7 \cdot 0,86 \cdot 1424,7 = 8576,7 \text{ руб.}$$

Годовая экономия от ресурсосбережения при использовании РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха (вариант 2) составит

$$\mathcal{E}_{3\Sigma} = 94,8 \cdot 8576,7 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6} = 0,88 \text{ млн руб./год.}$$

Расчет по данным табл. 6 показывает, что для варианта 3 ( $\Delta B_{QN} = 87,29$  ту. т./год)  $\mathcal{E}_{3\Sigma} = 0,8$  млн руб./год.

### Экологический эффект от ресурсосбережения

При сжигании угля в объеме, эквивалентном одной тонне условного топлива, потребляется 2,3 т кислорода и выбрасывается в атмосферу 2,76 т диоксида углерода  $\text{CO}_2$  [12].

Полученное ресурсосбережение в объеме 94,8 ту. т./год (вариант 2) обеспечит при суммарной производительности АСПТСРВ  $L_{AC} = 100\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$  ежегодное сокращение выбросов в атмосферу диоксида углерода  $\text{CO}_2$  за счет уменьшения объема сжигания угля, т/год, на величину, эквивалентную 94,8 ту. т./год в размере  $94,8 \cdot 2,76 = 261,6$  т/год.

### Выводы

1. РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха, оснащенный рукавами, сшитыми из фильтрополотна РЕ/РЕ-340 ( $\Delta P_{\Phi} = 700$  Па) по сравнению с суперфильтром ( $\Delta P_{\Phi} = 950$  Па) за счет меньшего (на 250 Па) гидравлического сопротивления обеспечивает суммарное ресурсосбережение в системах приточной вентиляции  $\Delta B_{QN} = 94,8$  ту. т./год, то есть на 7,51 ту. т./год больше, чем при использовании суперфильтра с рукавами, сшитыми из

фильтрополотна РЕ/РЕ-MPS с поверхностным слоем из ультратонких волокон.

2. В РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха для пошива рукавов используется фильтрополотно РЕ/РЕ-340, обеспечивающее скорость фильтрации  $V_{\Phi} = 2$  м/мин, а в суперфильтре — более дорогое фильтрополотно РЕ/РЕ-MPS с  $V_{\Phi} = 0,6 \dots 0,7$  м/мин, что требует увеличения числа рукавов в суперфильтре и его длины примерно в три раза (2/0,65), а также ведет к его удорожанию по сравнению с РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха, не менее чем в 1,5 раза.

В заключение следует отметить, что РРФ с трехступенчатой очисткой воздуха по сравнению с супер-РРФ имеет меньшую стоимость, меньшие габариты и меньшие текущие энергозатраты. Внедрение на деревообрабатывающих предприятиях России к 2015 г. в цехах белого шлифования аспирационных систем с суммарной производительностью  $L_{AC} = 10$  млн  $\text{м}^3/\text{ч}$ , оснащенных РРФ с энергосберегающей трехступенчатой очисткой воздуха, позволит получить за пять последующих лет (с 2015 по 2020 годы) экономию топливно-энергетических ресурсов в размере 47 400 ту. т. и сократить выбросы диоксида углерода  $\text{CO}_2$  в размере 130 824 т.

### Список литературы

1. **Воскресенский В. Е.** Системы пневмотранспорта, пылеулавливания и вентиляции на деревообрабатывающих предприятиях. Теория и практика. — В 2-х т. — Т. 2. ч. 1: Системы пылеулавливания: учебное пособие. — СПб.: Политехника, 2009. — 299 с.
2. **Патент РФ № 2437711.** Фильтр рукавный для трехступенчатой очистки воздуха от механических примесей / В. Е. Воскресенский, В. И. Онегин, А. М. Гримитлин, И. Р. Шегельман, С. Ю. Тверьянович. — Оpubл. 27.12.2011 г. — Бюлл. № 36.
3. **Каталог промышленного газоочистного оборудования.** — ЗАО СПЕИС—МОТОР, 2010. — 84 с.
4. **Воскресенский В. Е.** Создание рециркуляционного фильтра для очистки воздуха от древесной шлифовальной пыли и обеспечение режимов его работы // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 5. — С. 17–22.
5. **СНиП 41-01—2003.** Отопление, вентиляция и кондиционирование. — М.: Госстрой России, 2004. — 31 с.
6. **Воскресенский В. Е.** Особенности расчета расхода наружного воздуха приточными системами вентиляции цехов белого шлифования с рециркуляционным воздухообменом // Деревообрабатывающая промышленность. — 2009. — № 6. — С. 8–11.
7. **СНиП 23-01—99.** Строительная климатология. — М.: Госстрой России, 2000. — 57 с.
8. **Афанасьева Р. Ф., Константинов Е. И., Кузьмин М. С., Павлов Н. Н., Чистый Ю. А.** Вентиляция. Оборудование и технологии: Учебно-практическое пособие. — М.: Стройинформ, 2007. — 424 с.
9. **Государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности страны до 2020 года.**
10. **Воскресенский В. Е.** Энергосберегающие системы аспирации, пылеулавливания и вентиляции // ЛесПромИнформ. — 2010. — № 1 (67). — С. 78–82.
11. **Воскресенский В. Е.** Системы аспирации, пылеулавливания и вентиляции. Резервы повышения энергоэффективности // ЛесПромИнформ. — 2010. — № 2 (68). — С. 108–112.
12. **Болдырев В.** Атмосферным кислородом по глобализации и кредиторам. Значимый фактор национальной безопасности и погашения долгов России // Промышленные ведомости. — 2001 г. март.
13. **СанПиН 2.2.4.548—96.** Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. — ГОСКОМсанЭпидНадзор России, 1996. — 10 с.

УДК 662.613.12: 662.68.

Э. Р. Бариева<sup>1</sup>, канд. биол. наук, доц., Э. А. Королев<sup>2</sup>, канд. геол.-минер. наук, доц.,  
Е. С. Егорова<sup>1</sup>, студентка

<sup>1</sup> Казанский государственный энергетический университет

<sup>2</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: lenusik88@list.ru

## Оценка биологической опасности золошлаковых отходов Кировского золоотвала города Казани

*Проведено изучение микроорганизмов, населяющих золошлаковые отходы Кировского золоотвала г. Казани. Рассмотрены технические мероприятия по подавлению распространения условно патогенных организмов.*

**Ключевые слова:** микроорганизмы, микробиологический анализ, золошлаковые отходы

**Barieva E. R., Korolev E. A., Egorova E. S.**  
*Estimation of biological danger of waste Kirov ash sump the Kazan*

*The microorganisms inhabiting ash and slag waste of waste Kirov ash sump the Kazan have been studied. Technical measures on suppression of distribution of conditionally pathogenic organisms are considered.*

**Keywords:** microorganisms, the microbiological analysis, ash and slag waste

Понятие "биологическая опасность" означает "инфекционный агент", представляющий потенциальную опасность для здоровья человека посредством прямого воздействия или непрямого влияния через разрушение окружающей среды [8]. Одним из факторов, который может угрожать безопасности населения, являются микроорганизмы, повсеместно населяющие все сферы жизнедеятельности человеческой популяции. В местах, благоприятных для развития патогенных биологических форм, существует вероятность приобретения аллергических реакций, сыпи и простуды.

Наиболее вероятными источниками распространения микроорганизмов являются различные виды техногенных отходов, в больших объемах складированные на пригородных территориях. Учитывая это было проведено микробиологическое исследование золошлаковых отходов, расположенных на Кировском золоотвале г. Казани. Целью исследо-

вания являлось определение основных физиологических групп микроорганизмов, развивающихся в данном виде отходов, с последующим рассмотрением их количественных и качественных показателей.

Для микробиологических исследований были отобраны пробы из верхней, средней и нижней частей золоотвала, а также из глинистого насыпного грунта, используемого для предотвращения выдувания золовых частичек с отвалов. Микробиологический анализ проводился методом придельных разведений на различных селективных средах по стандартным методикам [2, 6]. Идентификацию микроскопических грибов осуществляли по культурально-морфологическим признакам по соответствующим для конкретной систематической группы определителям [3].

### Результаты исследования

В ходе проведенных микробиологических исследований было выявлено пять преобладающих групп микроорганизмов: аммонификаторы, споровые бациллы, актиномицеты, микромицеты, нитрофикаторы — бактерии, использующие минеральные формы азота. В таблице приведены показатели численности этих микроорганизмов, выраженной в количестве бактерий на 1 г грунта. Для лучшего понимания функциональной роли выявленных микроорганизмов ниже дана их краткая физиолого-биохимическая характеристика.

**Аммонификаторы** — бактерии, принимающие участие в расщеплении белковых соединений до аммиака. Для них характерно использование широкого круга органических соединений, в том числе сахаров, органических кислот, которые, как правило, они предпочитают белкам. Конечными продуктами жизнедеятельности этих микроорганизмов являются CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и NH<sub>3</sub>.

Численность микроорганизмов различных физиологических групп в золошлаках Кировского золотвала

Место отбора проб	Количество микроорганизмов				
	Аммонификаторы, млн/г	Споровые бациллы, тыс/г	Актиномицеты, млн/г	Микромицеты, тыс/г	Нитрофикаторы, млн/г
Покровный грунт на золоотвале	2,7	460,0	1,2	12,0	1,0
Проба с глубины 20...30 см	2,1	18,5	0,72	12,5	1,0
Проба с середины золоотвала	2,1	73,0	30,0 тыс/г	6,0	0,7
Проба сбоку золоотвала	2,5	22,0	0,28	12,0	1,4

**Споровые бациллы** (*Bacillus*) — род, объединяющий обширную группу строго аэробных грамположительных хемоорганотрофных микроорганизмов палочковидной формы, образующих термоустойчивые эндоспores. В пределах золоотвала наиболее распространенным, типовым видом является *Bacillus subtilis* (сенная палочка). В меньших количествах присутствуют представители *Bacillus megaterium* (капустная бактерия) и *Bacillus mesentericus* (картофельная бактерия). Из нижней части золоотвала выделена *Bacillus niger*. Все они относятся к спорообразующим аэробам. Кроме того, они являются важными продуцентами протеаз, амилаз, аминокислот и некоторых полисахаридов. В процессе жизнедеятельности установленные бациллы осуществляют минерализацию белков, разлагая их до аммиака ( $\text{NH}_3$ ).

**Актиномицеты** (лучистые грибки) относятся к классу *Bacteria*, поскольку у них есть характерные морфологические и физико-химические свойства, сближающие их с истинными бактериями. Они являются переходной формой между бактериями и плесневыми грибами. При размножении актиномицеты образуют мицелий — скопление переплетающихся нитей (гифы). Актиномицеты весьма неприхотливы, развиваются везде, где имеются органические вещества (способны разлагать углеводороды и гумусовые вещества, труднодоступные для других микроорганизмов, расщеплять различные белки). Большинство лучистых грибков гетеротрофны. Они усваивают углерод из клетчатки, органических кислот, полисахаридов, спиртов, крахмала, глицерина и др. Белки разлагаются актиномицетами или до конечных продуктов ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), или до образования промежуточных веществ (пептонов, аминокислот). Интенсивность разложения белков зависит от условий аэрации, состава питательной среды, температуры и других факторов.

**Микромицеты** (плесневые грибки) во всех пробах представлены представителями родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* и др. Все они являются сапротрофами, утилизирующими органические фраг-

менты погибших организмов. Грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium* всегда одними из первых осваивают экологические ниши в зонах катаклизмов. Они обычно доминируют в естественных и искусственных средах с экстремальными условиями (в почвах, загрязненных промышленными отходами, у обочин автомобильных дорог, в штукатурке домов). В отличие от других грибов, *Aspergillus* и *Penicillium* способны повышать спорообразование при отрицательных температурах, что позволяет им быстро распространяться в промерзающих техногенных грунтах.

*Aspergillus* имеют септированный, ветвящийся мицелий. Размножаются в основном бесполом путем, образуя конидии черного, зеленого, желтого или белого цветов. Эти грибки являются строгими аэробами, образуют белые, пушистые колонии. Как правило, предпочитают расти на субстратах с влажностью в пределах от 12 до 16 %. Хотя способны выживать и в более сухих условиях. Микромицеты рода *Aspergillus* относятся к видам, выделяющим токсины. Они являются условно патогенными для человека (*Aspergillus niger*) и патогенными для растений.

*Penicillium* — род грибков, объединяющий виды, характеризующиеся членистым мицелием, несущим на концах конидиеносцы в форме кисти; некоторые виды являются продуцентами пенициллинов. Визуально *Penicillium* наблюдают в виде пятен зеленой плесени.

*Mucor* — мукоровые низшие грибки (фикомицеты) из класса зигомицетов с развитым неклеточным, многоядерным мицелием — широко распространены в почве, развиваются на органических остатках.

**Нитрофикаторы** — бактерии, использующие минеральные формы азота ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ), как правило, образуют колонии, окруженные слизью, состоящие из подвижных и неподвижных клеток, которые размножаются бинарным делением. Все представители этой группы являются гетеротрофами, нуждающимися в углеводном источнике питания, что обуславливает их симбиоз с микроорганизмами, способными разлагать целлюлозу и другие полисахариды.



## Патогенные свойства микроорганизмов

Из всех установленных групп микроорганизмов патогенными свойствами обладают лишь представители споровых бацилл и микромицетов. Это обусловлено особенностями их размножения, которое осуществляется посредством выделения в атмосферу большого количества спор, способных развиваться в живых организмах. Поскольку основным фактором, приводящим к образованию спор, является отсутствие благоприятных условий для роста и развития аэробных микроорганизмов, то золоотвал как никакая другая среда подходит для повышенного спорообразования бактерий и микромицетов. Резкие перепады температур, влажности, солнечное излучение и обедненность среды питательными веществами стимулируют у представителей этих групп процесс спорообразования.

Из споровых бацилл условно патогенными для человека являются *Bacillus subtilis* (сенная палочка) и *Bacillus megaterium* [5]. В отличие от безусловно патогенных они способны оказывать негативное воздействие на организм человека лишь при определенных условиях. Обычно отрицательная реакция наступает в случае ослабления защитных сил организма, вызванного длительным применением антибиотиков широкого спектра действия. В этом случае образующийся избыток бацилл способен вызывать гнойное воспаление локального характера. При обострении язвенной болезни "сенная палочка" также может быть опасной, так как выделяемые ею органические вещества понижают кислотность в желудке, способствуя разрушению слизистой оболочки. Несомненно, негативное влияние *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium* проявляется и в случае аллергической реакции человеческого организма на их присутствие.

Из микромицетов к условно патогенным относятся представители родов *Penicillium*, *Aspergillus* и *Mucor*. Споры грибов проникают в человеческий организм либо аэрогенным путем с пылью, либо при контакте с травмированными участками кожного покрова. Причиной, при которой в принципе не опасные для человека грибы вызывают у него заболевания, является иммунодефицит организма [5]. Ослабленная иммунная система не может приостановить размножение микромицетов, которые становятся фактором агрессии. Компоненты грибковых клеток растворяют органические структуры живых тканей, приводя к их разрушению. Здоровый организм успевает освободиться от клеток грибов по мере их поступления в полости, соединяющиеся с внешней средой, в частности, в органы пищеварения и дыхания. Повышенное поступ-

ление спор грибов в организм возможно при нарушенной экосистеме, когда создаются условия для "надпорогового" скопления колониеобразующих единиц (КОЕ) в единице объема воздуха. По-видимому, при этом количество КОЕ превышает эволюционно сложившиеся возможности очищения организма от них.

Болезни, вызванные плесневыми грибами, именуется по названиям грибов-возбудителей — аспергиллез, пенициллез, мукорози и др. Микозные заболевания могут поражать любые органы и ткани. Как правило, они осложняют различные патологические процессы кожи, слизистых оболочек, внутренних органов. В частности известны случаи, когда легочные формы аспергиллеза и пенициллеза возникали на фоне бронхоэктатической болезни, абсцессов легкого, туберкулеза легких, рака легких, хронического бронхита и др. [1, 4]. В последние годы аспергиллез стал особенно часто наблюдаться у лиц с иммунодефицитами. У ослабленных лиц вначале поражаются легкие, затем в процесс вовлекаются плевра, лимфатические узлы. Током крови аспергиллы могут заноситься в другие органы, образуя там специфические гранулемы, которые обычно абсцедируют. При массивной ингаляции спор аспергилл у лиц с нормальной иммунной системой может возникнуть острая диффузная пневмония, заканчивающаяся самовыздоровлением.

### Мероприятия по подавлению распространения патогенных микроорганизмов

Наличие в черте г. Казани потенциального источника патогенных микроорганизмов, коим является Кировский золоотвал, представляет серьезную экологическую опасность для близко проживающего населения. Поэтому необходимо проводить мероприятия по устранению угрозы аэрального распространения спор бацилл и микромицет.

Поскольку процесс рассеяния спор сродни пылению золоотвала, то и мероприятия по их подавлению могут быть одни и те же. На сегодняшний день все известные работы по пылеподавлению можно подразделить на временные и постоянные. Временные применяются в период наращивания дамб, при выборке золошлакового материала и в случае прекращения эксплуатации одной из секций, постоянные — в период рекультивации отработанного золоотвала. В мелиоративной практике для предотвращения пыления золоотвалов чаще всего применяют дождевание, отсыпку природно-

го грунта на их поверхность и химическое закрепление и уплотнение верхней части отвалов.

Дождевание осуществляется специальными установками или поливочными машинами, в некоторых случаях практикуют временный подъем уровня воды в прудах-осветлителях, которая заливают надводную площадь. Целью этого мероприятия является поддержание золотвала во влажном состоянии, чтобы не допустить дефляцию частичек. Недостаток этого метода с микробиологической точки зрения заключается в следующем. Золошлакоотвалы хорошо дренируют воду, поэтому в заводненном состоянии они будут находиться лишь короткое время, а во влажном — большую часть периода дождевания. Высокая влажность в весенне-летнее время обеспечит оптимальные условия для развития микроорганизмов, что в случае прекращения мероприятий по орошению может вызвать всплеск спорообразования.

Методы закрепления пылящей поверхности минеральными или органическими вяжущими материалами и уплотнением применяются в основном как временные технологические мероприятия. При использовании закрепителей на поверхности отвалов образуется золоминеральная или золополимерная корочка, защищающая их от ветровой эрозии. Снижению выноса золы с поверхности отвала способствует и уплотнение верхнего слоя золошлакового материала с помощью дорожной техники, например виброкатком. Применение этой группы методов для пылеподавления может временно устранить опасность распространения патогенных микроорганизмов. Поэтому их можно рассматривать в качестве сезонного способа снижения биологической опасности.

Изоляция золошлаковых отходов методом отсыпки природного грунта на их поверхности с последующим высевом многолетних трав является наиболее традиционным и широко распространенным методом борьбы с пылением золоотвала. Они с успехом применяются и как временные, и как постоянные технические способы пылеподавления. Дополнительное создание сомкнутого травяного покрова, препятствующего ветровой и водной эрозии, практически полностью исключает пыление золоотвала. Использование этого метода является наиболее рациональным и для подавления распро-

странения спорных микроорганизмов. Почвогрунтовый слой и травостой будут сдерживать распространение бацилл и микромицет в приземном слое атмосферы. Кроме того, они создадут условия для развития почвенной биоты, которая сможет успешно конкурировать с патогенными организмами либо переориентировать их на другой механизм размножения (при недостатке пищевых ресурсов микромицеты размножаются мицелиями).

### Выводы

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1. В пределах Кировского золоотвала образовался своеобразный микробиоценоз, состоящий из микромицет, актиномицет, спорных бацилл, аммонификаторов и бактерий, использующих минеральные формы азота.

2. В основе существования микробиоценоза лежат органические вещества, содержащиеся в золых частичках (недожег), и углеводородные компоненты нефтепродуктов, которые обеспечивают углеводным питанием первичные продуценты — аммонифицирующие бактерии и актиномицет.

3. Из всех установленных микроорганизмов патогенными свойствами обладают представители спорных бацилл и микромицетов, что обусловлено их спорным способом размножения.

4. В целях предотвращения распространения патогенных микроорганизмов рекомендуется проводить своевременную рекультивацию золоотвала. Мероприятия по снижению пыления золовых отвалов одновременно будут подавлять и рассеивать спор бацилл и микромицетов.

### Список литературы

1. Власов П. В., Шейх Ж. В. Грибковые пневмонии // Медицинская визуализация. — 2004. — № 2. — С. 57–64.
2. Колешко О. И. Экология микроорганизмов почвы. Лабораторный практикум. — Минск: Высшая школа, 1981. — 175 с.
3. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. — Л.: Наука, 1967. — 303 с.
4. Митрофанов В. С. Клинические формы и дифференцированная терапия аспергиллеза легких. Автореф. дис. канд. мед. наук. СПб, 1999.
5. Поздеев О. К., Покровский В. И. Медицинская микробиология. — М.: ГЕОТАР-МЕД, 2001. — 765 с.
6. Теппр Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. — М.: Колос, 1993. — 175 с.
7. <http://www.laborant.net/specialist/publications/lamboxarticle/83/>



УДК 504.06:534.83

**М. П. Козочкин**, д-р техн. наук, проф.,  
**Ф. С. Сабиров**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
**И. А. Поваров**, асп., **А. В. Мисюков**, магистрант, МГТУ "СТАНКИН"  
E-mail: FANIRA5057@yandex.ru

## Снижение виброакустической активности машин с помощью моделирования динамической системы

*Снижение шума и вибраций машин, особенно используемых в быту, является сложной задачей, где приходится искать компромиссное решение между качеством экологических показателей и стоимостью. Исследование причин виброакустической активности машин и путей рациональной модернизации конструкции с помощью математического и физического моделирования показано на примере садового трактора.*

**Ключевые слова:** шум, вибрации, виброакустическая активность, упругая система, жесткость, демпфирование, амплитудно-частотная характеристика

**Kozochkin M. P., Sabirov F. S., Povarov I. A., Misukov A. V. Decrease of machines vibroacoustic activity by means of dynamic system modeling**

*Decrease of noise and vibrations of the machines especially household one is a great challenge where it is necessary to search for the compromise solution between quality of ecological indicators and cost. Research of the vibroacoustic reasons and the ways of rational design modernization by means of mathematical and physical modeling is shown on an example of a garden tractor.*

**Keywords:** noise, vibration, vibroacoustic, elastic system, stiffness, damping effect, amplitude frequency response

Трактор-косилка модели AJ 5190 является типовой машиной для применения в садово-парковом хозяйстве и на дачных участках. Основные нарекания со стороны потребителей касаются повышенного шума, излучаемого трактором в окружающую среду, и вибраций, воздействующих на руки и ноги оператора в процессе работы трактора. Задача снижения шума и вибраций машины осложняется тем, что варианты ее решения не должны приводить к значительному росту веса машины и цены. Такая постановка задачи требует тщательных предварительных исследований, позволяющих подойти к модернизации конструкции с вариантами решений,

близкими к оптимальному. Одним из доступных подходов к решению таких задач является моделирование, которое может быть математическим и натурным.

Исследования начинаются с поиска основной причины повышенного шума и вибраций. На рис. 1 показаны 1/3 октавные спектры шума трактора на максимальных и средних оборотах двигателя (кривые 1 и 2), кривая 3 показывает границы санитарных норм [1] для рабочего места. Шум измерялся на расстоянии 1 м над трактором. Видно, что в области частот выше 250 Гц санитарные нормы превышаются, а на частотах в районе 2000 Гц это превышение составляет 20 дБ. В области низких частот видны локальные максимумы, группирующиеся в районе частот 100, 50 и 25 Гц. Следует отметить, что показанные на рис. 1 санитарные нормы предназначены для производственных помещений, в бытовых условиях требования к комфортным условиям гораздо выше.

Поскольку при работе трактора на холостом ходу единственным источником колебательной энергии является двигатель трактора, то с его корпуса был записан сигнал виброускорения. Фрагмент записи показан на поле рис. 1. Там же показаны отметки верхней мертвой точки (ВМТ) поршня цилиндра (двигатель имеет один цилиндр). По записи видно, что работа двигателя носит пульсирующий характер, определяемый возвратно-поступательным движением поршня вдоль оси. При работе двигателя

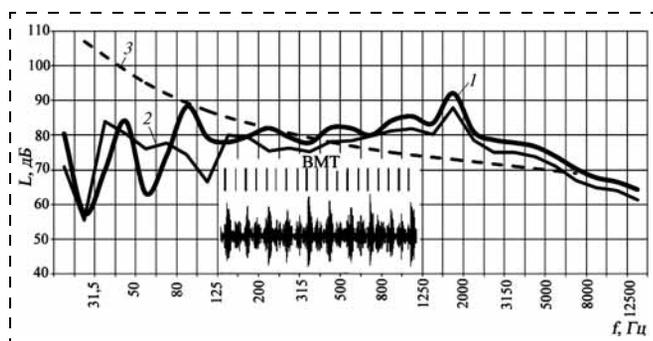


Рис. 1. Третьоктавные спектры звукового давления при работе двигателя на максимальных и средних оборотах

происходят две смены направления движения поршня за один оборот (отсюда появляется вторая гармоника частоты вращения двигателя) и одна вспышка топлива на два оборота (отсюда в спектре появляется половинная частота возмущающего воздействия). Эти процессы создают соответствующую модуляцию сигналов, фиксируемых на двигателе. Движение поршня происходит не в идеальных условиях. Оно сопровождается рывками и ударами поршня о стенки цилиндра, ударами клапанов, ударами в зазорах подвижных соединений. Ускорение, регистрируемое на поверхностях двигателя, дает широкий спектр вибраций, доходящий до 4 кГц, что свидетельствует о наличии ударных процессов, сопровождающих работу двигателя. Возникающие вибрации передаются на упругую систему всей машины и возбуждают в ее деталях колебания в соответствии с их частотными характеристиками.

В качестве контрольных точек, где оператор соприкасается с вибрирующими деталями машины, выступают точки контакта с рулем, подножками и сиденьем. Особые нарекания вызывают вибрации руля и подножек. Максимумы динамической податливости — амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) этих элементов лежат в диапазоне оборотных частот двигателя и его половинной и второй гармоник. Например, первая собственная частота двигателя, закрепленного на раме, составляет 23 Гц, собственная частота подножки — 90 Гц, руля — 17 Гц.

Для изменения виброакустических характеристик машины без изменения динамических характеристик источника возмущений можно пытаться менять жесткость элементов конструкции, демпфирование, вводить виброизоляцию. Без предварительного анализа сразу найти рациональное решение трудно. На помощь приходит математическое моделирование важнейших элементов машины. В качестве таких элементов применительно к вибрациям на подножках были выделены двигатель, рама трактора и ноги оператора. В результате получилась трехмассовая модель, показанная на рис. 2.

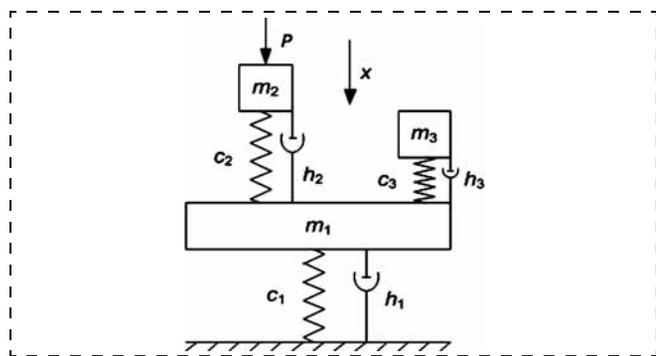


Рис. 2. Упрощенная динамическая модель трактора

Поршень двигателя движется в горизонтальной плоскости, но так как точки крепления двигателя к раме машины расположены значительно ниже оси цилиндра, на раму со стороны двигателя передается периодически меняющийся крутящий момент, стремящийся сместить контрольные точки на подножках в вертикальном направлении. Это наблюдение позволило в упрощенном варианте модели воздействие со стороны двигателя заменить периодической возмущающей силой  $P$  (см. рис. 2).

Обозначения на рис. 2 соответствуют:  $C_i$  — жесткость крепления элементов с массой  $m_i$ ;  $m_1$  — масса рамы трактора,  $m_2$  — масса двигателя,  $m_3$  — масса ноги оператора, опирающейся на подножку;  $h_i$  — коэффициент вязкого сопротивления (демпфирования) среды в механизме присоединения выделенных узлов:  $h_1$  — рамы трактора,  $h_2$  — двигателя,  $h_3$  — ноги оператора, опирающейся на подножку.

Численные значения динамических характеристик задавались следующим образом. Масса элементов определялась по технической документации, коэффициент вязкого сопротивления оценивался по логарифмическому коэффициенту затухания, получаемому на основании экспериментальных данных при анализе процесса затухания колебаний при определении собственных частот узлов, жесткость определялась по формуле, связывающей частоту собственных колебаний с массой и жесткостью системы [2]. В результате экспериментов и расчетов были получены исходные данные, приведенные в табл. 1.

Система уравнений, описывающих динамическую систему на рис. 2, будет выглядеть так:

$$\begin{aligned} m_1 d^2 x_1 / dt^2 + h_1 x_1 + h_2 (dx_1 / dt - dx_2 / dt) + \\ + h_3 (dx_1 / dt - dx_3 / dt) + c_1 x_1 + c_2 (x_1 - x_2) + \\ + c_3 (x_1 - x_3) = 0; \\ m_2 d^2 x_2 / dt^2 + h_2 (dx_2 / dt - dx_1 / dt) + \\ + c_2 (x_2 - x_1) = P \sin \omega t; \\ m_3 d^2 x_3 / dt^2 + h_3 (dx_3 / dt - dx_1 / dt) + c_3 (x_3 - x_1) = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Входящая в систему (1) возмущающая сила  $P$ , изменяющаяся по гармоническому закону с круговой частотой  $\omega$ , имитирует работу поршня. При

Таблица 1

Численные характеристики динамической модели

Номер узла	Масса, кг	Жесткость, кг/с <sup>2</sup>	Коэффициент вязкого сопротивления, кг/с
1	100	$200 \cdot 10^3$	$5,7 \cdot 10^2$
2	50	$600 \cdot 10^3$	$1,75 \cdot 10^2$
3	20	$1000 \cdot 10^3$	$0,7 \cdot 10^2$



построении АЧХ динамических звеньев амплитуда силы сохранялась постоянной, а частота менялась в диапазоне от 0 до 100 Гц, т. е. в том диапазоне, где присутствуют вынужденные вибрации оборотной частоты и соответствующие гармоники.

Система уравнений (1) — это линейная система дифференциальных уравнений, решать которую удобно в среде программной системы MATLAB Simulinc. На рис. 3 показаны схемы решений системы уравнений (1) в этой среде, позволяющие

рассчитать АЧХ отдельных звеньев динамической модели, проварьировать исходные параметры динамических звеньев модели и посмотреть достигнутые изменения в АЧХ.

В результате решения системы уравнений (1), описывающей динамику системы, была построена АЧХ для массы  $m_3$ , которая имитирует ногу оператора, а получаемая АЧХ канала передачи энергии от двигателя на массу  $m_3$  свидетельствует о его экологическом качестве. На рис. 4 показана АЧХ

массы  $m_3$  в исходном состоянии (кривая 1). Три пика на графике АЧХ соответствуют трем собственным частотам динамической системы. По вертикальной оси графика показаны значения амплитудно-частотной характеристики  $A$  в условных линейных единицах, отображающие податливость динамической системы относительно ног оператора. Значения АЧХ (кривая 1) можно сравнить со значениями АЧХ, полученными после введения вариантов виброизоляции. Кривая 2 показывает, как изменится АЧХ упругой системы после введения виброизоляции массы  $m_2$  за счет снижения жесткости крепления в 6 раз и увеличения коэффициента демпфирования в 2 раза. Сравнивая кривые 1 и 2, можно увидеть, что значения АЧХ для  $m_3$  на частоте 40 Гц уменьшились почти в 8 раз. Это наиболее опасная частота. Пики АЧХ ниже 10 Гц выросли, но в этой области нет больших возмущений со стороны двигателя.

На рис. 5 показано изменение АЧХ массы  $m_3$  при увеличении коэффициента демпфирования виброизоляции в месте крепления массы  $m_2$  еще в 2 раза. Сравнивая кривую 3 на рис. 5 с кривой 2 на рис. 4, можно увидеть, что введение дополнительного демпфирования незначительно снизило АЧХ на частоте 40 Гц и снизило АЧХ на низких частотах чуть более 20 %.

На рис. 6 показана АЧХ после увеличения жесткости виброизоляции в 2 раза по сравнению с АЧХ на кривой 3 (рис. 5).

Сравнение кривой 4 (см.рис. 6) с кривой 3 (см. рис. 5) показывает, что увеличение жесткости виброизоляции привело к увеличению собст-

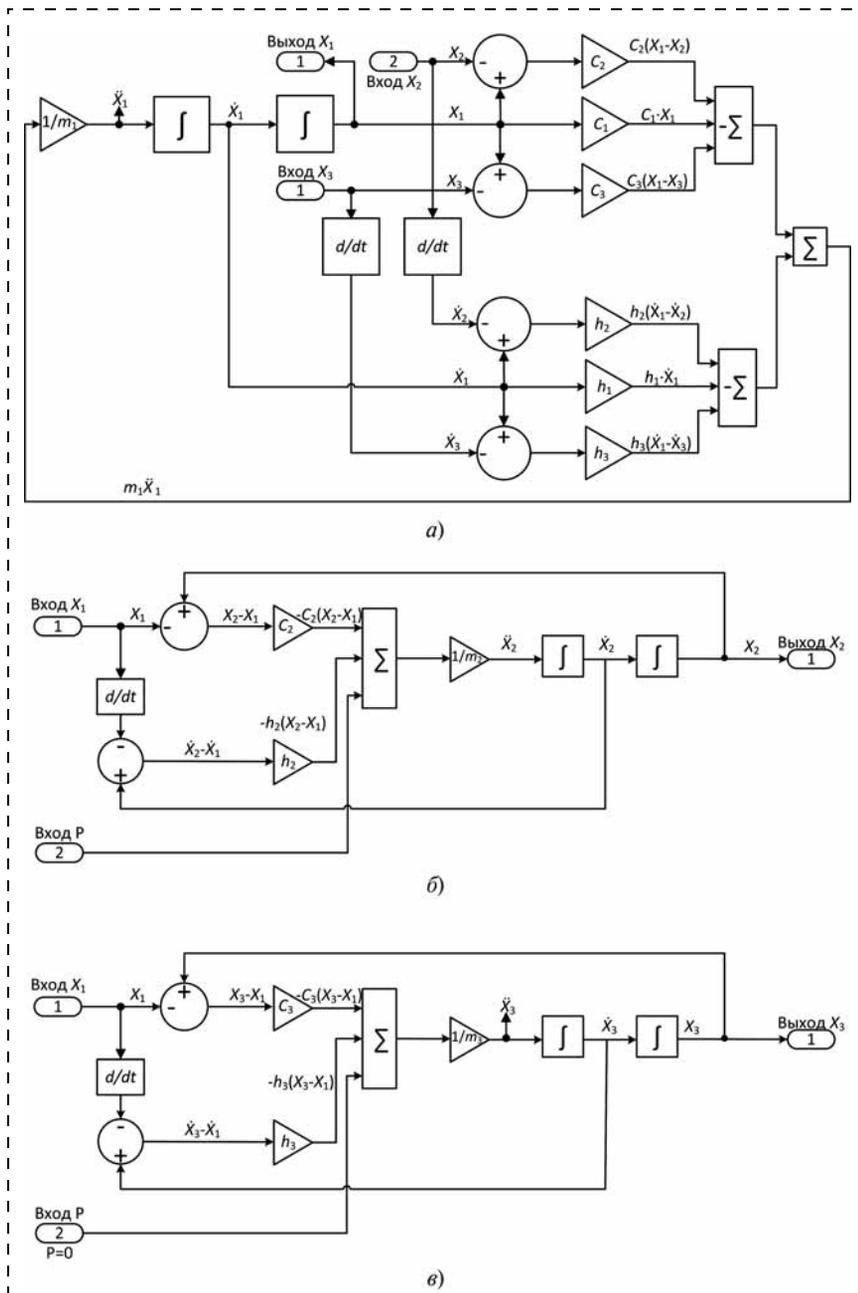


Рис. 3. Схемы для решения системы уравнений (1):

а, б, в — схемы, описывающие движение масс: а —  $m_1$ ; б —  $m_2$ ; в —  $m_3$

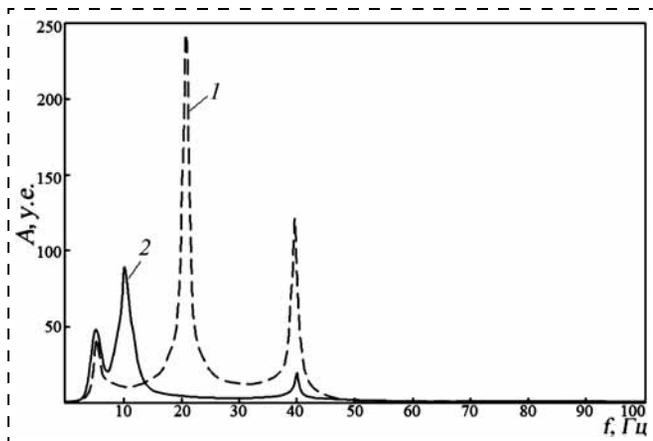


Рис. 4. АЧХ массы  $m_3$  в исходном положении (кривая 1) и после введения виброизоляции массы  $m_2$  (кривая 2)

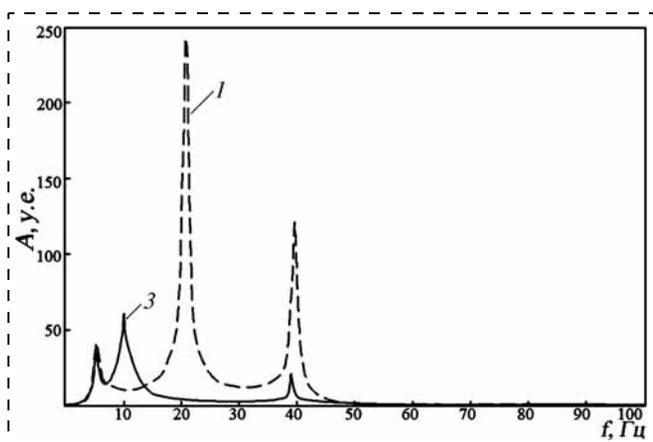


Рис. 5. АЧХ массы  $m_3$  в исходном положении (кривая 1) и после увеличения коэффициента демпфирования еще в 2 раза (кривая 3)

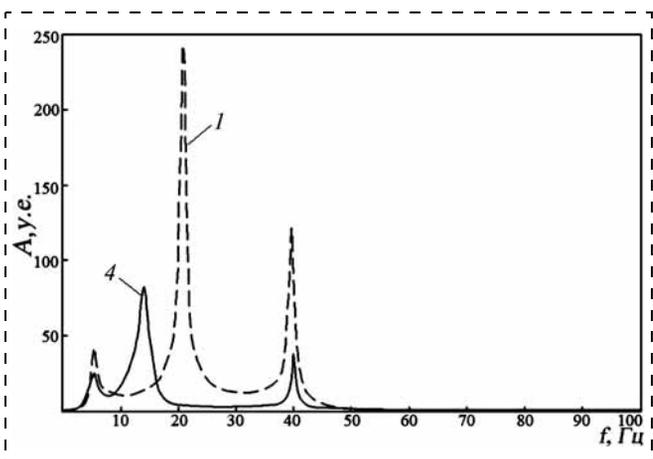


Рис. 6. АЧХ массы  $m_3$  в исходном положении (кривая 1) и после увеличения жесткости виброизоляции в 2 раза по отношению к АЧХ на рис. 5

венной частоты двигателя на 40 % и амплитуды АЧХ для массы  $m_3$  в районе частоты 13 Гц почти на 40 %. Амплитуда АЧХ на частоте 40 Гц выросла почти в 2 раза.

Исследования с помощью математической модели позволили установить, что изменение коэффициента демпфирования в местах крепления узлов мало влияет на передачу колебаний к подножкам машины. Основное влияние оказывает изменение жесткости виброизоляции. В модели можно еще менять жесткость и демпфирование в месте крепления массы  $m_3$ . Однако расчеты показали, что из-за относительной малости массы  $m_3$  для получения эффекта снижения амплитуды колебаний в контрольных точках потребуется значительное уменьшение жесткости крепления массы  $m_3$ . Конструктивно это выливается в создание толстых и мягких прокладок в местах расположения ног оператора. Это может создавать неудобства при эксплуатации машины, делая позицию ног неустойчивой в горизонтальном направлении.

В рамках математического моделирования предполагалось, что представленная массой  $m_1$  рама трактора сама является недеформируемой. На практике это не так. Рама сделана из листового металла путем соединения отдельных штампованных деталей. В связи с этим крепление двигателя осуществляется к гибкой поверхности, которая при работе двигателя деформируется, передавая колебательную энергию на другие элементы конструкции, излучающие шумовую энергию в окружающее пространство.

Для приближения существующей конструкции к допущениям, принятым при моделировании, было предложено решение, заключающееся в укреплении каркаса рамы трактора путем повышения жесткости контура. Этого можно добиться с помощью использования по контуру рамы профильных элементов в виде уголка, швеллера или трубы. Такая мера мало повлияет на увеличение массы всей рамы, но позволит перенести точки крепления двигателя в область жесткого контура. Поскольку места крепления на корпусе двигателя предусмотрены уже в состоянии поставки, то для изменения расположения мест соединения с рамой трактора было предложено ввести подмоторную раму, выполненную из профильных элементов для обеспечения ее жесткости. Двигатель жестко крепится к подмоторной раме, которая опирается на жесткий контур рамы трактора и крепится к контуру в удобных для этих целей точках. Такое решение позволило увеличить расстояние между этими точками. Это, в свою очередь, позволило в опорах подмоторной рамы уменьшить реакции, возникающие



Таблица 2

## Результаты, полученные для разных вариантов моделей рамы

Номер варианта	Описание изменений	Эффективность по отношению к исходному варианту конструкции
1	Исходный вариант конструкции	0
2	Введение подмоторной рамы	Уменьшение амплитуды АЧХ на подножке на 10 дБ
3	Увеличение жесткости контура основной рамы в 2 раза	Уменьшение амплитуды АЧХ на подножке на 20 дБ
4	Крепление подмоторной рамы к основной с помощью прокладки	Уменьшение амплитуды колебаний поверхностей рамы в области звуковых частот около 20 дБ

для компенсации крутящего момента, воздействующего на раму при работе двигателя.

Для проверки описанного решения была создана и испытана физическая модель рамы в уменьшенном в 2 раза масштабе. Двигатель был заменен на металлический параллелепипед, масса которого была меньше массы двигателя в 8 раз. Работа поршня имитировалась ударами динамометрического молотка по оси цилиндра. Акселерометр устанавливался в разных контрольных точках модели, но основное внимание было уделено контрольной точке на правой подножке. По результатам замеров сигналов с акселерометра и динамометрического молотка строились АЧХ [3], которые сравнивались между собой. Результаты обработки для правой подножки показаны в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что введение подмоторной рамы и увеличение жесткости контура основной рамы могут дать снижение вибраций на подножках до комфортного уровня даже без введения виброизолирующих прокладок в местах соединения основной и подмоторной рам. Однако создание жестких рам приведет к смещению собственных частот упругой системы в область, приближенную к критическим звуковым частотам. Введение тонких прокладок в местах соединения рам позволяет снизить передачу колебаний звукового диапазона на 20 дБ, что завершает решение проблемы. Для оптимизации проблемы выбора рациональной модернизации основной рамы (в частности, изменения жесткости ее контура) проводились исследования с помощью метода конечных элементов [4, 5].

В процессе расчетов и экспериментов были исследованы еще две проблемы, связанные с асимметрией колебаний на правой и левой подножках и со смещением горизонтальной оси двигателя относительно направления движения машины. Было

установлено, что асимметрия колебаний связана с несимметричными вырезами в поверхности рамы под рычаги управления. Увеличение жесткости рамы и введение подмоторной рамы не позволяют полностью исключить асимметрию колебаний, но могут значительно снизить амплитуду и тем самым устранить негативное влияние на оператора. Сделать это за счет смещения оси двигателя не удастся.

В начале статьи упоминались контрольные точки на руле. В результате проведенных исследований было установлено, что вибрации на руле возникают в результате поступления колебательной энергии со стороны основной рамы, на которой крепится рулевая колонка. В результате осуществления описанных выше мероприятий вибрации основной рамы значительно снижаются, т. е. уменьшаются возмущающие воздействия на рулевую колонку со стороны рамы. Уменьшение вибраций руля даже без дополнительных мероприятий по изменению крепления рулевой колонки должно быть того же порядка, что и вибраций на подножках. Для дополнительного повышения комфортности могут быть проведены дополнительные мероприятия по выносу точек крепления рулевой колонки на жесткие края основной рамы или изменению жесткости крепления деталей рулевой системы, например, за счет введения упругих муфт.

### Краткие выводы

1. Исследования, проведенные с помощью математического и физического моделирования, позволили найти рациональные варианты решения проблемы снижения шума и вибраций машины.
2. Увеличение жесткости рамы трактора по углам конструкции способно снизить амплитуду колебаний на подножках в области оборотных частот до 10 раз.
3. Введение подмоторной рамы, к которой жестко крепится двигатель, опирающийся на угловую (наиболее жесткую) часть конструкции рамы трактора, позволяет снизить вибрации на подножках в области оборотных частот до 10 дБ.
4. Установка тонких прокладок между подмоторной рамой и основной рамой трактора позволяет значительно (до 20 дБ) снизить передачу вибраций звуковой частоты от двигателя к раме трактора. Потребность в прокладках может появиться при ужесточении конструкции рамы трактора. Это дает снижение податливости на нижних частотах, но смещает резонансы в более высокочастотную область, что может вызвать повышение шумоизлучения от рамы трактора и от прикрепляемых к ней корпусных деталей.
5. Асимметрия конструкции рамы трактора приводит к тому, что при работе двигателя наблюдаются вибрации левой и правой подножек в противо-

фазе. Это явление не исчезает даже при повышении жесткости конструкции рамы трактора, при введении подмоторной рамы и при ее установке на прокладку. Косое расположение двигателя усугубляет ситуацию при нежесткой раме трактора и оказывает минимальное влияние при жесткой раме.

6. Если введение предложенных мер позволит уменьшить амплитуду вибраций на раме трактора, то даже без переделки механизма крепления рулевой колонки на раме можно значительно снизить уровень вибраций на руле. Дополнение рулевой колонки конструкциями, препятствующими передаче вибраций от рамы к рулю, позволит сделать условия работы оператора еще более комфортными.

#### Список литературы

1. ГОСТ 12.1.003—83. ССБТ Шум. Общие требования безопасности. — М.: Издательство стандартов, 1996. — 10 с.
2. Kochinev N. A., Sabirov F. S. Quasi-static method of measuring the balance of elastic displacements of the supporting system of machine tools // Measurement techniques. Springer New York. — 2006. — Vol. 49. — N 6. — P. 572—578.
3. Сабиров Ф. С. Оценка виброустойчивости станков перед ремонтом с помощью импульсного воздействия // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2009. — № 12. — С. 42—47.
4. Козочкин М. П., Галузо Е. А., Щеглов А. А. Технология рациональной модернизации упругой системы машины для снижения вибраций в контрольных точках // Справочник. Инженерный журнал. — 2010. — № 2. — С. 14—18.
5. Козочкин М. П., Сабиров Ф. С. Обеспечение санитарных норм по вибрации на основе моделирования несущей системы машины / Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 8. — С. 2—5.

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

УДК 614.841.42

**В. Ф. Колпаков**, канд. техн. наук, доц., Московский городской психолого-педагогический университет, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова

E-mail: v.kolpakov53@mail.ru, тел. 8-916-644-71-84

### Параметрическая идентификация модели лесных пожаров

*Рассматривается один из подходов синтеза математической модели лесного пожара, учитывающей изменение атмосферных условий в виде дождя и ветровых возмущений. В качестве инструмента идентификации предложен метод, являющийся развитием дискретного фильтра Калмана. Работоспособность и эффективность предложенного метода оценивания параметров модели продемонстрирована с помощью численного эксперимента.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, лесные пожары, динамическая модель, ветровые и дождевые возмущения, идентификация параметров модели, дискретно-непрерывный метод

**Kolpakov V. F. Parametric identification of models of forest fires**

*This paper considers one approach the synthesis of a mathematical model of a forest fire, taking into account the change in weather conditions as rain and wind loads. As a tool to identify the proposed method, a development of the discrete Kalman filter. The efficiency and effectiveness of the proposed method of estimating the parameters of the model demonstrated by numerical simulation.*

**Keywords:** mathematical modeling, forest fires, dynamic model, wind and rain perturbation, identification of model parameters, discrete-continuous method

Наличие достоверного прогноза распространения и развития лесного пожара позволяет оценить угрозу природной среде, объектам экономики и населенным пунктам, принять необходимые меры по предотвращению ущерба, спланировать работу противопожарных сил. В настоящее время прогнозирование лесных пожаров ведется с использованием математических моделей и компьютерной техники. Однако имеется ряд трудностей в решении этой проблемы:

— сложный характер и изменчивость поведения крупных многодневных лесных пожаров, которые развиваются на большой площади в изменяющихся природных и погодных условиях;

— недостаточная или неточная информация о характеристиках леса, топографии местности, локальных метеоданных;

— значительные ошибки измерения параметров пожара.



Кроме того, существующие модели являются, как правило, разомкнутыми, т. е. не содержат управляющей функции, что не позволяет осуществлять прогноз пожарной обстановки, учитывающий активное воздействие сил и средств по ликвидации пожара.

На основании прогноза развития пожара с учетом лесопирологической характеристики участков, окружающих пожар, с учетом возможных опорных линий (рек, ручьев, лошин, дорог и пр.) составляется план, определяются приемы и способы остановки пожара.

Наиболее сложной и трудоемкой задачей является локализация пожара. Как правило, локализация лесного пожара проводится в два этапа. На первом этапе осуществляется остановка распространения пожара путем непосредственного воздействия на его горящую кромку. На втором этапе производится прокладка заградительных полос и канав, обрабатываются периферийные области пожара с целью исключения возможности возобновления его распространения. Локализованными считаются только те пожары, вокруг которых проложены заградительные полосы.

В силу вышеизложенного в качестве управляющей функции был выбран объем выполненных работ в виде заградительной полосы.

Ниже описана предлагаемая структура замкнутой динамической модели лесного пожара с учетом изменения атмосферных условий и дана оценка возможности идентификации параметров этой модели.

### Математическая модель

В работе [2] была предложена и обоснована динамическая модель лесного пожара:

$$\dot{S}(t) = \alpha(t)S^{1/2}(t) - k(t)u(t), \quad (1)$$

где  $S(t)$  — площадь леса, охваченная пожаром;  $u(t)$  — управление (длина заградительной полосы);  $\alpha(t)$  — интенсивность распространения пожара;  $k(t)$  — коэффициент интенсивности управления;  $t$  — время.

В модели для простоты моделирования интенсивность распространения пожара  $\alpha(t)$  принималась неизменной. Однако коэффициент  $\alpha(t)$ , характеризующий скорость распространения пожара по радиусу, является некой функцией климатических условий, в которых происходит пожар, в частности зависит от дождя, силы и направления ветра. Причем очевидно, что ветер способствует повышению эффективности распространения пожара, а дождь — ослаблению распространения пожара. Дождь может на определенных этапах развития пожара полностью ликвидировать очаг возгорания.

Для учета этих факторов предлагается в модели коэффициент  $\alpha(t)$  представить в виде:

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \alpha_1 u_1(t) + \alpha_2 u_2(t), \quad (2)$$

где  $u_1(t)$  — ветровое возмущение (скорость ветра, м/с);  $u_2(t)$  — интенсивность дождевых осадков, мм/ч;  $\alpha_0$  — коэффициент, учитывающий особенности лесного массива и подстилающей поверхности;  $\alpha_1, \alpha_2$  — коэффициенты влияния ветра и дождя на интенсивность распространения пожара.

Таким образом, динамика лесного пожара при его тушении с помощью заградительной полосы с учетом атмосферных условий примет вид:

$$\dot{S}(t) = (\alpha_0 + \alpha_1 u_1(t) + \alpha_2 u_2(t))S^{1/2}(t) - k(t)u(t). \quad (3)$$

Следующим этапом разработки достоверной математической модели является идентификация параметров модели (коэффициентов  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, k$ ). В статье [2] была осуществлена идентификация коэффициентов модели (1)  $\alpha, k$  по результатам наблюдения за параметрами пожара  $S(t)$  и управления  $u(t)$  с использованием стандартной процедуры Mathcad Minerr [5].

Для идентификации модели (3) необходима еще и информация о ветровых и дождевых воздействиях за весь период тушения лесного пожара. В связи с тем, что не удалось найти информацию о реальных пожарах, содержащих измерения вектора ветра и интенсивности осадков, рассмотрим возможность идентификации параметров модели (3) с помощью модельного эксперимента.

Суть модельного эксперимента заключается в следующем. Характеристики "реального" пожара формируются с помощью так называемой "подыгрывающей" модели, в качестве которой используется модель (3) с заранее заданными параметрами и известными измерениями всех управляющих воздействий. Учитывая, что модель не может отражать всех особенностей реального пожара и измерение характеристик пожара осуществляется с ошибками, для моделирования "реального" объекта исследования была использована модель вида:

$$\dot{S}(t) = (\alpha_0 + \alpha_1 u_1(t) + \alpha_2 u_2(t))S^{1/2}(t) - k(t)u(t) + \eta(t), \quad (4)$$

где  $\eta(t)$  — возмущение, действующее на объект (неучтенные факторы, влияющие на процесс пожара).

В модели (4) коэффициенты  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, k$  заранее заданы (известны) и принимаются за истинные значения. Кроме того, формируются модельно "известные" управляющие воздействия в процессе ликвидации пожара:  $u(t), u_1(t), u_2(t)$ . Так как измерение выходной координаты  $S(t)$  и управлений

осуществляются также с ошибками, то предлагается следующая модель измерений:

$$Z_S = S + \mu_S, \quad (5)$$

$$Z_u = u + \mu_u, \quad (6)$$

$$Z_{u_1} = u_1 + \mu_{u_1}, \quad (7)$$

$$Z_{u_2} = u_2 + \mu_{u_2}, \quad (8)$$

где  $Z_S, Z_u, Z_{u_1}, Z_{u_2}$  — измерения соответствующих характеристик пожара;  $\mu_S, \mu_u, \mu_{u_1}, \mu_{u_2}$  — ошибки соответствующих измерений.

Предполагалось, что ошибки являются независимыми, центрированными и имеют нормальное распределение, т. е.

$$\eta(t) \in N(0, \sigma_\eta^2), \quad (9)$$

$$\mu_j(t) \in N(0, \sigma_j^2), \quad (10)$$

где под индексом  $j$  понимается  $S, u, u_1, u_2$ , дисперсии ошибок  $\sigma_\eta^2, \sigma_j^2$  — принимаются известными величинами.

Модельная имитация параметров лесного пожара с учетом ветровых и дождевых возмущений при его ликвидации с помощью заградительной полосы была реализована в среде Mathcad. Для моделирования возмущения  $\eta(t)$  и ошибок измерений в модели (5)—(8) была использована встроен-

ная функция  $rnorm(N, m, \sigma)$ , возвращающая вектор  $N$  независимых случайных чисел, каждое из которых имеет нормальное распределение с математическим ожиданием  $m$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma$ . Массивы измерений соответствующих сигналов представлены в виде графиков на рис. 1.

В эксперименте "истинные" значения параметров принимались следующими:  $k = 0,5$ ;  $\alpha_0 = 1,36$ ;  $\alpha_1 = 0,2$ ;  $\alpha_2 = -0,2$ .

### Идентификация параметров модели

Под идентификацией понимается получение или уточнение по экспериментальным данным параметров математической модели реального объекта.

В статье [2] была осуществлена идентификация параметров модели пожара вида (1), где оценивались коэффициенты  $\alpha$  и  $k$  с использованием стандартной процедуры Minerr. Здесь же идентификации подлежат четыре коэффициента:  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, k$ . В связи с тем, что методы итерационной коррекции, реализованные в процедуре Minerr, ориентированы на поиск локального минимума, и для успешного решения задачи необходимо достаточно хорошее начальное приближение оцениваемых параметров, то возникают сомнения в состоятельности и несмещенности этих оценок. Данная проблема обусловлена в первую очередь тем, что оценивается значительное число параметров нелинейного и неустойчивого (без управления) динамического объекта, коим является модель вида (4).

Для решения этой проблемы предлагается использовать дискретно-непрерывный метод идентификации [3], базирующийся на известных соотношениях дискретного линейного фильтра Калмана [1]. Свое название этот метод получил в силу того, что модель динамического объекта представлена в непрерывном времени, а измерения координат состояния и управления — в дискретном времени.

#### Дискретно-непрерывный метод идентификации

Задача идентификации — по результатам наблюдений над входными и выходными координатами должна быть построена оптимальная в некотором смысле модель этой системы.

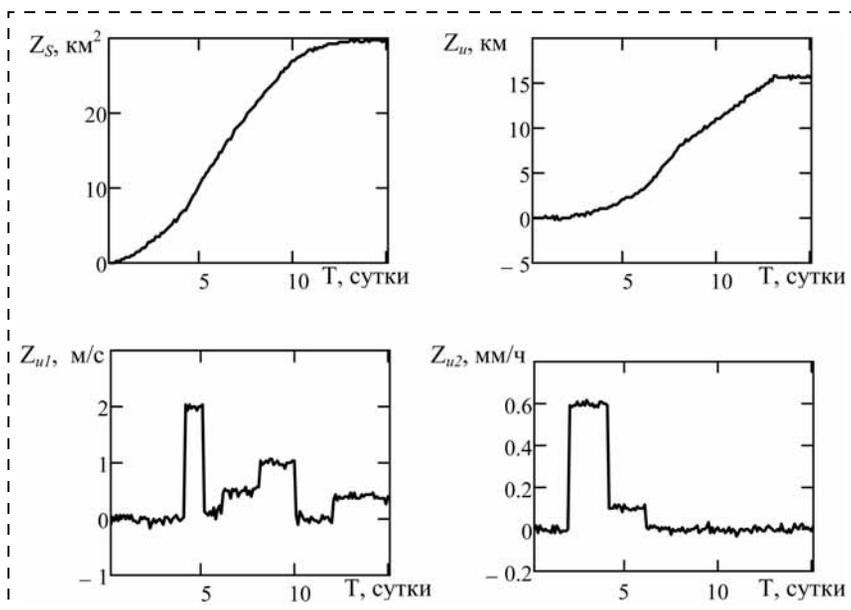


Рис. 1. Измерения параметров пожара:

$Z_S$  — площадь пожара;  $Z_u$  — длина заградительной полосы;  $Z_{u1}$  — скорость ветра;  $Z_{u2}$  — интенсивность дождевых осадков



Динамический объект описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений в непрерывном времени:

$$\dot{y}(t) = f(y, a, u, t) + \omega(t), \quad (11)$$

где  $y = [y_1 \ y_2 \ \dots \ y_p]^T$  — вектор координат состояния системы;  $f(y, a, u, t)$  —  $p$ -мерная векторозначная функция;  $a = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_q]^T$  —  $q$ -мерный неизвестный вектор параметров модели (коэффициентов), который необходимо оценить;  $u = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_m]^T$  —  $m$ -мерный входной вектор (управление);  $\omega(t)$  — "белый шум" с нулевым математическим ожиданием и матрицей интенсивности.

Модель измерений вектора состояния:

$$z_k = Hy_k + v_k, \quad k = 1, 2, \dots \quad (12)$$

Модель измерений вектора управления:

$$u_k^* = u_k + \eta_k, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (13)$$

где  $z_k$  —  $r$ -мерный вектор измерения  $y(t)$  в момент времени  $t_k$ ;  $H$  — матрица связи вектора измерений с координатами состояния;  $u_k^*$  —  $m$ -мерный вектор измерения входного сигнала;  $v_k, \eta_k$  — независимые последовательности центрированных случайных векторов с корреляционными матрицами, соответственно  $v_z(k), v_u(k)$ .

*Основное допущение идентификации:* коэффициенты математической модели  $a = \text{const}$  на интервале наблюдений, т. е.

$$\dot{a}(t) = 0. \quad (14)$$

Объединим в систему равенства (11) и (14)

$$\begin{cases} \dot{y}(t) = f(y, a, u, t) + \omega(t) \\ \dot{a}(t) = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Систему (15) можно записать в виде:

$$\dot{x}(t) = \varphi(x, u, t) + \xi(t), \quad (16)$$

где  $x(t) = [y^T(t) a^T]^T$  — объединенный вектор размерности  $n = p + q$ ;  $\varphi(x, u, t) = \begin{pmatrix} f(x, u, t) \\ 0 \end{pmatrix}$  —  $n$ -мерная

векторозначная функция;  $\xi(t) = \begin{pmatrix} \omega(t) \\ 0 \end{pmatrix}$  — вектор шумов системы (15) с матрицей интенсивности

$$S_\xi = \begin{pmatrix} S_\omega & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Здесь  $0$  — нулевые матрицы соответствующих размерностей.

Уравнение наблюдений вектора  $x(t)$  в этом случае будет

$$z_k = \tilde{H}x_k + v_k, \quad k = 1, 2, \dots \quad (17)$$

Так как координаты вектора  $a$  не измеряются, то матрица  $\tilde{H}$  включает в себя исходную матрицу  $H$  и нулевую матрицу размером  $r \times q$ :  $\tilde{H} = [H \ : \ 0]$ .

Задача идентификации свелась к задаче нелинейного оценивания вектора  $x(t)$  по измеренным наблюдениям вектора состояния  $y(t)$  (17) в дискретные моменты времени  $t_k, k = 1, 2, \dots$

Если найти дискретный линейный аналог (16) относительно опорной точки, то для оценивания вектора  $x(t)$  можно применить известный линейный дискретный алгоритм фильтра Калмана [1].

#### *Идентификация параметров модели лесного пожара с использованием дискретно-непрерывного метода*

Исходной информацией для идентификации является модель пожара (4) и модель измерений (5)–(8). Для идентификации параметров  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, k$  составим расширенную модель вида:

$$\begin{cases} \dot{S}(t) = (\alpha_0 + \alpha_1 u_1(t) + \\ + \alpha_2 u_2(t)) S^{1/2}(t) - ku(t) + \eta(t) \\ \dot{\alpha}_0 = 0 \\ \dot{\alpha}_1 = 0 \\ \dot{\alpha}_2 = 0 \\ \dot{k} = 0 \end{cases} \quad (18)$$

Обозначим  $x(t) = (S(t) \ \alpha_0 \ \alpha_1 \ \alpha_2 \ k)^T$ , тогда исходная система повторяет форму записи (16):

$$\dot{x}(t) = \varphi(x, u, t) + \xi(t), \quad (19)$$

где

$$\varphi(x, u, t) = \begin{pmatrix} (x_2(t) + x_3(t)u_1(t) + x_4(t)u_2(t)) \times \\ \times x_1(t)^{1/2} - x_5(t)u(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (20)$$

Для оценки вектора  $x(t)$  модели (19) воспользуемся алгоритмом дискретно-непрерывного метода [3].

"Реальные" измерения параметров пожара и сигналов управления формировались с помощью модельного эксперимента, реализующего системы уравнений (4)–(8) при "истинных" значениях параметров:  $k = 0,5$ ;  $\alpha_0 = 1,36$ ;  $\alpha_1 = 0,2$ ;  $\alpha_2 = -0,2$ . Априорные же значения этих параметров при идентификации отличались от "истинных" на 70..100 %.

Результаты идентификации в среде Mathcad представлены на рис. 2.

Из рисунка видно, что процесс оценивания коэффициентов модели достаточно эффективен и оценки являются несмещенными.

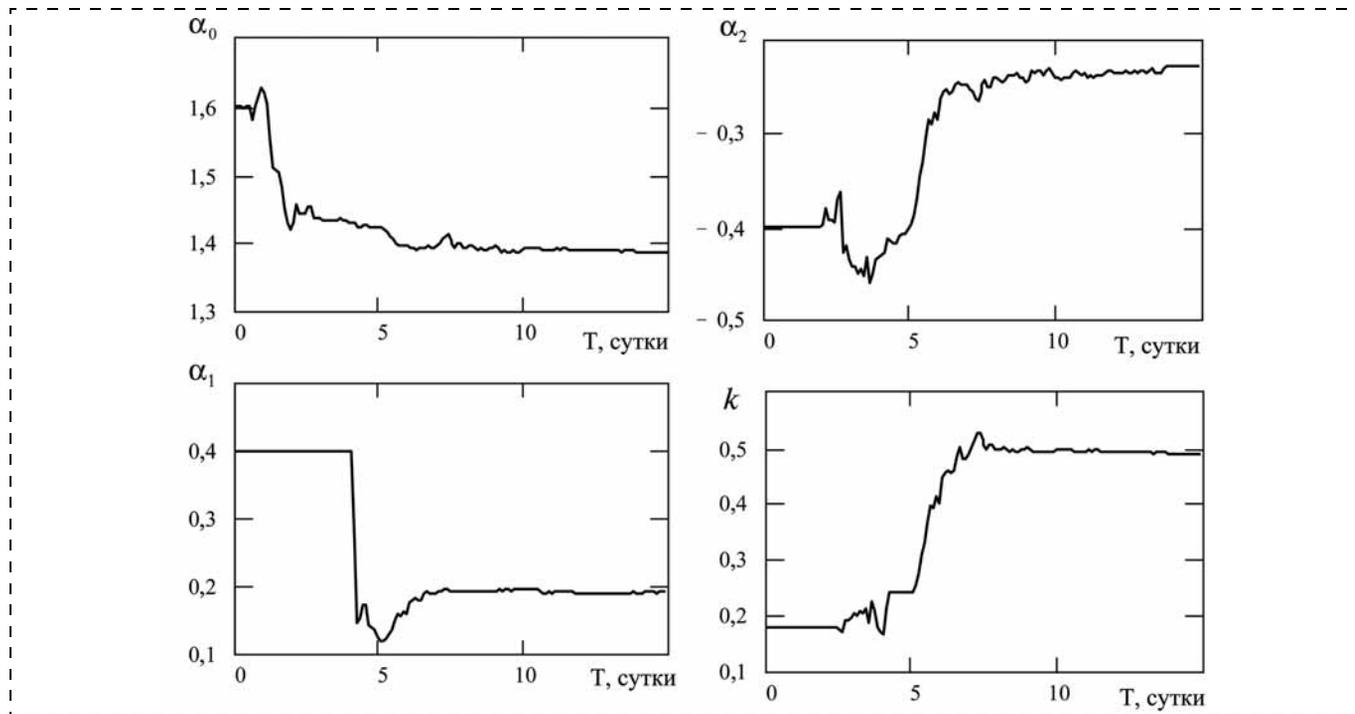


Рис. 2. Процесс идентификации параметра модели  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, k$

Таким образом, при наличии измерений (наблюдений) площади пожара, ветровых и осадочных атмосферных явлений, а также интенсивности создания гарантированной заградительной полосы с помощью дискретно-непрерывного метода идентификации можно синтезировать вполне адекватную математическую модель лесного пожара.

### Результаты, их обсуждение и рекомендации

Математические модели лесных пожаров, учитывающие состояние окружающей среды, могут быть использованы в информационных системах поддержки принятия решений.

Модель позволяет прогнозировать периметр пожара, скорость его увеличения как без активного тушения пожара, так и при его локализации с помощью заградительной полосы. Кроме того, модель позволяет получать сценарии развития пожарной ситуации при варьировании времени начала и различных темпов возведения заградительных полос.

Данный анализ позволит руководителю более эффективно применять силы и средства для локализации пожара. Так, например, при отсутствии ветра и дождевых осадков на вторые сутки площадь пожара будет составлять  $S = 2 \text{ км}^2$ , периметр пожара  $l = 5 \text{ км}$  и скорость увеличения периметра  $\dot{l} = 2,4 \text{ км/сутки}$  (рис. 3, 4). Из статистики пожаров

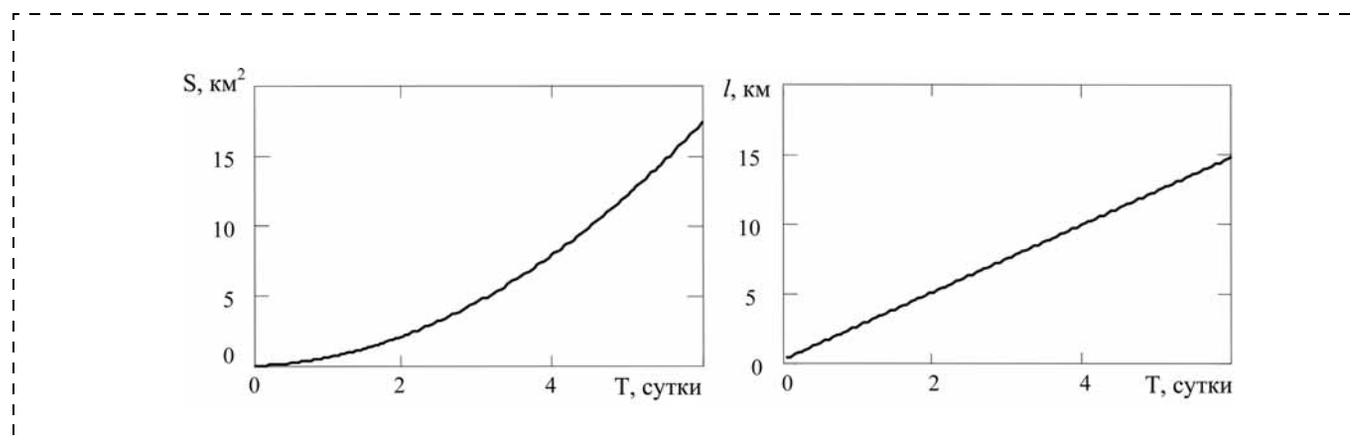


Рис. 3. Моделирование площади пожара  $S$  и длины периметра пожара  $l$  при отсутствии работ по его ликвидации

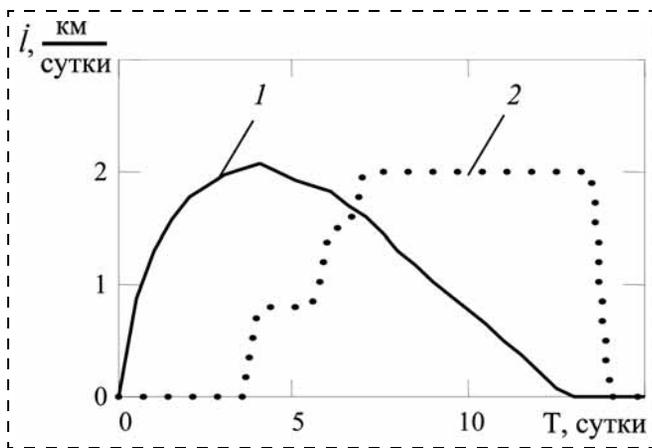


Рис. 4. Темпы изменения периметра пожара (1) и создания заградительной полосы (2) при отсутствии ветровых возмущений и осадков

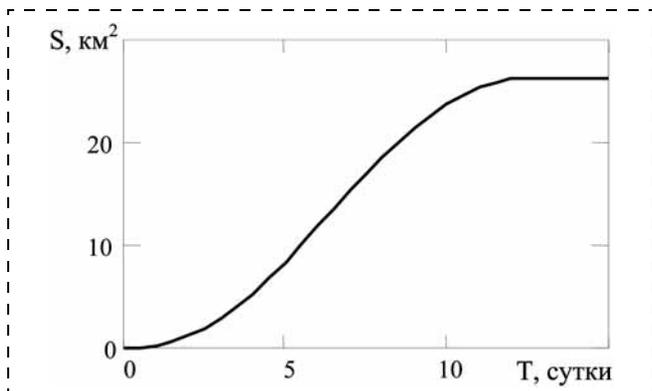


Рис. 5. Изменение площади пожара при отсутствии ветровых возмущений и осадков и его локализации с помощью создания заградительной полосы

следует, что в среднем эти характеристики соответствуют моменту обнаружения пожара. Если не принять меры по организации тушения лесного пожара, то процесс имеет неустойчивый (экспоненциальный) характер и уже через сутки после обнаружения площадь пожара составит  $5 \text{ км}^2$ , а периметр —  $8 \text{ км}$ .

Если, например, руководитель планирует начать локализацию пожара на вторые и третьи сутки после обнаружения пожара с темпом создания заградительной полосы  $l = 0,8 \text{ км/сутки}$ , на четвертые сутки —  $1,5 \text{ км/сутки}$  и на пятые сутки и далее

с темпом  $2 \text{ км/сутки}$  (см. рис. 4), то пожар будет локализован за 10 суток и итоговая площадь, пройденная пожаром, составит  $26 \text{ км}^2$  (рис. 5).

Результаты моделирования также показали, что при тех же темпах создания заградительной полосы, но с учетом прогноза дождевых осадков на вторые и третьи сутки тушения в размере  $1,0 \text{ мм/ч}$  площадь выгоревшего леса уменьшается на  $5 \text{ км}^2$ .

Аналогичные сценарии можно смоделировать при предполагаемых (прогнозных) ветровых возмущениях.

*Примечание.* Следует иметь в виду, что коэффициенты  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , характеризующие интенсивность воздействия на параметры пожара атмосферных явлений, были выбраны для модельного эксперимента гипотетически и не соответствуют реальным значениям, которые могли бы быть получены при идентификации модели по реальным данным. Поэтому исследования влияния на процесс тушения пожара ветровых и дождевых возмущений носят качественный характер.

Тем не менее, использование адекватных динамических моделей лесных пожаров позволяет существенно повысить эффективность управления ликвидацией пожара за счет того, что обеспечивается возможность анализа изменения свойств объекта при выборе управляющих воздействий.

Предвидение возможных путей развития ситуаций и использование этих знаний особенно важны, когда степень неопределенности при описании самого объекта управления, внешней среды и алгоритмов управления достаточно высока.

#### Список литературы

1. Брамер К., Зифлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. — М.: Наука, 1982.
2. Колпаков В. Ф. Один из подходов моделирования лесных пожаров с целью повышения эффективности их ликвидации // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 4. — С. 43–47.
3. Кочетков Ю. А. Основы автоматики авиационного оборудования: Учебник. — М.: ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1995.
4. Кудрявцев М. Ю., Лукин В. В., Малинецкий Г. Г. и др. Управление рисками лесных пожаров на территории Российской Федерации // Доклад, ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, 2008.
5. Охорзин В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство "Лань", 2008.

**А. В. Завгороднев**, канд. техн. наук, генеральный директор, ООО "Газпром трансгаз Ставрополь", г. Ставрополь, **А. В. Мельников**, канд. техн. наук, зам. нач. отдела, **В. С. Сафонов**, д-р техн. наук, проф., зам. нач. Департамента, ООО "Газпром добыча шельф", г. Москва  
E-mail: A\_Melnikov@shelf-dobycha.gazprom.ru

## **Инженерная методика оценки размеров зон негативного воздействия на людей и потенциального риска их гибели при авариях на магистральных газопроводах**

*Описана инженерная методика, позволяющая с использованием базовых характеристик газопровода (диаметр и давление) определить ряд параметров безопасности газопровода, в том числе уровень потенциального риска для незащищенного спецодеждой человека. Методика может найти широкое применение при проектировании магистральных газопроводов.*

**Ключевые слова:** инженерная методика, пожар на газопроводе, потенциальный риск

**Zavgorodnev A. V., Melnikov A. V., Safonov V. S. Engineering approach of estimating the size of hazardous zones and the potential risk of death for humans in accidents at gas pipelines**

*This paper describes the engineering technique for assessment the number of pipeline safety indicators, including potential risk for unprotected humans, using only the basic characteristics of the pipeline (diameter and pressure). The technique can be widely used in the gas pipelines design procedure.*

**Keywords:** engineering technique, pipeline fire, potential risk

В современных условиях проектирования и эксплуатации опасных производственных объектов все большее значение приобретают экспресс-методы анализа риска, позволяющие быстро оценить ключевые параметры опасности объекта, сохраняя при этом точность, достаточную для принятия правильного проектного решения. Эффективность этих методов особенно высока при проектировании "типовых" объектов топливно-энергетического комплекса, к которым, без сомнения, можно отнести магистральные газопроводы газотранспортной системы ОАО "Газпром". Это объясняет заметно выросший в последние годы интерес к упрощенным методикам оценки размеров потенциально опасных зон вокруг источника

выброса природного газа из газопровода и вероятностей поражения человека [1–5].

При этом, ввиду того, что среди всех поражающих факторов аварий на газопроводах наиболее "разрушительным" (с характерным масштабом действия до 500 м и более) является тепловое воздействие пожара (масштаб действия таких поражающих факторов как разлет фрагментов трубы и грунта, воздушная волна сжатия и скоростной напор, как правило, не превышают 100 м) [6], в оценке характерных последствий аварий на газопроводе учитывается только этот фактор.

По современным представлениям, при математическом моделировании аварийных разрывов с загоранием газа на газопроводах принимается, что процесс горения газа имеет два основных сценария [6]:

— сценарий "Струевое пламя", при котором истекающие в противоположных направлениях высокоскоростные струи газа не взаимодействуют друг с другом; реальная форма струевого пламени при этом аппроксимируется поверхностным излучателем в виде конуса, прижатого к поверхности земли;

— сценарий "Пожар в котловане", при котором имеет место прямое газодинамическое взаимодействие двух струй газа друг с другом и стенками котлована, в результате которого происходит уже относительно низкоскоростное истечение газа из грунтового котлована в форме интегрального "колонного" шлейфа с ориентацией, близкой к вертикальной; форма пламени при этом аппроксимируется излучателем в виде цилиндра.

В литературе, например, в работах [1–5] рассматривается только один из двух приведенных выше сценариев — "Струевое пламя", в то время как доля аварий по сценарию "Пожар в котловане" на газопроводах большого диаметра может достигать 30...40 % [6].

Рассмотрим разработанную авторами экспресс-методику оценки зон потенциального риска термического поражения человека при авариях на га-

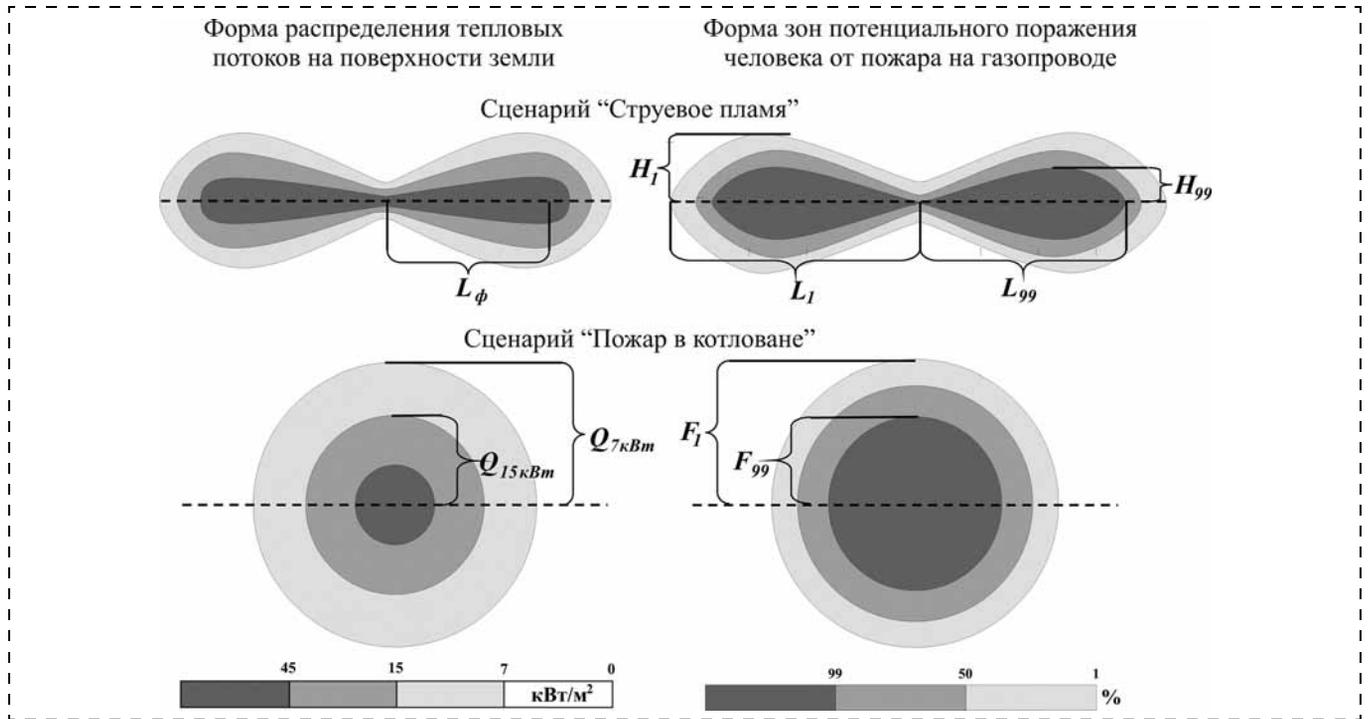


Рис. 1. Рассчитываемые характеристики аварии с пожаром на газопроводе

зопроводах, учитывающую оба аварийных сценария. В методике предложено рассчитывать следующие характеристики (рис. 1):

для сценария "Струевое пламя":

- $L_\phi$  — длина факела, м;
- $L_{99}$  — полудлина зоны термического воздействия с вероятностью гибели человека 0,99 и более, м;
- $H_{99}$  — полуширина зоны термического воздействия с вероятностью гибели человека 0,99 и более, м;
- $L_1$  — полудлина зоны термического воздействия с вероятностью гибели человека 0,01 и более, м;
- $H_1$  — полуширина зоны термического воздействия с вероятностью гибели человека 0,01 и более, м;

для сценария "Пожар в котловане":

- $Q_{7кВт}$  — радиус круговой зоны с интенсивностью теплового потока 7 кВт/м<sup>2</sup> и более, м;
- $Q_{15кВт}$  — радиус круговой зоны с интенсивностью теплового потока 15 кВт/м<sup>2</sup> и более, м;
- $F_{99}$  — радиус зоны термического воздействия с вероятностью гибели человека 0,99 и более, м;
- $F_1$  — радиус зоны термического воздействия с вероятностью гибели человека 0,01 и более, м.

Последовательность расчетов в методике предполагает определение усредненного массового расхода газа из одного конца аварийного газопровода  $G_{ср}$ , кг/с, зависящего только от давления газа

в месте разрыва газопровода до аварии  $P$ , атм, и его внутреннего диаметра  $D$ , м. Это возможно при следующих условиях:

1) фиксации ряда переменных, участвующих в определении массового расхода газа посредством решения известной системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающей в одномерном приближении нестационарное движение газа по газопроводу;

2) определении реципиента и функции его поведения при возникновении аварийной ситуации. Принимается, что реципиент — незащищенный специальной термостойкой одеждой человек, покидающий опасную зону со средней скоростью 2,5 м/с:

- в направлении, перпендикулярном оси конуса, аппроксимирующего форму пламени, в случае реализации сценария аварии "Струевое пламя"; началом вектора движения человека принята середина высоты конуса;

- в радиальном направлении от места возникновения пожара в случае реализации сценария аварии "Пожар в котловане".

Таким образом, учитывая характерный масштаб теплового воздействия пожара (не более 600 м), максимальное время теплового воздействия на реципиента составит 4 мин (600 м : 2,5 м/с = 240 с);

3) предположении, что за время покидания реципиентом опасной зоны аварийный процесс не сдерживается средствами локализации аварийной

ситуации (не происходит автоматического перекрытия линейной запорной арматуры);

4) наличии у аварийного газопровода значительного "буферного" участка — порядка 10 000 диаметров газопровода в обе стороны от места аварии; условие необходимо для предотвращения резкого снижения аварийного расхода газа в рассматриваемом временном интервале (4 мин) при недостаточном количестве природного газа в аварийном участке газопровода.

Применяя вышеизложенные условия, процедуру определения  $G_{\text{ср}}$ , кг/с, можно свести к следующему итерационному процессу:

1) для некоторого газопровода с произвольными давлением в месте разрыва  $P$  и диаметром  $D$  рассчитывается кривая вероятности термического поражения человека при аварийном разрыве газопровода с загоранием газа по одному из вышеуказанных основных сценариев горения газа при зависящем от времени массовом расходе газа  $G(t)$ , кг/с, определяемом соответствующим численным методом [7];

2) для некоего фиксированного значения  $G_i$ , кг/с, рассчитывается та же кривая; критерием выбора того или иного значения  $G_i$  в качестве  $G_{\text{ср}}$  для рассматриваемого сочетания значений  $P$  и  $D$  является наилучшая сходимость кривых вероятности термического поражения человека, полученных для переменного и постоянного во времени значения расхода газа, определяемая следующим условием:

$$R_{F=0,5} \text{ при } G(t) = R_{F=0,5} \text{ при } G_i, \quad (1)$$

где  $R_{F=0,5}$  — расстояние от эпицентра пожара до границы зоны поражения незащищенного человека, м, с вероятностью 0,5;

3) в случае несоблюдения условия (1) производится корректировка  $G_i$  с последующим переходом к этапу 1.

Диапазон рассматриваемых давлений  $P$  составил от 35 до 120 атм., диаметров  $D$  — от 0,5 до 1,4 м. Диапазон рассчитанных средних массовых расходов газа из одного конца аварийного газопровода  $G_{\text{ср}}$  составил от 200 до 7000 кг/с.

Анализ рассчитанных значений  $G_{\text{ср}}$  для сценариев горения газа "Пожар в котловане" и "Струевое пламя" показал, что наилучшая корреляция  $G_{\text{ср}}$  наблюдается с технологическим параметром  $P \cdot D^2$ , атм  $\cdot$  м<sup>2</sup>, причем значение  $G_{\text{ср}}$  не зависит от рассматриваемого сценария горения газа и описывается степенной зависимостью вида  $G_{\text{ср}} = a(PD^2)^b$ :

$$G_{\text{ср}} = 21,18(PD^2)^{1,052}. \quad (2)$$

Далее, с использованием методик, приведенных в методических указаниях [6], были проведены расчеты вышеуказанных характеристик аварии с пожаром на газопроводе для различных значений

$Y$	$a$	$b$
Сценарий "Струевое пламя"		
$L_{\text{ф}}$	49,32	0,452
$L_{99}$	47,76	0,516
$H_{99}$	2,30	0,779
$L_1$	57,58	0,505
$H_1$	8,37	0,642
Сценарий "Пожар в котловане"		
$Q_{7\text{кВт}}$	30,85	0,516
$Q_{15\text{кВт}}$	17,18	0,537
$F_{99}$	7,97	0,726
$F_1$	20,93	0,642

$G_{\text{ср}}$ , позволившие установить прямую зависимость вида  $Y = a \cdot G_{\text{ср}}^b$  рассматриваемых характеристик аварии от значения  $G_{\text{ср}}$ . Подставляя зависимость (2) в последнюю формулу, получим выражения зависимостей характеристик аварии от технологического параметра  $P \cdot D^2$  аварийного газопровода вида  $Y = a \cdot (P \cdot D^2)^b$ . Значения  $Y$ ,  $a$  и  $b$  приведены в таблице.

Широкий диапазон рассматриваемых давлений  $P$  и диаметров  $D$  позволяет применять указанную зависимость для оценки размеров потенциально опасных зон при аварии не только на магистральных газопроводах, но и на межпромысловых газопроводах и крупных протяженных промысловых газопроводах месторождений природного газа. Сравнение рассчитанных по приведенным выше зависимостям характеристик аварий с результатами расчетов по "классической" схеме с решением полномерной системы дифференциальных уравнений, описывающих нестационарное неизотермическое течение реального газа в газопроводе, показало ошибку не более 15 %, что является приемлемым для экспресс-оценки показателей безопасности газопроводов.

Далее, с учетом статистических данных об авариях на газопроводах ОАО "Газпром", приведенных в рекомендациях [8], были получены зависимости частоты возникновения аварийных разрывов с возгоранием газа на газопроводах различных диаметров, что, используя положения методических указаний [6] о вероятности реализации определенных аварийных сценариев, позволило определить зависимость потенциального риска для незащищенного спецодеждой человека от расстояния от оси газопровода для определенных значений технологического параметра  $P \cdot D^2$ . На рис. 2 приведена номограмма для определения потенциального риска гибели человека при возникновении пожаров на газопроводе. Последовательность ее использования следующая:

1) для рассматриваемого газопровода рассчитывается значение технологического параметра  $P \cdot D^2$ ;

2) для полученного значения  $P \cdot D^2$  по кривой 1 и правой оси определяется значение усредненного массового расхода;

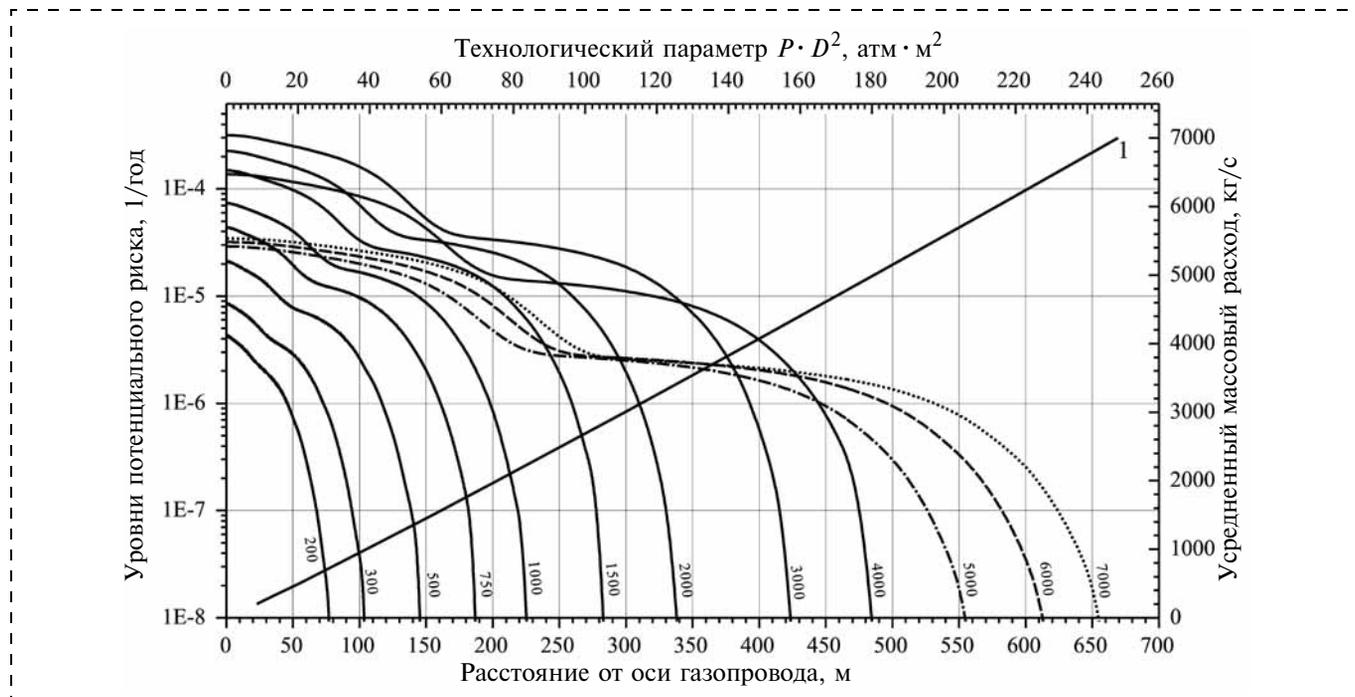


Рис. 2. Номограмма для оценки уровня потенциального риска при пожарах на газопроводах

3) для полученного усредненного массового расхода выбирается ближайшая по значению кривая зависимости потенциального риска от расстояния от оси газопровода (подписи на кривых со значениями от 200 до 7000);

4) по выбранной кривой определяется искомое значение потенциального риска для незащищенного человека от пожара на газопроводе на определенном расстоянии от оси газопровода.

Приведенная номограмма учитывает изменение средней удельной частоты возникновения аварий на газопроводах ОАО "Газпром" с изменением их диаметра. Это определяет более низкие значения потенциального риска от аварий на газопроводе с усредненным массовым расходом 4000 кг/с, соответствующим газопроводу с  $D = 1400$  мм,  $P = 75$  атм., которые характеризуются невысоким значением удельной частоты возникновения аварий. Три крайние справа зависимости потенциального риска от расстояния от оси газопровода (со значениями 5000, 6000 и 7000) соответствуют перспективным магистральным газопроводам  $D = 1400$  мм с повышенными рабочими давлениями (98 и 120 атм.). Внедрение новых технологий контроля производства труб и проведения строительно-монтажных работ позволит снизить удельную частоту возникновения аварий на таких газопроводах в 10 раз.

Необходимо отметить, что полученные с помощью номограммы (см. рис. 2) значения потенциального риска носят оценочный характер и не мо-

гут быть использованы при точных расчетах значений потенциального риска, что, тем не менее, позволяет с успехом использовать их при принятии принципиальных решений на стадии проектирования газопроводов (например, при рассмотрении возможности прохождения трассы газопровода вблизи населенных пунктов).

#### Список литературы

1. Jo Y.-D., Ahn B. J. Analysis of hazard areas associated with high-pressure natural gas pipelines // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2002. — Vol. 15. — Issue 3. — P. 179–188.
2. Jo Y.-D., Ahn B. J. A method of quantitative risk assessment for transmission pipeline carrying natural gas // Journal of Hazardous Materials. — 2005. — Vol. 123. — Issues 1–3. — P. 1–12.
3. Sklavounos S., Rigas F. Estimation of safety distances in the vicinity of fuel gas pipelines // Journal of Hazardous Materials. — 2006. — Vol. 19. — Issue 1. — P. 24–31.
4. Jo Y.-D., Crowl D. A. Individual risk analysis of high-pressure natural gas pipelines // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2008. — Vol. 21. — Issue 6. — P. 589–595.
5. Jo Y.-D., Park K.-S., Ahn B. J. Risk assessment for high-pressured natural gas pipeline in Urban Area. The sustainable city III: Urban regeneration and sustainability. — UK: WIT Press, 2004.
6. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО "Газпром", СТО Газпром 2-2.3-400—2009.
7. Воеводин А. Ф. Газотермодинамический расчет в простых и сложных трубопроводах (численный метод) // Известия СО АН СССР. Сер. Техн. наук. — 1969. — Вып. 2. — № 8. — С. 45–55.
8. Рекомендации по учету влияния технико-технологических, природно-климатических и других факторов при прогнозировании аварийности на МГ ОАО "Газпром", утв. начальником Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа, членом Правления ОАО "Газпром" Б. В. Будзуляком, 27.03.2007 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Председатель УМО вузов  
по университетскому политехническому образованию  
академик РАН

\_\_\_\_\_ Федоров И. Б.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

## Примерная программа дисциплины Надежность технических систем и техногенный риск

Рекомендуется для направления подготовки 280700 Техносферная безопасность

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр техники и технологии

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность (квалификация (степень) "бакалавр").

Программа составлена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана".  
Автор: д-р техн. наук, проф. Переездчиков И. В.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов:

- теоретических и практических знаний по прогнозированию, оценке, устранению причин и смягчению последствий нештатного взаимодействия компонентов сложных технических систем типа "человек—машина—среда";
- способности использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении задач по обеспечению безопасности персонала, населения и природной среды;
- организационно-управленческих навыков в профессиональной деятельности;
- способности принимать решения и занимать лидирующие позиции в сфере обеспечения безопасности и защиты природной среды.

Обобщенной целью дисциплины является подготовка бакалавров к участию в проектно-конструкторской, сервисно-эксплуатационной, организационно-управленческой, экспертной, надзорной, инспекционно-аудиторской, научно-исследовательской деятельности в области создания безопасной техники и безопасных условий жизнедеятельности в техносфере.

Задачи дисциплины:

- изучение опасностей и рисков, связанных с современной техникой и технологиями, показателей надежности данного вида;
- изучение физических и математических моделей и алгоритмов, применяемых для анализа опасности и надежности простых и сложных технических систем;
- изучение методов и техники анализа и синтеза технических систем и компонентов по критериям надежности и риска;

- изучение методов анализа опасностей, обеспечения и повышения надежности технических систем и их компонентов;
- изучение методов прогнозирования и управления рисками и эксплуатационной надежностью;
- воспитание ощущения приоритета вопросов безопасности в сравнении с другими проблемами общества.

В результате изучения дисциплины приобретаются начальные знания по анализу опасностей и надежности промышленных систем; знание базовых методов идентификации опасностей, интегральное знание бизнеса, математики, управления, техники.

Формы обучения: лекции, семинары, самостоятельная работа.

Предварительные знания: основные понятия из курса теории вероятностей.

Оценка качества освоения дисциплины: текущий (рубежный) контроль успеваемости, промежуточный контроль при приеме домашних заданий, итоговый контроль в виде экзамена. Применяются оценочные средства, общепринятые в вузе.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина "Надежность технических систем и техногенный риск" входит в базовую часть профессионального цикла обязательных для изучения профессиональных дисциплин и изучается в 8-м семестре четвертого года обучения после изучения дисциплины профессионального цикла "Безопасность жизнедеятельности", в которой изучаются основные техносферные опасности, характер воздействия опасных и вредных факторов на человека и природную среду, методы защиты профессиональной деятельности.



При изучении дисциплины "Надежность технических систем и техногенный риск" интегрально совмещаются инженерные, социальные, законодательные аспекты современной науки безопасности, теоретические знания и практические навыки по исследованию опасности и надежности технических систем.

Изучение дисциплины предполагает предварительное освоение одной из дисциплин математического и естественно-научного цикла ООП:

Высшая математика (базовая часть цикла).

Ниже перечисляются дисциплины, предварительное освоение которых в рамках учебного плана способствует пониманию и усвоению дисциплины "Надежность технических систем и техногенный риск".

Дисциплины гуманитарного и социально-экономического цикла (базовая часть цикла):

- Экономика.

Дисциплины математического и естественно-научного цикла (базовая часть цикла):

- Информатика;
- Физика;
- Химия;
- Экология;
- Высшая математика;
- Теория горения и взрыва;
- Безопасность жизнедеятельности;
- Управление техногенной безопасностью;
- Надзор и контроль в сфере безопасности.

Дисциплины профессионального цикла (базовая часть цикла):

- Механика;
- Гидрогазодинамика;
- Теплофизика;
- Электротехника и электроника

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

— способность оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемой техники (ПК-4);

— способность использовать методы расчетов изделий по критериям работоспособности и надежности (ПК-5).

Освоение дисциплины вносит вклад в формирование всех общекультурных компетенций, заявленных в ФГОС ВПО по направлению 280700 Техносферная безопасность.

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

#### Знать:

- идеализированную модель сложной технической системы типа "человек—машина—среда", ее компоненты, структурные и функциональные составляющие;

- базовые теории и модели происхождения и развития чепе и чрезвычайных ситуаций;

- базовые понятия риска и принципов обеспечения безопасности и повышения надежности;

- модели и математический аппарат анализа надежности и техногенного риска;

- основные показатели надежности технических систем и их определение;

- методы и алгоритмы качественного анализа надежности и риска;

- методы количественного анализа надежности и риска.

#### Уметь:

- анализировать опасности и надежность систем типа "человек—машина—среда" на всех стадиях их жизненного цикла;

- определять статистические характеристики чепе;

- определять основные показатели надежности технических систем;

- оценивать риски и разрабатывать мероприятия по повышению надежности, снижению риска и принятию риска.

#### Владеть навыками:

по практическому применению методов и техники качественного анализа опасностей сложных технических систем типа "человек—машина—среда";

по практическому применению количественных методов анализа опасностей, риска и надежности структурированных технических систем.

### 4. Структура и содержание дисциплины "Надежность технических систем и техногенный риск"

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3,6 зачетных единиц (ЗЕ), т.е. 108 часов

№ пп	Модуль дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, ч/ ЗЕ			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции, 40/1,33	Семинары, 16/0,532	Самостоятельная работа, 52/1,73	
1	Системный подход и математический аппарат анализа надежности и техногенного риска	8	1—4	12/0,4	4/0,132	16/0,53	Рубежный контроль — 4-я неделя, домашнее задание — 4-я неделя
2	Основные понятия и показатели надежности технических систем и элементов	8	5—9	14/0,465	6/0,2	18/0,6	Рубежный контроль — 9-я неделя, домашнее задание — 9-я неделя
3	Анализ техногенного риска и надежности	8	10—14	14/0,465	6/0,2	18/0,6	Рубежный контроль — 14-я неделя, домашнее задание — 14-я неделя. Экзамен

*Содержание модулей дисциплины  
в виде дидактических единиц*

**Модуль 1. Системный подход и математический аппарат анализа надежности и техногенного риска**

1.1. Понятия, термины и базовые элементы системного анализа и анализа опасностей.

1.2. Идеализированная модель системы человек—машина—среда и алгоритм анализа риска.

1.3. Математический аппарат алгебры логики и теории вероятностей применительно к анализу надежности и техногенного риска.

1.4. Графы состояний системы человек—машина—среда и методы математической статистики, используемые для анализа надежности и риска.

**Модуль 2. Основные понятия и показатели надежности технических систем и элементов**

2.1. Основные понятия. Величины и показатели безотказности, долговечности и сохраняемости.

2.2. Показатели надежности невосстанавливаемых резервированных и нерезервированных изделий и их определение.

2.3. Показатели надежности восстанавливаемых резервированных и нерезервированных изделий и их определение.

**Модуль 3. Анализ техногенного риска и надежности**

3.1. Понятия: идентификация опасности, риск, анализ риска. Стандартные статистические характеристики и статистические данные по риску. Принципы обеспечения безопасности.

3.2. Теории и модели происхождения и развития несчастных случаев, отказов, аварий, катастроф.

3.3. Методы качественного анализа надежности и риска технических систем.

3.4. Методы количественного анализа опасностей и оценивания риска технических систем.

3.5. Мероприятия по повышению надежности изделий, снижению риска, принятию риска.

**5. Семинары**

№ пп	Тема семинара — 8-й семестр	Объем, ч/ЗАЕ 16/0,532	Литература
5.1	Основные операции с высказываниями и событиями применительно к анализу опасностей. Вычисления вероятностей событий в системах человек—машина—среда	2/0,066	[1, 2, 6]
5.2	Методы математической статистики применительно к анализу опасностей и надежности	2/0,066	[1, 2]
5.3	Расчет и определение показателей надежности невосстанавливаемых изделий	3/0,1	[1, 2]
	Расчет и определение показателей надежности восстанавливаемых изделий	3/0,1	[1, 2]
5.4	Применение качественных методов и техники анализа опасностей и надежности	3/0,1	[1—3, 7]
5.5	Применение методов количественного анализа надежности и риска	3/0,01	[1, 2, 4, 5]

**6. Рекомендуемые образовательные технологии**

Рекомендуется при наличии дополнительного времени проводить семинары по изучению методов анализа риска и надежности в компьютерных классах на конкретных примерах с обсуждением результатов, полученных обучающимися, разделенными на отдельные подгруппы.

**7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.  
Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

**Самостоятельная работа**

№ пп	Виды самостоятельной работы — 8-й семестр	Объем, ч/ЗАЕ 39/1,3	Литература
7.1	Самостоятельная проработка курса	9/0,3	[1—4, 7]
7.2	Рубежный контроль	12/0,4	[1—4, 7]
7.3	Домашнее задание	18/0,6	[1—5]

**Темы самостоятельного изучения материала**

№ пп	Темы самостоятельного изучения материала	Объем, ч/ЗАЕ 9/0,3	Литература
7.1.1	Содержание базовых элементов программы управления опасностями и риском системы человек—машина—среда	1/0,033	[1]
7.1.2	Основные элементы экспертизы безопасности	2/0,066	[1, 3, 4]
7.1.3	Отображения графами состояний технических систем	2/0,066	[1, 2]
7.1.4	Виды и периоды отказов и неисправностей изделий	1/0,033	[1, 2]
7.1.5	Алгоритмы качественных и количественных методов анализа опасностей	3/0,1	[1, 2, 7]

Контроль знаний по пункту 7.1 осуществляется в ходе проведения рубежных контролей.

**Рубежный контроль и подготовка к контролю — ч/ЗАЕ:**

**Рубежный контроль № 1** — 4/0, 133.

**Рубежный контроль № 2** — 4/0, 133.

**Рубежный контроль № 3** — 4/0, 133.

**Рубежный контроль № 1: Системный подход и математический аппарат анализа надежности и техногенного риска**

Рубежным контролем № 1 проверяется знание обучающимся модуля 1 дисциплины и тем самостоятельно изученного материала 7.1.1, 7.1.2, 7.1.3, базируясь на перечисленных ниже дидактических элементах.

1. *Элементы системы и системного анализа.* Сложная и большая системы. Черный ящик. Вход и выход. Струк-



тура системы. Состояние системы. Вероятностная система. Иерархия. Обратные связи. Система моделей. Терминология чепе и опасности.

2. Система человек—машина—среда (СЧМС). Определение СЧМС. Компоненты. Иерархия. Жизненный цикл. Связь с проблемой безопасности. Системы: профилактики, готовности, реагирования, восстановления. Чепе: штатные, проектные, запроектные, гипотетические. Система управления опасностями. Информационные системы. Функциональные системы управления опасностями. Общий алгоритм анализа опасностей.

3. Математический аппарат анализа надежности и техногенного риска. Высказывания и события. Законы алгебры логики. Функции алгебры логики. Карты Карно.

4. Вероятность как математическое понятие. Объективная вероятность. Частотная интерпретация вероятности. Субъективная вероятность. Формулы для вычисления вероятностей. Способы генерирования полной группы событий. Законы распределения случайных величин: нормальный, логарифмически нормальный, экспоненциальный, биномиальный, Пуассона. Эмпирическая плотность распределения. Эмпирическая функция распределения.

5. Графы состояний. Понятие связности. Матрица смежности состояний. Граф-дерево. Граф-цепь. Орграф. Транзитивное состояние. Поглощающее подмножество состояний. Схема построения сложного графа. Подсистемы ИЛИ, И. Минимальное сечение, минимальный путь. Использование этих понятий для нахождения вероятности чепе.

### **Рубежный контроль № 2: Основные понятия и показатели надежности технических систем и элементов**

Рубежным контролем № 2 проверяется знание обучающимся модуля 2 дисциплины и темы самостоятельного изучения материала 7.1.4, базируясь на перечисленных ниже дидактических элементах.

1. Изделие, требуемая функция, восстанавливаемое изделие, невосстанавливаемое изделие, готовность, безотказность, ремонтпригодность, надежность, долговечность, сохраняемость, работоспособное состояние, неработоспособное состояние, предельное состояние, критическое состояние, требуемое время, состояние готовности, отказ, его виды и периоды, критерий отказа, критичность отказа, отказобезопасность, неисправность, виды неисправности, предельное состояние.

2. Показатели надежности невосстанавливаемых систем и элементов, их преимущества и недостатки, особенности применения, способы определения. Вероятность безотказной работы, мгновенная и средняя интенсивности отказов, наработка до отказа, средняя наработка до отказа, плотность распределения времени до отказа.

3. Показатели надежности восстанавливаемых систем и элементов. Функция готовности, мгновенный коэффициент готовности, стационарный коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициенты неготовности, средняя наработка между

отказами, время до восстановления, потоки отказов, мгновенный и средний параметры потока отказов.

4. Надежность невосстанавливаемой и восстанавливаемой подсистем ИЛИ. Резервирование систем и элементов, нагруженное резервирование, резервирование замещением, резервирование  $m$  из  $n$ , смешанное резервирование. Надежность невосстанавливаемой и восстанавливаемой подсистемы И. Надежность подсистем ИЛИ—И и И—ИЛИ.

5. Использование в анализе опасностей методов математической статистики. Статистическая оценка законов распределения в задачах надежности. Генеральная совокупность, выбор из генеральной совокупности, статистические оценки: состоятельные, несмещенные, эффективные, достаточные. Определение неизвестных параметров распределения. Проверка гипотез. Критерии Колмогорова, Мизеса, математического ожидания, вероятности.

### **Рубежный контроль № 3: Анализ техногенного риска и надежности**

Рубежным контролем № 3 проверяется знание обучающимся модуля 3 дисциплины и темы самостоятельного изучения материала 7.1.5, базируясь на перечисленных ниже дидактических элементах.

1. Понятие риска. Техногенный риск. Индивидуальный риск. Коллективный риск. Социальный риск. Экономический риск. Условие безопасности. Коэффициенты частоты и тяжести несчастных случаев. Принципы обеспечения безопасности.

2. Теории и модели происхождения и развития несчастных случаев, аварий, катастроф. Модель развития чепе по типу домино. Энергетическая модель. Теория айсберга. Модель фаз. Модели с учетом человеческого фактора. Модель Беннера. Модель Леплата. Модель Челена и Ларсона. Современные теории и модели.

3. Методы качественного анализа надежности и риска СЧМС. Предварительный анализ опасностей. Анализ последствий отказов: анализ видов и последствий отказов, анализ видов, последствий и критичности отказов. Блок-схема безотказности. Анализ опасностей деревом причин потенциального чепе. Анализ дерева неисправностей. Анализ опасностей деревом последствий потенциального чепе. Анализ дерева событий. Анализ опасностей методом потенциальных отклонений. Анализ последствий аварий. Анализ ошибок операторов. Причинно-следственный анализ опасностей. Другие методы. Алгоритмы анализа.

4. Понятие: прогнозирование. Методы количественного анализа опасностей и риска. Логико-вероятностный анализ опасностей СЧМС. Модель компонента "машина" на базе четких множеств. Модель безотказности. Функция опасности. Определение функции опасности восстанавливаемых и невосстанавливаемых подсистем. Преобразование логических функций к нормальным формам. Минимизация функций. Вес и значимость элементов. Замещение логических переменных вероятностями. Представление логической функции в со-

вершенной форме. Разложение функции по элементам. Оценка опасностей весом и значимостью элементов.

5. Количественная оценка вероятностей состояний и обслуживания СЧМС на базе Марковских процессов. Процесс с дискретными состояниями и дискретным временем. Процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем. Процессы гибели — размножения. Циклический процесс. Обслуживание СЧМС.

6. Аналитические соотношения для расчета риска. Расчет техногенного риска. Модель "доза—эффект". Вероятностный подход к ранжированию опасностей и риска.

7. Использование в анализе опасностей методов математической статистики. Эмпирическая плотность распределения. Эмпирическая функция распределения. Статистическая оценка законов распределения в задачах надежности. Генеральная совокупность, выбор из генеральной совокупности, статистические оценки: состоятельные, несмещенные, эффективные, достаточные. Определение неизвестных параметров распределения. Проверка гипотез. Критерии Колмогорова, Мизеса, математического ожидания, вероятности.

## 8. Домашние задания (ДЗ)

*ДЗ № 1: Системный подход и математический аппарат анализа надежности и техногенного риска*

Выдача — 1-я неделя, сдача и защита выполненного домашнего задания — 4-я неделя.

Производится преобразование заданной функции алгебры логики для замещения логических переменных вероятностями, рассчитываются вероятности систем, заданных графами.

*ДЗ № 2: Основные понятия и показатели надежности технических систем и элементов*

Выдача — 5-я неделя, сдача и защита выполненного домашнего задания — 9-я неделя.

Рассчитываются показатели надежности одной из систем: нерезервированная невосстанавливаемая система, резервированная невосстанавливаемая система, нерезервированная восстанавливаемая система, резервированная восстанавливаемая система.

*ДЗ № 3: Анализ надежности и риска заданной технической системы*

Выдача — 3-я неделя, сдача и защита выполненного домашнего задания — 12-я неделя.

Для заданной технической системы идентифицируются основные опасности. Строятся логические деревья. Определяются минимальные сечения. По заданным законам наработки рассчитываются показатели надежности компонентов и всей системы. Разрабатывается схема резервирования системы, при которой функция надежности удовлетворяет заданным условиям. Рассчитывается риск системы и критическое время работы. Результаты расчетов представляются в виде графиков.

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. **Переездчиков И. В.** Анализ опасностей промышленных систем человек—машина—среда и основы защиты: учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2011. — 784 с.;
2. **Половко А. М., Гуров С. В.** Основы теории надежности. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 704 с.

### б) дополнительная литература:

3. **Анализ** оценки рисков производственной деятельности. Учебное пособие / П. П. Кукин, В. Н. Шлыков, Н. Л., Пономарев, В. М. Попов, Н. И. Сердюк. — М.: Высшая школа, 2008. — 317 с.
4. **Мастрюков Б. С.** Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учебник для вузов. — М.: Академия, 2009. — 320 с.
5. **Техногенный риск:** учебное пособие / Н. Н. Чура, В. А. Девисилов. — М.: КНОРУС, 2011. — 280 с.
6. **Рябинин И. А.** Надежность и безопасность структурно-сложных систем. — СПб.: СПбГУ. 2007. — 276 с.
7. **Безопасность** жизнедеятельности: Учебник для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С. В. Белова. 7-е изд., испр. и доп. — М.: Выш. Шк., 2007. — 616 с.

### в) программное обеспечение:

Программа Mathcad, Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем — "АРБИТР".

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) определяется ВУЗом

*И. В. Переездчиков,*  
д-р техн. наук, проф.,  
МГТУ им. Н. Э. Баумана  
E-mail: pereez@bmstu.ru

УДК 658.382.1:338.45

**Т. Н. Швецова-Шиловская**, д-р техн. наук, проф., нач. отделения,  
**Т. В. Громова**, канд. хим. наук, нач. лаб., **С. В. Юрманова**, нач. отделения,  
**Д. И. Назаренко**, ст. науч. сотр., **А. А. Афанасьева**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
ФГУП "ГосНИИОХТ", г. Москва  
E-mail: den\_0626@mail.ru

## Комментарии к Федеральному закону от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте"

*В данной статье представлен перечень возможных проблем, с которыми могут столкнуться участники рынка при вступлении в силу положений Федерального закона от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте".*

**Ключевые слова:** опасный объект, авария, страхование гражданской ответственности; страховая сумма, экономический ущерб

**Shvetzova-Shilovskaya T. N., Gromova T. V., Urmanova S. V., Nazarenko D. I., Afanasyeva A. A. Comments to the Federal Law "About Obligatory Insurance of the Civil Liability of the Owner of Dangerous Object for the Trespass as a Result of the Accident on Dangerous Object" of July 27, 2010 № 225-FL**

*In the article the list of possible problems which participants of the market can face at coming into force of positions of the Federal Law "About obligatory insurance of the civil liability of the owner of dangerous object for the trespass as a result of the accident on dangerous object" of July 27, 2010 № 225-FL.*

**Keywords:** dangerous object, accident, civil liability insurance, insurance sum, economic damage

Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте" вступил в силу 1 января 2012 г. Федеральным законом № 225-ФЗ устанавливаются:

условия осуществления обязательного страхования гражданской ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта (ОПО);

субъекты обязательного страхования, которые участвуют в осуществлении этого вида страхования;

понятие страхового случая для этого вида страхования;

характер вреда, который подлежит возмещению по договору обязательного страхования;

принципы определения и размер страховой суммы;

принципы исчисления страховой премии и утверждения страховых тарифов и коэффициентов к ним;

порядок заключения договора страхования, основные обязанности страхователя и страховщика;

порядок и условия осуществления страховых выплат и условия освобождения страховщика от обязанности произвести страховые выплаты;

условия прекращения договора страхования.

17 марта 2011 г. состоялось заседание "круглого стола" Комитета Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации по финансовым рынкам и денежному обращению на тему "О законодательном обеспечении обязательного страхования гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте", в котором принимали участие специалисты ФГУП "ГосНИИОХТ". Специалисты ФГУП "ГосНИИОХТ" представили перечень возможных проблем, с которыми могут столкнуться участники рынка при вступлении в силу положений данного закона. Ниже приведены

основные проблемные статьи закона, которые нуждаются в доработке и уточнении.

**В главе 1, ст. 1, п. 3 № 225-ФЗ** не предусмотрены выплаты за вред, причиненный окружающей среде, вместе с тем в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" — "...организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана страховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте" (ст. 15 № 116-ФЗ).

*Аварии на опасных производственных объектах могут приводить к значительному экологическому ущербу, который должен возмещать виновник аварии.*

**В главе 1, ст. 6, п. 1—2 № 225-ФЗ** при определении страховой суммы для декларируемых ОПО применен дифференцированный подход, учитывающий максимально возможное количество потерпевших.

Для недеклаируемых объектов такой подход применен не был. Опасные объекты, которые не являются декларируемыми, могут представлять значительную опасность (в частности, мясокомбинаты, станции водоподготовки, котельные и др.).

Наряду с декларацией безопасности для ОПО разрабатывается паспорт безопасности в соответствии с приказом МЧС России от 25 октября 2004 г. № 485, в котором представляется исчерпывающая информация о степени опасности объекта, в том числе, и максимально возможное количество потерпевших.

*Таким образом, для целого ряда недеклаируемых опасных объектов такой подход приведет к необоснованной оценке страховой суммы.*

**В главе 1, ст. 6 № 225-ФЗ** отсутствует определение понятия "максимально возможное количество потерпевших, жизни и здоровью которых может быть причинен вред".

*В настоящее время в России отсутствуют методические материалы и/или численные критерии оценки максимально возможного количества потерпевших.*

Формулировка статьи 6, п. 1 № 225-ФЗ "для опасных объектов, в отношении которых законодательством о промышленной безопасности опасных производственных объектов или законодательством о безопасности гидротехнических сооружений предусматривается обязательная разработка декларации промышленной безопасности или декларации безопасности гидротехнического сооружения" исключает возможность понижения суммы страхования при разработке декларации промышленной безопасности на опасном объекте на добровольной основе.

№ пп	Глава 1, ст. 6, п. 1 (ОПО декларируемый)	Глава 1, ст. 6, п. 2 (ОПО, не подлежащий декларированию)
1	50 миллионов рублей — если максимально возможное количество потерпевших, жизни или здоровью которых может быть причинен вред в результате аварии на опасном объекте, составляет более 75 человек, но не превышает 150 человек	50 миллионов рублей — для опасных производственных объектов химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности
2	25 миллионов рублей — если максимально возможное количество потерпевших, жизни или здоровью которых может быть причинен вред в результате аварии на опасном объекте, составляет более 10 человек, но не превышает 75 человек	25 миллионов рублей — для сетей газопотребления и газоснабжения, в том числе межпоселковых
3	10 миллионов рублей — для иных опасных объектов, в отношении которых предусматривается обязательная разработка декларации промышленной безопасности или декларации безопасности гидротехнического сооружения	10 миллионов рублей — для иных опасных объектов

*Величина материального ущерба, причиненного юридическим лицам, существенно занижена. Стоимость технологических установок, зданий и сооружений, как правило, превосходит установленную величину в 500 тыс. руб. (например, цена емкостного оборудования, ректификационных колонн, воздухоосборников в зависимости от исполнения составляет от 650 до 3 000 тыс. руб.).*

Кроме того, в порядке определения страховой суммы заложено противоречие. Получается, что декларируемый объект, относящийся к химической, нефтехимической или нефтеперерабатывающей промышленности, с количеством потерпевших в случае аварии на нем менее 10 человек менее опасный, чем недеклаируемый объект. Страховые суммы по договору обязательного страхования для страхования опасных производственных объектов в соответствии с данным законом приведены в таблице.

**В главе 8, ст. 19 № 225-ФЗ** сказано, что данный закон наделяет профессиональное объединение страховщиков полномочиями по установлению порядка определения вреда, который может быть причинен в результате аварии на опасном объекте, максимально возможного количества потерпевших и уровня безопасности опасного объекта. Учитывая заинтересованность страхового сообщества в установлении максимальных страховых сумм, определяемых на основании данных о возможном количестве потерпевших и уровне безопасности опасного объекта, наделение указанными



полномочиями профессионального объединения страховщиков недопустимо.

**Основные положения № 225-ФЗ** вступят в силу в 2012—2016 гг., но в законе: *не рассмотрен вопрос дисконтирования* установленных в нем величин выплат; *не указано, на основе какого нормативно-методического документа следует проводить оценку количества потерпевших; не определен порядок долговременных выплат* (в связи с утратой кормильца и стойкой утерей трудоспособности).

Необходимость введения норм обязательного страхования ответственности владельцев ОПО за вред, причиненный авариями, продиктована высоким уровнем опасности таких аварий для жизни, здоровья и имущества людей. Вступление в силу № 225-ФЗ позволит переложить обязанность по выплатам пострадавшим от техногенных происшествий с государственных и муниципальных органов, осуществляющих данные выплаты из государственных и муниципальных бюджетов, на страховые компании.

Таким образом, при дальнейшем развитии страхования ответственности владельца ОПО необходимо следующее: скорректировать законодательство, разработать и принять необходимые нормативные правовые акты Правительства Российс-

кой Федерации, профильных министерств и ведомств; подготовить участников рынка и принять необходимые документы со стороны профессионального объединения страховщиков; разработать методические документы для оценки экономического ущерба на основе рецепиентного подхода.

#### Список литературы

1. **Федеральный закон** от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте".
2. **Федеральный закон** от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с изм. от 30.12.2008 г. № 313-ФЗ).
3. **Федеральный закон** от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний".
4. **Федеральный закон** от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" (с изм. от 28.09.2010 г.).
5. <http://www.miller-tanks.ru>.
6. <http://msk.pulscen.ru/predl/equipment>
7. **Гражданский кодекс** Российской Федерации часть первая от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ, часть вторая от 26 января 1996 г. № 14-ФЗ, часть третья от 26 ноября 2001 г. № 146-ФЗ и часть четвертая от 18 декабря 2006 г. № 230-ФЗ (с изм. от 7 февраля 2011 г.).

*Анонс*

В следующем номере журнала "Безопасность жизнедеятельности" в этом разделе будет опубликована статья

**Козьяков А. Ф., Пышкина Э. П., Симакова Е. Н.**  
**НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ**  
**БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

#### Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии""

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

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

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

**Телефон главного редактора (812) 670-9376, e-mail: rusak-maneb@mail.ru**

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

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

Сдано в набор 12.03.12. Подписано в печать 23.04.12. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ512.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солишнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солишнз". 105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 2, офис 2.