

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ



2(242) 2021



**18-19
МАРТА**

г. Новый Уренгой



ВЫСТАВКА «ГАЗ. НЕФТЬ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ»

в рамках
**ЯМАЛЬСКОГО
НЕФТЕГАЗОВОГО
ФОРУМА**

СИБЭКС SERVICE

ООО «Выставочная компания Сибэкспосервис», г. Новосибирск

Тел.: (383) 335 63 50, e-mail: vk ses@yandex.ru, www.ses.net.ru



2021



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.
ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,
д.т.н., проф.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
проф.
ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.
ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.
РОДИН В. Е., д.т.н., проф.
ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.
УШАКОВ И. Б., акад. РАН,
д.м.н., проф.
ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,
д.т.н., проф.
ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН,
д.м.н., проф.
АНТОНОВ Б. И.
(директор издательства)

Главный редактор

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Редакционная коллегия:

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
ВОРОБЬЕВ Д. В., д.м.н., проф.
ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.
(Польша)
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
КИРСАНОВ В. В., д.т.н., проф.
КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,
проф.
КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,
проф.
КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.
МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.
МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.
МАТЮШИН А. В., д.т.н.
МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.
МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
РОДИН Г. А., д.т.н., проф.
СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

2(242)
2021

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЯ

- Капцов В. А., Чиркин А. В. Перспективный противогазный фильтр для средств индивидуальной защиты органов дыхания 3
- Вельм И. М. Пути снижения травматизма в строительной отрасли в Российской Федерации 11
- Кузьмин С. А., Солодовников В. В., Вовк О. И., Григорьева Л. К., Калинина Е. А. Мониторинг основных показателей здоровья юношей-подростков в Оренбургской области 16

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Чиглинцев И. А., Садреева Е. Н., Мошелёв А. В. Экологические и экономические аспекты применения котла длительного горения для отопления жилого помещения 20
- Сафонов А. В., Кузнецов М. В., Козлов И. А., Егоров В. М. Разработка антисептика для защиты материалов от биоповреждений 27

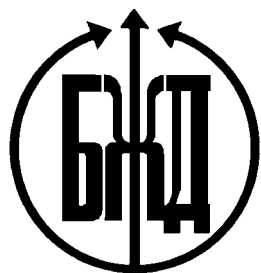
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Созинова Д. Н., Фомина Е. Е., Круглов В. В. Актуальные проблемы обеспечения безопасности магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов при нарушении минимальных безопасных расстояний 31
- Карасев С. Н., Илькухин Н. Ю., Баркинхоев Д. О. Контроль качества досмотровых мероприятий на рентгеновских установках как основа эффективности обеспечения транспортной безопасности 38
- Зуев В. В., Савельева Е. С., Павлинский А. В., Мордус Д. П. Сравнительный анализ сезонной вероятности обледенения воздушных судов в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска 43
- Николашин С. Ю., Хабилов Т. Р. Анализ факторов, определяющих безопасность перевозок опасных грузов на морском транспорте 48

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Бакиров И. К., Гилемханова Д. И. Анализ методик расчета величин пожарного риска в Российской Федерации 52

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



LIFE SAFETY

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
PLYUSHCHIKOV V. G.,
Dr. Sci (Agri.-Cult.)
PRONIN I. S., Dr. Sci (Phys.-Math.)
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)
USHAKOV I. B., Acad. RAS,
Dr. Sci (Med.)
FEDOROV M. P., Acad. RAS,
Dr. Sci (Tech.)
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
ANTONOV B. I.

Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
VOROBYEV D. V., Dr. Sci (Med.)
ZABOROVSKIY T. (Poland),
Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KIRSANOV V. V., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phys.-Math.)
RODIN G. A., Dr. Sci. (Tech.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

2(242)
2021

CONTENTS

LABOUR AND HEALTH PROTECTION

- Kaptsov V. A., Chirkin A. V.** The Improved Gas Cartridges for the Filtering Respirators 3
Welm I. M. Ways to Reduction Injuries in the Construction Industry in Russian Federation 11
Kuzmin S. A., Solodovnikov V. V., Vovk O. I., Grigorieva L. K., Kalinina E. A. Monitoring of Key Health Indicators Adolescent Boys in Orenburg Region 16

ECOLOGICAL SAFETY

- Chiglintsev I. A., Sadreeva E. N., Moshelev A. V.** Environmental and Economic Aspects of Using a Long-Burning Boiler for Heating a Living Space 20
Safonov A. V., Kuznetsov M. V., Kozlov I. A., Egorov V. M. Development of Antiseptic to Protect Material from Bio-Damage 27

INDUSTRIAL SAFETY

- Sozinova D. N., Fomina E. E., Kruglov V. V.** Actual Problems of Ensuring the Safety of Main Oil Pipelines and Oil Product Pipelines in Violation of the Minimum Permissible Distances 31
Karasev S. N., Ilkuhin N. Yu., Barkinhoev D. O. Quality Control of Inspection Activities at X-ray Installations as the Basis for the Effectiveness of Transport Security 38
Zuev V. V., Saveliyeva E. S., Pavlinsky A. V., Mordus D. P. Comparative Analysis of Seasonal Frequency of Aircraft Icing in the Area of Saint-Petersburg and Novosibirsk 43
Nikolashin S. Y., Khabirov T. R. Analysis of Factors that Determine the Safety of Transportation of Dangerous Goods by Sea 48

FIRE SAFETY

- Bakirov I. K., Gilemkanova D. I.** Comparison and Identification of Shortcomings of Methods for Calculating the Values of Fire Risk 52

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: bjd@novtex.ru

УДК 614.894.29; 613.632.4

В. А. Капцов, д-р мед. наук, проф., ВНИИ железнодорожной гигиены
Роспотребнадзора, Москва, **А. В. Чиркин**, рабочий, e-mail: alexander.chir@yandex.ru,
ООО "Бета ПРО", Москва

Перспективный противогазовый фильтр для средств индивидуальной защиты органов дыхания

Рассмотрены проблемы, возникающие при обеспечении своевременной замены противогазовых фильтров средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). Описаны пассивные и активные индикаторы, предупреждающие работника о приближении окончания срока службы фильтра (ESLI), их достоинства и недостатки. Показаны технические и организационные проблемы, мешающие разработке и поступлению в продажу фильтров с индикаторами. Даны предложения по улучшению защиты работников: изменение требований к сертификации фильтров и респираторов; унификация разъемов для крепления фильтров; улучшение конструкции фильтров; разработка и внедрение требований к работодателю, регламентирующих выбор и применение СИЗОД; предоставление потребителю информации, позволяющей вычислять срок службы (для составления расписания замены фильтров).

Ключевые слова: респиратор, СИЗОД, противогазовый фильтр, индикатор окончания срока службы

Введение

Вдыхание токсичных газов при концентрации, превышающей предельно допустимую (ПДК_{рз}) [1], приводит к острым отравлениям и развитию хронических профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний (из-за ослабления организма). По оценкам специалистов МОТ, из-за плохих условий труда в РФ ежегодно умирает порядка 190 тыс. человек [2]. По данным Роспотребнадзора [3] основной формой летальных поражений работников явилось ингаляционное воздействие токсичных газов; ~65 % при воздействии сероводорода и монооксида углерода, которые трудно обнаружить по запаху при превышении ПДК_{рз}. На один такой случай приходится сотни менее тяжелых; поэтому улучшение защиты от токсичных газов — актуальная задача.

Для защиты работника от загрязнений воздуха могут применяться: изменение технологии, устраняющее использование токсичных веществ и контакт с ними; средства коллективной защиты (вентиляция, дистанционное управление, автоматизация); медико-профилактические мероприятия; средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) — перечисление дано в порядке снижения эффективности.

При использовании легких и удобных фильтрующих противогазовых СИЗОД окружающий воздух очищается фильтрами, содержащими сорбент (и иногда катализатор). Фильтры всех типов постепенно утрачивают защитные свойства. Их срок службы зависит от разных факторов: состав и концентрация загрязнений, температура и влажность воздуха, его расход, свойства фильтра, что затрудняет его эффективность.

Использование субъективной реакции органов чувств на попадание неочищенного воздуха в маску (через фильтр) может привести к отравлению хотя бы части работников, так как люди не способны обнаружить присутствие многих газов в воздухе при опасной концентрации; чувствительность органа обоняния очень нестабильна как у одного человека в разное время, так и у разных людей (при сравнении средних значений возможны отличия в сотни раз и больше); чувствительность может снижаться в десятки раз из-за привыкания или отвлечения внимания на выполнение работы; часть людей с низкой чувствительностью не осознают это [4].

Использование реакции на запах для замены фильтров во всех развитых странах полностью запрещено. Для своевременной замены используют: составление расписания замены на основе



определения срока службы для самых высоких концентраций вредных веществ на рабочем месте и специальные устройства — индикаторы ESLI. Так как условия на рабочем месте редко бывают постоянными, замена по расписанию приводит к преждевременной замене значительной части фильтров и не гарантирует защиту работника в случае, если условия труда изменились или не были достаточно точно учтены при составлении расписания.

При защите от газов, плохо растворяющихся в воде, и большой относительной влажности воздуха, оценка срока службы возможна лишь с помощью измерений на рабочем месте или на стенде, что трудновыполнимо. Эти недостатки можно устранить с помощью индикатора ESLI [5].

Конструкция индикаторов, их достоинства и недостатки

По конструкции различают пассивные и активные индикаторы. Пассивные обычно делают в виде прозрачного окна на боковой поверхности фильтра, за которым находится реагент, меняющий цвет при воздействии газа. Требования к ним включают: размещение индикатора ESLI в поле зрения работника; возможность обнаружить изменение даже для людей с ослабленным восприятием цвета; срабатывание до истечения срока службы с запасом не менее 10 % [6]. Активные индикаторы состоят из датчика, усилителя и сигнализации. Датчик может размещаться между маской и фильтром или заглубляться в сорбент. Наличие индикатора ESLI дополнительно защищает работника при неоднократном применении фильтра, когда вещества, уловленные сорбентом при первом использовании, способны перемещаться к отверстию для выхода воздуха во время хранения и при последующем применении попадать в маску при опасной концентрации даже при использовании СИЗОД в не загрязненной атмосфере [4].

Улавливание токсичных газов зависит от их физико-химических свойств и свойств сорбента, которые могут быть различны. Это сочетание с разнообразием токсичных свойств разных веществ не позволяет разрабатывать универсальные индикаторы. В то же время фильтры одного типа могут обеспечить защиту от сотен самых разных газов и их смесей. То есть индикаторы разрабатывают в условиях, когда легко сделать достаточно универсальные фильтры, но сделать для них универсальные датчики и индикаторы невозможно.

У пассивных индикаторов есть ряд недостатков. Если срок службы меньше чем длительность непрерывной работы в загрязненной атмосфере, необходимо их периодически проверять, не изменился ли цвет, что может быть неудобно при плохом освещении, напряженной работе. У некоторых пассивных индикаторов есть другой недостаток: их гарантийный срок хранения до начала эксплуатации может быть во много раз меньше, чем у фильтра. Способность индикаторов улучшить защиту работников и снизить расходы, в сочетании с бурным развитием микроэлектроники в последние десятилетия создает условия для широкого внедрения именно активных индикаторов. Но, к сожалению, это не происходит.

Сертификацию СИЗОД для использования работодателями в США и Канаде проводит Институт охраны труда (NIOSH). По данным Института поставщикам СИЗОД разрешили разрабатывать и продавать СИЗОД с индикаторами с 1972 г., а с 1998 г. использование реакции органов чувств на появление газа в маске для замены фильтров запрещено полностью [7] (ранее допускали, но лишь при защите от тех газов, которые, как считалось, можно обнаружить по запаху/раздражению при концентрации до 1 ПДК_{рз}). Но ни одного активного индикатора не было предложено для сертификации по сей день. А из тех пассивных, которые изготавливали для защиты от ароматических хлорсодержащих соединений, алифатических кетонов, кислых газов [HCl, HF, SO₂, H₂S], органических соединений, аммиака, ртути, хлора, большая часть сейчас снята с производства. В продаже остались пассивные индикаторы для защиты от ртути и от некоторых органических соединений.

Поставщики объясняют нежелание изготавливать СИЗОД с индикаторами, например, недостаточно четкими требованиями к их использованию работодателем; отсутствием миниатюрных, чувствительных и экономичных датчиков газов; опасением коммерческой неудачи при выпуске нового продукта на рынок [8].

Проблемы создания активных индикаторов

При сертификационных испытаниях фильтр может быть отнесен к одному из нескольких основных видов (или их сочетаний), и каждый фильтр может использоваться для защиты от разных веществ. Установка индикатора, реагирующего только на одно вещество, удорожает фильтр, делая его использование для защиты от других веществ невыгодным.

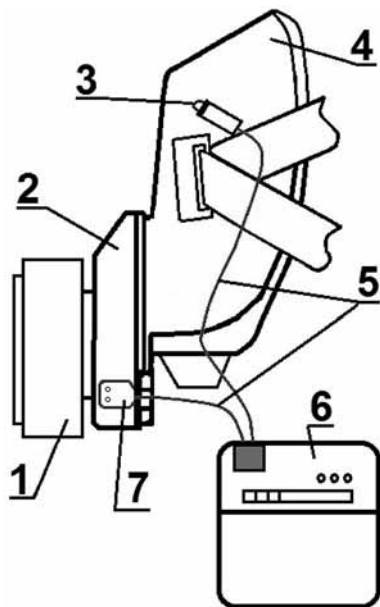


Рис. 1. Активный индикатор ESLI:

1 — фильтр; 2 — адаптер для датчика; 3 — светодиодная сигнализация; 4 — полумаска; 5 — провода; 6 — источник питания и акустическая сигнализация; 7 — датчик для обнаружения паров растворителей

Недостаток можно устранить, поместив датчик активного индикатора между стандартным фильтром и маской (рис. 1). Это позволило бы "собирать" СИЗОД под конкретные условия применения (выбирая датчик и фильтр с необходимыми свойствами). Но идея не получила развития. Причина в том, что концентрация газа в очищенном воздухе с течением времени меняется нелинейно. В первой половине срока службы загрязненность выходящего из фильтра воздуха может быть ниже порога чувствительности самого современного лабораторного оборудования. А перед окончанием срока службы происходит резкий рост концентрации газа (рис. 2). Датчик (между фильтром и маской) должен работать непрерывно и обнаруживать газ при концентрации, значительно меньшей 1 ПДК_{рз}. Таких датчиков мало, непрерывно работая, они потребляют много энергии и при этом могут не обеспечить запас времени для покидания загрязненной атмосферы [6].

Заглубление датчика в сорбент позволило бы устранить все описанные выше проблемы. Слой сорбента за датчиком обеспечивал бы защиту

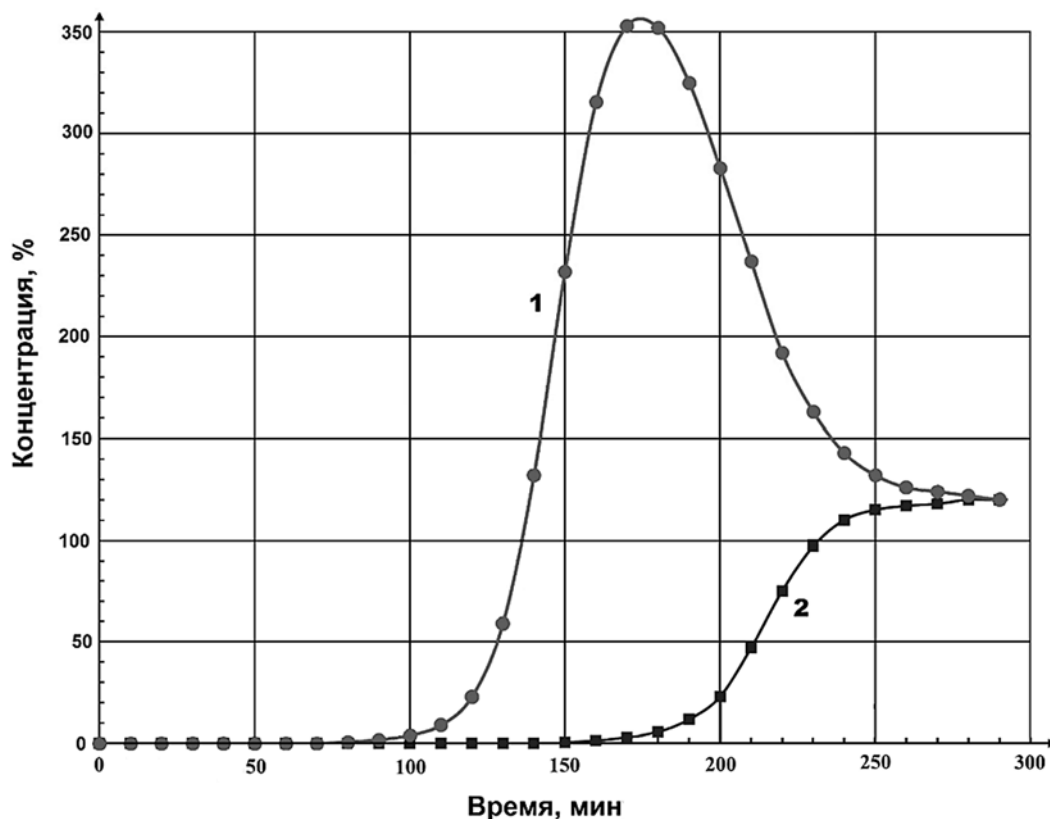


Рис. 2. Изменение концентрации газов в очищенном воздухе:

по оси ординат — относительная концентрация по отношению к концентрации в окружающем воздухе: 1 — ацетон; 2 — стирол. При очистке от смеси концентрация в очищенном воздухе может временно превысить исходную [4]



какое-то время после того, как загрязненность воздуха в месте размещения датчика стала большой. Это позволило бы использовать менее чувствительные датчики; включать их периодически, экономя энергию; гарантировало запас времени от срабатывания индикатора до окончания срока службы. Но конструкция современных фильтров не предусматривает возможность установки датчиков в слой сорбента. Нередко размеры датчиков сравнимы с толщиной слоя сорбента, а несъемные датчики повышают стоимость, одновременно сокращая область применения. Особенности системы сертификации СИЗОД в США создают дополнительные препятствия для производителей датчиков. В отличие от Европейского Союза и РФ, в США не сертифицируют фильтры отдельно, а только вместе с маской, и действие сертификата относится лишь к СИЗОД в сборе [9]. Поэтому компания, изготавливающая датчики, может расширить их сбыт (продавая индикаторы ESLI), только начав выпуск СИЗОД целиком, что для производителей микроэлектроники выглядит непривлекательно.

По сути, все усилия улучшить защиту работников с помощью активных индикаторов, не дали никакого результата на протяжении более 40 лет — несмотря на появление новых технологий. По мнению авторов, это может отчасти объясняться негативным влиянием и других факторов, перечисленных ниже.

1. При сертификации фильтры должны обеспечить улавливание определенных газов в определенных условиях некоторое минимальное время и должны соответствовать другим техническим показателям. Фактически, современные требования к сертификации фильтров игнорируют проблему обеспечения их своевременной замены при последующем применении.

2. Разработав требования к применению СИЗОД [7], некоторые государства заставили работодателей менять существующие фильтры безопасным для работника способом (по расписанию, составленному для наихудшего возможного случая). Это стимулировало рост продаж фильтров. Но самые высокие концентрации газов встречаются нечасто, поэтому много фильтров заменяют преждевременно. Дальнейшие попытки стимулировать производителей делать фильтры с индикаторами (т. е. снизить объем их продаж) не дали результата. Например, американские фирмы Scott и MSA разработали

газоанализаторы массой ~100 г (включая источник питания, экран для индикации показаний и ударопрочный корпус), но даже не пытаются установить их в СИЗОД.

Использование противогазных фильтрующих СИЗОД в РФ

В РФ нет требований к выбору и применению СИЗОД, включая своевременную замену фильтров, обучение специалистов по охране труда по этой теме не ведется, нет адекватных учебных материалов по замене фильтров (сравнимых с упоминаемыми в работе [10]). Основным источником информации становятся поставщики. Российские компании игнорируют возможность запоздалой замены фильтров при использовании субъективной реакции органов чувств, а представители западных производителей следуют примеру коллег (вдобавок не информируя потребителя о уже разработанных, доступных методах для своевременной замены [4]). Потребителю предлагают менять фильтры на основе субъективной реакции органов чувств работника или ничего не предлагают вообще, но снимают с себя ответственность за последствия использования таких фильтров. Нарушение закона при торговле фильтрующими противогазными СИЗОД — норма: поставщик обязан сообщать покупателю, через какое время использование товара может создавать опасность (т. е. срок службы фильтров) [11]. Государственные органы на такое нарушение не реагируют. По данным широкомасштабного опроса [12], охватившего более 30 тыс. организаций США, значительная доля компаний с небольшим числом сотрудников допускала нарушения требований стандарта [7].

СИЗОД является последним препятствием, защищающим работника от токсичных веществ, и к их надежности должны предъявляться высокие требования. Но из написанного выше следует, что трудно ожидать, что множество небольших организаций в РФ обеспечат своевременную замену фильтров. Проблему могли бы смягчить фильтры с активными индикаторами, сама конструкция которых сводит риск к минимуму.

Перспективные конструкции фильтров для российских СИЗОД

Для успешного внедрения индикаторов в РФ необходимо решить проблемы: чувствительности

датчика, потребления энергии, запаса времени для покидания рабочего места. Наилучшее решение — установка многоразового съемного датчика так, чтобы после его срабатывания в маску продолжал поступать пригодный для дыхания воздух. Ниже перечислены возможные конструкции фильтров.

1. Фильтры большого размера, присоединяемые к маске с помощью шланга.

В разрабатывавшихся в РФ противогазах ППФМ фильтр большого размера "собирался" из отдельных частей (маленьких фильтров) с помощью стандартных разъемов, и воздух проходил через них последовательно. Описан аналогичный фильтр, собираемый из отдельных меньших, через которые воздух также проходит последовательно [13]. Такие конструкции создают исключительно благоприятные условия для размещения подходящего датчика между фильтрами — в переходнике.

2. Небольшие фильтры, устанавливаемые на маску по два, традиционно принято делать одинаковыми. Однако для своевременной замены противогазных фильтров может быть полезно делать их разными, с разным сроком службы. Установка датчика между фильтром с меньшим сроком службы и маской приведет к тому, что при достижении ПДКрз половина воздуха, поступающего в маску, будет хорошо очищена другим фильтром. Таким образом, даже при небольшом превышении ПДКрз в воздухе, прошедшем через фильтр с меньшим сроком службы, средняя концентрация будет приемлемой. А перекрытие прохода воздуха через фильтр с меньшим сроком службы (по сигналу индикатора) позволит работнику покинуть рабочее место, используя другой фильтр. Тот же результат можно получить, установив на один из одинаковых фильтров противогазный предфильтр с достаточным количеством сорбента.

3. Фильтры, устанавливаемые на маску одиночно. Результат изучения дополнительных миниатюрных фильтров, использовавшихся вместе с основным фильтром, приведен в работе [14]. Первые помогали определить срок службы вторых. При комплектации одиночного фильтра с большой сорбционной емкостью дополнительным мини-фильтром с заведомо меньшим сроком службы и их параллельной установке на СИЗОД датчик может устанавливаться между маской и вторым фильтром. После превышения

ПДКрз в месте размещения датчика под маску будет поступать смесь из хорошо очищенного воздуха, прошедшего первый фильтр, и незначительного количества хуже очищенного воздуха, прошедшего второй фильтр.

Замена фильтров по расписанию

В РФ установлены ПДКрз для более чем 1100 веществ, которые могут находиться в воздухе в газообразном виде [1]. Надежные, чувствительные и эффективные датчики для обнаружения любого из этих веществ и для предупреждения работника о замене фильтров сейчас не существуют. Возможно, для многих из этих веществ они не будут разработаны и в ближайшем будущем. Замена фильтров в таких случаях должна проводиться по расписанию, т. е. путем оценки срока службы доступным способом.

При наличии информации об условиях труда (наихудших с точки зрения использования фильтра) можно смоделировать очистку воздуха фильтром и приближенно оценить срок его службы. Работа в этой области ведется с 1990-х годов, и сейчас бесплатно доступна универсальная программа для вычисления срока службы противогазных фильтров "MultiVapor" [15]. При вычислении срока службы эта программа запрашивает у пользователя состав воздушных загрязнений и их концентрацию, условия труда и свойства фильтра. Так как в РФ поставщики фильтров не сообщают их свойства потребителю, использование этой программы в российских условиях сильно затруднено.

В работе [16] наглядно показано, как замена фильтров по расписанию (составленному с помощью программы "MultiVapor") улучшила защиту маляров. При окраске автомобилей фильтры стали заменять гораздо чаще: не один раз в 2 или 3 дня (на основе субъективной реакции органов чувств), а каждые 4 часа. До изменения периодичности замены 7 из 10 снятых с масок фильтров не обеспечивали очистку воздуха от бензола. А после изменения все снимаемые с масок фильтры еще сохраняли способность очищать воздух.

Пути улучшения защиты работников

Наилучший способ избежать запоздалой замены фильтров и их повторного применения при защите от склонных к миграции вредных



веществ — это использование индикаторов ESLI. Но требования к СИЗОД в РФ не предусматривают возможность сертификации таких фильтров (и западные модели сертифицируются как обычные фильтры без проверки качества работы индикатора). Конкретных требований к выбору и применению СИЗОД (как в развитых странах) в РФ нет совсем. При проверке того, как работодатель обеспечивает работников СИЗ, государственные инспектора руководствуются "Списком контрольных вопросов" [17]. Однако в этом перечне, в рамках которого инспектор проводит проверку работодателя, оценка своевременности замены противогазных фильтров не предусмотрена вообще.

С другой стороны, многие небольшие производители СИЗОД не способны ни сделать фильтры с индикаторами, ни разрабатывать программы для приближенной оценки срока службы (для составления расписания их замены). А производители и поставщики датчиков не могут изготавливать индикаторы, которые (в условиях РФ) невозможно сертифицировать.

Для улучшения защиты работников, использующих фильтрующие противогазные СИЗОД, необходимо изменить условия их разработки, сертификации и применения, изменить инструкции, которые используют инспектора охраны труда, дополнить это учебными материалами и адекватным обучением. Например, специалисты по гигиене и охране труда и представители независимых профсоюзов могли бы принимать участие в разработке требований к СИЗОД так, чтобы они в большей степени учитывали обеспечение безопасности работника.

Сама сертификация могла бы проводиться более ответственно. Например, АО "Респираторный комплекс" получил сертификат [18] на фильтрующую полумаску. В сертификате указывалось на допустимость применения СИЗОД для защиты от монооксида углерода при превышении 1 ПДК_{крз}. Но из того же сертификата следует, что способность изделия защищать от газа не проверялась при сертификации вообще. А как потребитель догадается, когда менять респиратор — непонятно; в этом конкретном случае орган обоняния бесполезен.

В США и Канаде сертифицировать СИЗОД может только одна организация — NIOSH, и она имеет право в течение времени действия сертификата проверять то, как изготавливают СИЗОД; проводятся проверки качества изделий,

поступающих в продажу после сертификации. При выявлении нарушений — сертификат аннулируется.

Требования к выбору и применению СИЗОД в РФ могут быть разработаны на основе стандарта [7], а инструкцию для государственных и профсоюзных инспекторов следует дополнить указанием на необходимость проверки своевременности замены фильтров в соответствии с отдельным документом, схожим с используемым инспекторами OSHA в США [19].

Для увеличения ассортимента фильтров с индикаторами следует создать условия, привлекающие к их созданию производителей датчиков: начать сертифицировать сами индикаторы и постепенно унифицировать разъемы крепления фильтра к маске. Унификация позволит использовать самые подходящие маски и фильтры, в том числе разных изготовителей. Если поставщик не может изменить разъемы (например, у иностранных СИЗОД), он может комплектовать СИЗОД переходником под стандартный разъем.

Для облегчения составления расписаний замены фильтров поставщик при сертификации должен не только подтвердить их соответствие минимальным техническим требованиям. Он должен предоставить полное описание свойств, необходимое для вычисления срока службы с помощью, например, программы "MultiVapor" (свойства сорбента, его масса, толщина и поперечное сечение слоя сорбента в фильтре). Орган по сертификации проведет выборочную проверку этого описания и лишь при его пригодности для вычисления срока службы сертифицирует фильтр. Возможность моделировать очистку воздуха также поможет выбрать подходящий датчик (индикатор) при защите от смесей газов, так как концентрации загрязнений в очищенном воздухе и в воздухе рабочей зоны отличаются [4].

Принятие закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" и "Методики снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию" в сочетании с разрешением использовать до 20 % отчислений в Фонд социального страхования на профилактику страховых случаев (включая закупку СИЗОД), создало благоприятные

условия и для широкого применения фильтрующих противогазных СИЗОД, и для снижения классов (подклассов) труда. По данным Фонда социального страхования на закупку СИЗ уходит в 30—40 раз больше средств, чем на средства коллективной защиты. К сожалению, для обеспечения правильного использования СИЗОД этого типа сделано гораздо меньше. По мнению авторов, разрешение снижать классы (подклассы) труда при использовании СИЗОД не обосновано. Необходимо в первую очередь стимулировать работодателя улучшать условия труда, а лишь во вторую — стимулировать правильно использовать СИЗОД (дав необходимые для этого средства). Разрешение снижать классы (подклассы) необходимо пересмотреть.

Выводы

1. Необходимо стимулировать работодателя использовать для защиты работников от токсичных газов не фильтрующие СИЗОД, а более надежные средства коллективной защиты.

2. Современный уровень науки и доступные технологии способны обеспечить своевременную замену противогазных фильтров СИЗОД. Но в РФ эта возможность используется редко.

3. Для улучшения защиты работников необходимо внедрить адекватные, современные требования к конструкции фильтров, к СИЗОД, их сертификации и их описанию, а также к процедуре замены фильтров работодателем.

Список литературы

1. **ГН 2.2.5.3532—18** "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны". URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9967 (дата обращения 05.09.2020).
2. **Гомзикова С.** Трудимся до смерти. URL: <https://svpressa.ru/all/article/42024/> (дата обращения 05.09.2020).
3. **Попова А. Ю.** Государственный доклад "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году". С. 138. URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933 (дата обращения 05.09.2020).
4. **Капцов В. А., Чиркин А. В.** Замена противогазных фильтров СИЗОД. URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (дата обращения 05.09.2020).
5. **Favas G.** End of Service Life Indicator (ESLI) for Respirator Cartridges. Part I. URL: https://archive.org/details/DTIC_ADA446250 (дата обращения 05.09.2020).

6. **Sparks L. W.** Notice of Acceptance of Applications for Approval of Air Purifying Respirators with End-of-Service-Life Indicators ESLI. Federal Register Vol. 49(140). P. 29270. URL: <https://www.loc.gov/item/fr049140/> (дата обращения 05.09.2020).
7. **OSHA Standard 29 CFR 1910.134** "Respiratory Protection". URL: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/29/1910.134> (дата обращения 05.09.2020).
8. **Rose-Pehrsson S. L., Willams M.** Integration of Sensor Technologies into Respirator Vapor Cartridges as End-of-Service-Life Indicators. 2005, 37 p. URL: https://archive.org/details/DTIC_ADA434905 (дата обращения 09.09.2020).
9. **§ 84.2 Definitions.** In: 42 CFR part 84. Approval of Respiratory Protective Devices. URL: https://www.govregs.com/regulations/title42_chapterI_part84_subpartA_section84.2 (дата обращения 09.09.2020).
10. **US Occupational Safety and Health Administration.** Training Requirements and Resources: Respiratory Protection eTool. Respirator Change Schedules. URL: https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html (дата обращения 05.07.2020).
11. **Закон от 7 февраля 1992 г. № 2300-I** "О защите прав потребителей". Ст. 5. URL: <http://zakonozpp.ru/zakonozpp.pdf> (дата обращения 11.09.2020).
12. **Respirator Usage in Private Sector Firms.** URL: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/respsurv/> (дата обращения 09.09.2020).
13. **Глава 7.3.** Конструкция устройств для компоновки фильтрующе-поглощающих коробок противогазов при эксплуатации в экстремальных условиях. В: Олонцев В. Ф., Олонцев В. В. Научные основы создания фильтрующих противогазов. Пермь: Пермский ЦНТИ, 2005. С. 166—175. 177 с.
14. **Cohen H. J., Levine S. P., Garrison R. P.** Development of a field method for determining the service lives of respirator cartridges — Part IV: Results of field validation trials. American Industrial Hygiene Association Journal. — 1991. — Vol. 52(7). — P. 263—270. DOI: 10.1080/15298669191364712.
15. **NIOSH.** MultiVapor™ Version 2.2.5 Application. URL: <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/multivapor/multivapor.html> (дата обращения 09.09.2020).
16. **Jahangiri M. et al.** Air monitoring of aromatic hydrocarbons during automobile spray painting for developing change schedule of respirator cartridges. Journal of Environmental Health Science & Engineering. — 2014. — Vol. 12(1). — P. 41. DOI: 10.1186/2052-336X-12-41.
17. **Приложение № 30.** Форма проверочного листа. URL: <https://base.garant.ru/71810786/a496d02287c1e8a2f8df9041972293a4/> (дата обращения 11.09.2020).
18. **Сертификат № TC RU C-RU.AE44.B.00592 RU** (Серия RU № 0075685) выдан АНО "Научно-технический центр стандартизации метрологии подтверждения соответствия (сертификации) "Тест-С-Петербург"", подписан С. Н. Богдановым и канд. хим. наук А. В. Коробейниковой.
19. **Appendix A.** Change schedules guide. A listing of methods. In: Respiratory Protection Standard Inspection procedures — OSHA Directive CPL 2-0.120. URL: https://www.ehso.com/RespProtection_Insp.htm (дата обращения 11.09.2020).



V. A. Kaptsov, Professor, All-Russian Research Institute Railway Hygiene, Moscow,
A. V. Chirkin, Worker, e-mail: alexander.chir@yandex.ru, LLC "Beta PRO", Moscow

The Improved Gas Cartridges for the Filtering Respirators

The article describes the problems in replacing gas mask canisters and cartridges. There are descriptions of the passive and active End of Service Life Indicators (ESLI), their advantages and disadvantages. The article identifies those technical and organizational problems that hinder the development and sale of cartridges with ESLI. Ways to improve protection of employees are shown: change of requirements for certification of filters and RPD, unification of connectors for fixation filters; improvement of filters design; development and implementation of requirements to employer, regulating respiratory protection; providing the consumer with information to calculate the service life (for developing change schedule of cartridges).

Keywords: respirator, RPD, gas cartridge, End of Service Life Indicator

References

1. **GN 2.2.5.3532—18** "Occupational Exposure Limits (OEL) of harmful substances in the air at the workplace" (GN 2.2.5.3532—18 "Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) vrednykh veshchestv v vozdukh rabochey zony"). URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9967 (date of access 05.09.2020).
2. **Gomzikova S.** Trudimsya do smerti. URL: <https://svpressa.ru/all/article/42024/> (date of access 05.09.2020).
3. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossijskoj Federacii v 2019 godu". URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=14933 (date of access 05.09.2020).
4. **Kaptsov V. A., Chirkin A. V.** Timely replacement of respirator cartridges. Lecture. (Zamena protivogaznykh fil'trov SIZOD. Lekciya). URL: [https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)) (date of access 05.09.2020).
5. **Favas G.** End of Service Life Indicator (ESLI) for Respirator Cartridges. Part I. URL: https://archive.org/details/DTIC_ADA446250 (date of access 05.09.2020).
6. **Sparks L. W.** Notice of Acceptance of Applications for Approval of Air Purifying Respirators with End-of-Service-Life Indicators ESLI. *Federal Register* V. 49(140). P. 29270. URL: <https://www.loc.gov/item/fr049140/> (date of access 05.09.2020).
7. **OSHA Standard 29 CFR 1910.134** "Respiratory Protection". URL: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/29/1910.134> (date of access 05.09.2020).
8. **Rose-Pehrsson S. L., Willams M.** Integration of Sensor Technologies into Respirator Vapor Cartridges as End-of-Service-Life Indicators. 2005, 37 p. URL: https://archive.org/details/DTIC_ADA434905 (date of access 09.09.2020).
9. **§ 84.2 Definitions.** In: 42 CFR part 84. Approval of Respiratory Protective Devices. URL: https://www.govregs.com/regulations/title42_chapterI_part84_subpartA_section84.2 (date of access 09.09.2020).
10. **US Occupational Safety and Health Administration.** Training Requirements and Resources: Respiratory Protection eTool. Respirator Change Schedules. URL: https://www.osha.gov/SLTC/etools/respiratory/change_schedule.html (date of access 05.07.2020).
11. **Zakon** ot 7 fevralya 1992 g. N 2300-I "O zashchite prav potrebitelej". URL: <http://zakonozpp.ru/zakonozpp.pdf> (date of access 11.09.2020).
12. **Respirator Usage in Private Sector Firms.** URL: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/respsurv/> (date of access 09.09.2020).
13. **Chapter 7.3.** Design of a device for installation of gas mask filters for use in extreme conditions. In: Olontsev V. F., Olontsev V. V. Scientific basis for the development of gas masks (Nauchnye osnovy sozdaniya fil'truyushchih protivogazov). Perm: Permskiy TSNTI, 2005. 177 p.
14. **Cohen H. J., Levine S. P., Garrison R. P.** Development of a field method for determining the service lives of respirator cartridges — Part IV: Results of field validation trials. *American Industrial Hygiene Association Journal*. — 1991. — Vol. 52(7). — P. 263—270. DOI: 10.1080/15298669191364712.
15. **NIOSH.** MultiVapor™ Version 2.2.5 Application. URL: <https://www.cdc.gov/niosh/npptl/multivapor/multivapor.html> (date of access 09.09.2020).
16. **Jahangiri M. et al.** Air monitoring of aromatic hydrocarbons during automobile spray painting for developing change schedule of respirator cartridges. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. — 2014. — Vol. 12(1). — P. 41. DOI: 10.1186/2052-336X-12-41.
17. **Prilozhenie No. 30.** Forma proverochnogo lista. URL: <https://base.garant.ru/71810786/a496d02287c1e8a2f8df9041972293a4/> (date of access 11.09.2020).
18. **Sertifikat** No. TC RU C-RU.AE44/B/00592 RU (Serija RU No. 0075685) vydan ANO "Nauchno-tehnicheskij centr standartizacii metrologii podtverzhdeniya sootvetstvija (sertifikacii) "Test-C-Peterburg".
19. **Appendix A.** Change schedules guide. A listing of methods. In: Respiratory Protection Standard Inspection procedures — OSHA Directive CPL 2-0.120. URL: https://www.ehso.com/RespProtection_Insp.htm (date of access 11.09.2020).

И. М. Вельм, д-р культурологии, проф., зав. кафедрой, e-mail: velm.i.m@gmail.com, Сарапульский политехнический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

Пути снижения травматизма в строительной отрасли в Российской Федерации

Представлены результаты намеченных путей снижения травматизма в строительной отрасли в Российской Федерации. Рассмотрены показатели динамики травматизма в строительной отрасли со смертельным исходом за 2015—2019 гг. На основе проведенного анализа выявлены виды и причины производственного травматизма, позволяющие реализовать эффективный комплекс мероприятий, направленный на снижение и предотвращение несчастных случаев в строительной отрасли.

Ключевые слова: травматизм, пути уменьшения, строительная отрасль, динамика показателей травматизма, производственный травматизм, несчастные случаи, работники.

Введение

Высокий уровень производственного травматизма в нашей стране, который по данным Министерства труда России в несколько раз превышает показатели развитых стран, вынуждает искать пути его снижения. Особенно остро проблема производственного травматизма наблюдается в строительной отрасли, являющейся одной из ведущих и наиболее востребованных в экономике современной России [1]. По статистике строительство является самой травмоопасной сферой деятельности. Не менее 20 % всех несчастных случаев с тяжелым и смертельным исходом происходят именно в строительной отрасли [2].

Специфика строительной отрасли обуславливается применением, наряду с ручным трудом работников, сложных механизмов, агрегатов, посредством которых обеспечивается реконструкция и капитальный ремонт зданий, сооружений, линейных объектов и др., что влечет за собой высокие риски для работников строительной отрасли, где ежегодно строители получают многочисленные травмы и гибнут на строительных площадках. В связи с этим обеспечение безопасности работников строительной отрасли является одной из важных проблем по снижению показателей травматизма на строительных объектах [3].

Работы в строительной отрасли ведутся в течение всего календарного года при различных атмосферных условиях и времени суток. Помимо этого, строителям зачастую приходится работать сверхурочно, превышая восьмичасовой рабочий день [4]. Работа в таких условиях создает особенно

высокую угрозу здоровью и жизни сотрудников строительной сферы. Большинство несчастных случаев в отрасли строительства приходится на весенне-летний период, что связано с активизацией строительных работ: увеличение продолжительности светового дня, благоприятный температурный режим.

Проблема распространенности производственного травматизма, в том числе со смертельным исходом, продолжает оставаться актуальной. Ежегодно в мире в процессе трудовой деятельности в строительной отрасли погибает более 1 млн человек. Всего травмируются в пределах 270 млн человек. Возникает необходимость в повышении эффективности управления охраной труда на строительных объектах в целях снижения числа несчастных случаев работников строительной отрасли. Для разработки эффективных мероприятий необходимо провести анализ показателей производственного травматизма в строительной сфере, включающих количество случаев, приводящих к смертельному исходу [5].

Объекты и методы исследований

Работники строительной отрасли часто подвергаются опасностям, вызывающим травмы различных степеней тяжести. Объектом исследования является анализ распространенности травматизма в строительной отрасли Российской Федерации за 2015—2019 гг. со смертельным исходом и различными видами травматизма.

В статье применяются следующие методы исследования: анализ статистических показателей



для выявления динамики несчастных случаев со смертельным исходом в строительной отрасли за 2015—2019 гг.; анализ и синтез — для выявления видов и причин производственного травматизма в строительной отрасли; метод системного подхода, применение которого позволило предложить пути уменьшения травматизма в строительной отрасли Российской Федерации.

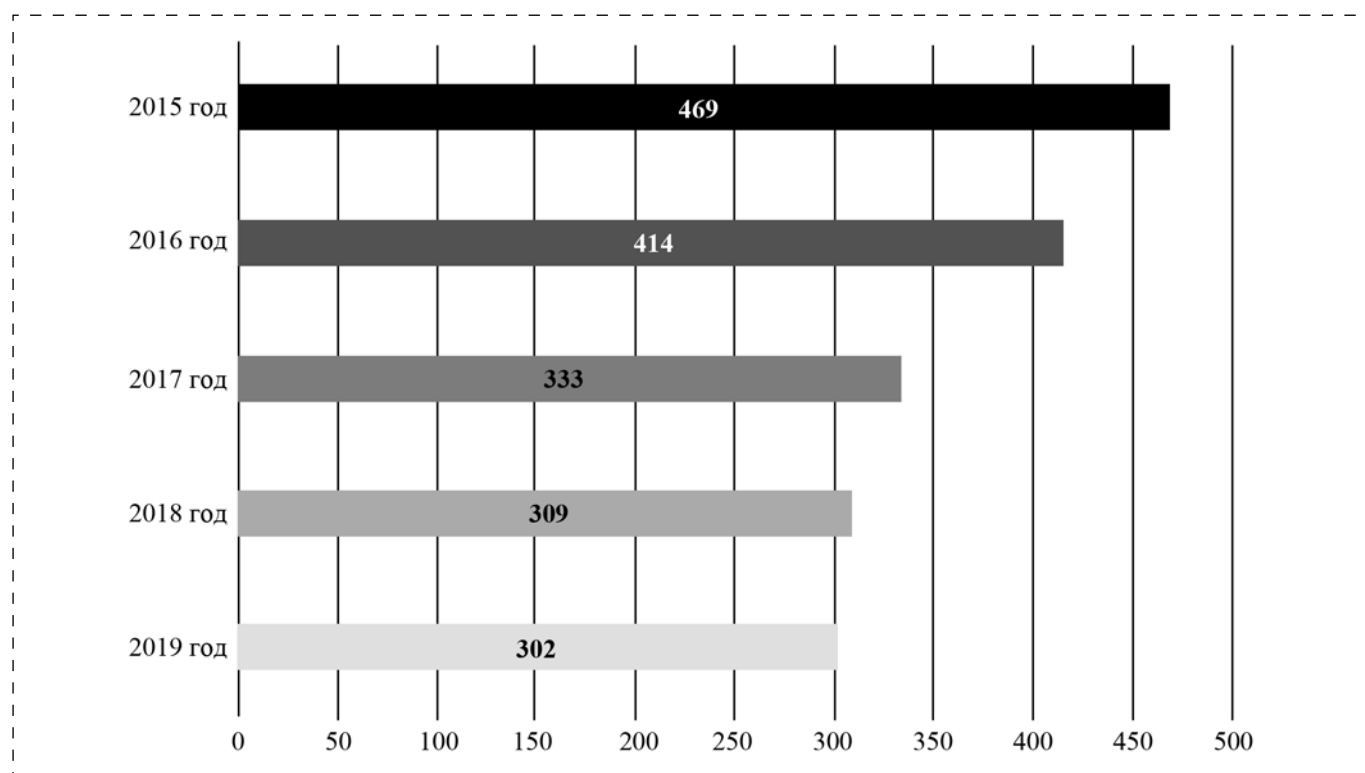
Результаты исследования

Строительная отрасль продолжает оставаться одной из самых опасных отраслей с точки зрения серьезных травм, потери рабочего времени, госпитализации, нетрудоспособности и смертности, в которой существует большая потребность в повышении безопасности и сохранении здоровья работников. Несчастные случаи на строительных площадках ежегодно формируют большое число пострадавших в России. Исследование направлено на выявление и ранжирование причин с целью разработки мероприятий по уменьшению травматизма в строительной отрасли Российской Федерации.

Ежегодно в результате несчастных случаев в строительной отрасли Российской Федерации погибает несколько сот человек и тысячи получают травмы. Россия уже много лет сталкивается

с проблемой несчастных случаев в строительной отрасли. На рисунке представлена динамика несчастных случаев со смертельным исходом в строительной отрасли за 2015—2019 гг. [6].

Как показывают данные рисунка, за период 2015—2019 гг. происходит тенденция к снижению числа несчастных случаев со смертельным исходом в строительной отрасли. В 2016 г. по сравнению с 2015 г. наблюдается снижение травматизма на 11,73 %; по данным 2017 г. произошло снижение на 19,5 % по сравнению с 2016 г.; в 2018 г. отмечается уменьшение несчастных случаев со смертельным исходом по сравнению с предыдущим годом на 7,2 %; в 2019 г. число несчастных случаев снизилось на 2,26 % по сравнению с 2018 г. Показатель несчастных случаев со смертельным исходом в строительной отрасли в конце рассматриваемого периода в 2019 г. уменьшился на 35,6 % по сравнению с 2015 г. Результаты проведенного анализа статистических показателей подтверждают, что за отчетный период наблюдается постепенное снижение погибших в строительной отрасли ввиду того, что строительство в последнее десятилетие развивается интенсивно, о чем свидетельствует возведение новых жилых домов, промышленных объектов, сельскохозяйственных объектов, дорожных объектов и т. д.



Динамика несчастных случаев со смертельным исходом в строительной отрасли за 2015—2019 гг.

Стоит отметить, что уровень производственного травматизма зависит от современного состояния условий труда, организации трудового процесса и характера труда (опасный, тяжелый, нервно-напряженный, сменный график работы) [7].

В рамках проводимого исследования были определены основные виды и причины производственного травматизма в строительной отрасли по степени распространенности.

Падения — являются наиболее распространенной причиной травматизма на рабочем месте. Падения с высоты происходят по следующим причинам: отсутствие ограждения крыши, проемы в крыше и перекрытии, неправильная конструкция строительных лесов, дефекты конструкции переносных лестниц.

Падающие предметы — представляют серьезную опасность для рабочих на строительной площадке. В числе причин травматизма могут быть: разливы жидкости или сыпучих материалов, особенности погодных условий (дождь, ветер, снег), переход от сухой поверхности к влажной, низкий уровень освещенности.

Случаи производственного травматизма могут возникнуть в результате отказа оборудования, неправильного использования или игнорирование необходимых мер безопасности работниками строительной отрасли.

Несчастные случаи, связанные с транспортными средствами, обуславливаются попаданием работников под строительную технику (во время движения задним ходом) или столкновением между транспортными средствами и другими объектами.

Можно перечислить некоторые другие виды травматизма: отказ или неисправность оборудования, причинами травматизма в этом случае являются эксплуатация неисправных машин, оборудования; несовершенство технологического процесса.

К перечисленным случаям причин травматизма можно добавить такие как переутомление, стресс, тепловой удар, переохлаждение, обморожение. Как следствие, работники могут получить травмы в виде повреждений, переломов, ушибов, вывихов, растяжений и другие травмы опорно-двигательного аппарата различной степени тяжести.

Исходя из перечисленного выше следует отметить, что строительная отрасль является чрезвычайно рискованной и поэтому требует от работодателей надлежащих и систематических мер безопасности для обеспечения сохранности работников. Для снижения травматизма работников

строительной отрасли заинтересованные стороны (работодатели, рабочие, регулирующие органы, поставщики, производители, владельцы) должны принимать участие в оптимизации процесса, обеспечивающего минимизацию рисков при проведении строительных работ.

На основе проведенного анализа были предложены пути снижения травматизма в строительной отрасли Российской Федерации.

1. Обязательное использование средств индивидуальной защиты. Для обеспечения надлежащей безопасности на строительной площадке рабочие должны быть оснащены современным оборудованием и рабочей одеждой. Несколько десятилетий назад использовались только шлем и жилет. На сегодняшний день существует прочная рабочая одежда, высококачественная рабочая обувь, надежные шлемы и защитное снаряжение. Например, нынешняя обувь для работников строительной отрасли имеет защиту от ударов по всей площади стопы, а также стальную пластину для предотвращения проникновения сквозь подошву. Для обеспечения безопасности при проведении работ на строительных объектах многие предприятия применяют "умные шлемы", в которых используются специальные линзы и дополненная реальность, чтобы предоставить работникам дисплей, предупреждающий их о потенциальных опасностях. Таким образом, для обеспечения надлежащей безопасности на строительной площадке рабочие должны быть оснащены новейшим оборудованием и рабочей одеждой.

2. Внедрение инновационных технологий в строительную отрасль. В качестве примера внедрения цифровых технологий в строительную сферу Российской Федерации можно привести использование специальных мобильных приложений для обнаружения первых симптомов простуды или кровотечения у работников строительной отрасли, посредством использования данного приложения рабочие находятся под тщательным медицинским контролем. Кроме того, для мониторинга состояния здоровья работников применяют устройства промышленного интернета вещей (IIoT-устройства), которые могут передавать информацию по самочувствию каждого рабочего: пульс, частота сердечных сокращений, уровень насыщения крови кислородом. При возникновении опасной ситуации при использовании IIoT-устройства тревожный сигнал незамедлительно поступает на пульт охраны.

С целью повышения работоспособности сотрудников в строительной отрасли можно



использовать программы тестирования физической формы, которая предлагает работодателям точные, научно обоснованные средства диагностики физической подготовленности работников для определения профпригодности при выполнении строительных работ, поскольку специфика строительства обуславливает тяжелый, а порой и экстремальный физический труд. Некоторые виды строительства включают в себя ручное перемещение материалов (подъем, перенос, толкание, вытягивание), тяжелых носилок с бетоном, бревен, пиломатериалов, стальных балок и ведер с песком. Помимо работы с тяжелыми материалами и предметами, работники строительной отрасли вынуждены принимать неудобные позы в течение длительных периодов времени для выполнения таких работ, как связывание арматуры, сварка, шлифовка и др. Строительные работы часто выполняются при экстремальных температурах. Сердечно-сосудистая система и выносливость работника подвергаются тяжелым нагрузкам в течение долгого рабочего дня. Система тестирования физических способностей потенциальных работников в строительной отрасли обеспечит большую эффективность при использовании цифровых технологий.

Одним из новшеств, применяемым в строительной отрасли, является использование беспилотных летательных аппаратов (дронов). Использование дронов — это новейшая технология в строительстве, которая, помимо повышения эффективности работы на строительных площадках и помощи в составлении карт и анализе данных, может использоваться при обследовании и мониторинге текущей деятельности на строительном объекте любой высоты. Использование беспилотных летательных аппаратов при строительстве объектов обеспечит контроль строительной площадки на предмет угроз безопасности, поскольку дрон способен перемещаться в места, опасные для работников, где имеется ограниченное пространство, незавершенный объект или нестабильное сооружение.

3. Повышение квалификации работников строительной отрасли. Разработка и внедрение прогрессивной системы обучения работников позволит сформировать культуру поведения на строительном объекте, осознавать риски при проведении экстремальных работ и работ на высоте, что, в свою очередь, позволит снизить уровень производственного травматизма на предприятиях строительной отрасли [8]. Программа обучения должна включать: обучение правилам техники безопасности; оказание первой медицинской

помощи при несчастных случаях; работу со строительным оборудованием; изучение оценки рабочего места для выявления конкретных рисков для присутствующих на рабочем месте; работу с инновационными технологиями.

Предложенные меры, безусловно, не могут предотвратить всевозможные травмы работников, но намеченные пути снижения травматизма могут помочь создать культуру безопасности на рабочем месте, оценить уровень квалификации сотрудников, использовать цифровые технологии для автоматизации процесса на строительных объектах. Предложенные направления по снижению травматизма в строительной отрасли Российской Федерации позволят выйти сфере строительства на новый уровень, оптимизировав работу с использованием передовых технологий, что поможет добиться минимальных рисков для работников на строительных объектах.

Заключение

Уровень производственного травматизма в строительной отрасли нашей страны остается достаточно высоким, что требует разработки комплекса мероприятий для снижения показателя травматизма в Российской Федерации [9]. При анализе статистических данных производственного травматизма в строительной отрасли наблюдается доля скрытых случаев получения работниками травм с различной степенью тяжести ввиду негативных последствий для предприятий, включающих длительные проверки и высокие штрафы за несоблюдение охраны труда работников [10]. Передовые строительные компании для обеспечения безопасности работников используют качественное оснащение, надежное оборудование; передовые технологии, например, дроны и специальные мобильные приложения, что обеспечивает повышение уровня безопасности работников при высотном и подземном строительстве, земляных работах, эксплуатации подъемно-транспортного оборудования, монтаже сборных элементов, производстве бетонных работ, ведении общестроительных работ.

В заключении можно сказать следующее: несмотря на то что за последние годы в Российской Федерации наметилась тенденция снижения уровня травматизма в строительной отрасли, охрана труда работников строительной отрасли, несмотря на оптимизацию многих процессов, остается неудовлетворительной.

Проведенное исследование показывает, что в современных условиях имеются методы

и средства снижения травматизма в строительной отрасли. Организация труда, экипировка строителя, организация и планирование строительных работ должны быть продуманы, в первую очередь, с точки зрения предупреждения несчастных случаев. Предложенные мероприятия направлены на предохранение рабочих от производственных травм и несчастных случаев, облегчение труда и устранение причин, вызывающих травматизм и вредные воздействия на организм человека.

Список литературы

1. **Степанов А. И.** Актуальные проблемы строительной отрасли в Российской Федерации // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. — 2013. — № 5. — С. 277—280.
2. **Еркеев И. Х.** Опасная строительная площадка // Промышленная экологическая безопасность. — 2019. — № 7(148). — С. 1—3.
3. **Басабар А.** Совершенствование предупредительного императива в управлении охраной труда в строительстве: дис. кандидата наук: 05.26.01. Калининград, 2020. 179 с.

4. **Здравоохранение в России 2019:** Стат. Сборник / Росстат. — М., 2019. — 170 с.
5. **Бакарягина А.** Общая характеристика тенденций в развитии общего и строительного производственного травматизма в России и странах Евросоюза // Вестник молодежной науки. — 2017. — № 2(9). — С. 1—6.
6. **Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2015—2019 гг.** URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchety-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (дата обращения: 08.08.2020).
7. **Чернякова П. В.** Производственный травматизм на фоне роста расходов на компенсации, средства индивидуальной защиты в строительстве // Человек, экономика, общество: грани взаимодействия. Белгород, 2019. — С. 126—133.
8. **Климова Е. В., Калатоzi В. В., Рыжиков Е. Н., Калатоzi Э. К.** Анализ проблемы охраны труда в строительной отрасли // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2016. — № 12. — С. 100—104.
9. **Крауш С. А., Сенченко В. А.** Внедрение новых организационных мер безопасности при работе на высоте в строительстве // Вестник ТГАСУ. — 2015. — № 4. — С. 186—191.
10. **Колдина Е. В., Минько В. М.** Исследование соотношения несчастных случаев со смертельным исходом к общему производственному травматизму в Российской Федерации // Вестник молодежной науки. — 2015. — № 2. — С. 8—16.

I. M. Welm, Professor, Head of Department, e-mail: velm.i.m@gmail.com, Sarapul Polytechnic Institute (Branch) Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov

Ways to Reduction Injuries in the Construction Industry in Russian Federation

The results of the planned ways to reduction injuries in the construction industry in the Russian Federation are presented. The author considers the dynamics of injuries in the construction industry with fatal outcomes for 2015–2019. Based on the analysis, the types and causes of industrial injuries were identified, which allow implementing an effective set of measures aimed at reducing and preventing accidents in the construction sector.

Keywords: injuries, ways to reduction, construction industry, dynamics of injury indicators, industrial injuries, accidents, employees

References

1. **Stepanov A. I.** Aktual'nye problemy stroitel'noj otrasli v Rossijskoj Federacii. *Ekonomika i upravlenie: analiz tendencij i perspektiv razvitiya*. 2013. No. 5. P. 277—280.
2. **Erkeev I. H.** Opasnaya stroitel'naya ploshchadka. *Promyshlennaya ekologicheskaya bezopasnost'*. 2019. No. 7(148). P. 1—3.
3. **Basabar A.** Sovershenstvovanie predupreditel'nogo imperativa v upravlenii ohranoj truda v stroitel'stve: dis. kandidata nauk: 05.26.01. Kaliningrad, 2020. 179 p.
4. **Zdravoohranenie v Rossii 2019:** Stat. Sbornik. Rosstat. Moscow, 2019. 170 p.
5. **Bakaryagina A.** Obshchaya harakteristika tendencij v razvitii obshchego i stroitel'nogo proizvodstvennogo travmatizma v Rossii i stranah Evrosyuzu. *Vestnik molodezhnoj nauki*. 2017. No. 2(9). P. 1—6.

6. **Отчет о деятельности Федеральной службы по труду и занятости за 2015—2019.** URL: https://www.rostrud.ru/press_center/doklady/otchety-o-deyatelnosti-federalnoy-sluzhby-po-trudu-i-zanyatosti/ (date of access 08.08.2020).
7. **Chernyakova P. V.** Proizvodstvennyj travmatizm na fone rosta raskhodov na kompensacii, sredstva individual'noj zashchity v stroitel'stve. *Chelovek, ekonomika, obshchestvo: grani vzaimodejstviya*. Belgorod, 2019. P. 126—133.
8. **Klimova E. V., Kalatozi V. V., Ryzhikov E. N., Kalatozi E. K.** Analiz problemy ohrany truda v stroitel'noj otrasli. *Vestnik BGTU im. V. G. Shuhova*. 2016. No. 12. P. 100—104.
9. **Kraush S. A., Senchenko V. A.** Vnedrenie novyh organizacionnyh mer bezopasnosti pri rabote na vysote v stroitel'stve. *Vestnik TGAU*. 2015. No. 4. P. 186—191.
10. **Koldina E. V., Min'ko V. M.** Issledovanie sootnosheniya neschastnyh sluchaev so smertel'nym iskhodom k obshchemu proizvodstvennomu travmatizmu v Rossijskoj Federacii. *Vestnik molodezhnoj nauki*. 2015. No. 2. P. 8—16.



УДК 616-053.7-055.1(470.55/58)

С. А. Кузьмин, д-р мед. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,
В. В. Солодовников, канд. мед. наук, доц. кафедры,
О. И. Вовк, канд. мед. наук, доц. кафедры, **Л. К. Григорьева**, ассистент кафедры,
Е. А. Калинина, канд. мед. наук, доц. кафедры,
Оренбургский государственный медицинский университет Минздрава России

Мониторинг основных показателей здоровья юношей-подростков в Оренбургской области

Представлены результаты ежегодных плановых профилактических осмотров, лечебно-оздоровительных мероприятий и диспансерного наблюдения за состоянием здоровья и физического развития юношей-подростков 15—16-летнего возраста, проживающих в Оренбургской области. Отмечено, что необходимо использовать результаты мониторинга для своевременного и адекватного принятия управленческих решений в обеспечении безопасности жизнедеятельности подрастающего поколения, а также совершенствования системы охраны, укрепления здоровья детей и подростков Оренбуржья.

Ключевые слова: юноши-подростки, профилактические осмотры, диспансерное наблюдение, медицинское обеспечение, лечебно-оздоровительные мероприятия

Сохранение и укрепление здоровья подрастающего поколения в современных условиях приобретает большую социально-экономическую значимость. Именно подрастающему поколению начала третьего тысячелетия предстоит реализовать важнейшие социальные, экономические, научно-технические, культурные, оборонные функции общества и государства [1].

Вызывает тревогу ухудшение здоровья детей по мере их взросления. Факторы, влияющие на здоровье ребенка, имеют разные причины и природу [2]. Здоровье детей и подростков формируется под влиянием различных биологических и социальных факторов. От нормального физического и нервно-психического состояния, функционирования органов и систем зависит способность организма детей и подростков сохранять устойчивость к экзогенным факторам, адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды [3].

Время расставляет новые приоритеты, и ведущая роль отводится управлению качеством медицинской помощи, что позволяет обеспечить доступность для жителя каждого населенного пункта качественных медицинских услуг в соответствии с утвержденными стандартами [4].

В связи с вышеизложенным, научные исследования, посвященные изучению результатов показателей здоровья юношей-подростков, приобретают в настоящее время все более актуальное значение и играют решающую роль в обеспечении безопасности их жизнедеятельности.

Целью исследования является изучение на примере субъекта Российской Федерации — Оренбургской области динамики показателей здоровья юношей-подростков 15—16-летнего возраста за период времени с 2002 по 2019 г.

Материал и методы исследования. Настоящее исследование проводилось на базе данных Федерального казенного учреждения "Военный комиссариат Оренбургской области" Минобороны России. Были использованы данные статистических сборников Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области "Здравоохранение Оренбургской области", учетные и отчетные документы военно-врачебной комиссии и лечебно-профилактических учреждений области "Результаты медицинского обследования (проведение профилактических осмотров, лечебно-оздоровительных мероприятий) юношей 15—16-летнего возраста".

Результаты и обсуждение. Реализация совместного приказа Минобороны России и Минздрава России от 23.05.2001 г. № 240/168 "Об организации медицинского обеспечения подготовки граждан Российской Федерации к военной службе" (далее Приказ № 240/168) на территории области обеспечивается тесным взаимодействием учреждений здравоохранения, военного комиссариата и образовательных учреждений. Однако ответственность за организацию, полноту и качество проведения профилактических медицинских осмотров, лечения, диспансерного наблюдения юношей-подростков

и за контроль результатов проделанной работы возлагается на органы здравоохранения [5].

На первом этапе, до первоначальной постановки на воинский учет, проводятся ежегодные плановые профилактические осмотры, лечебно-оздоровительные мероприятия и диспансерное наблюдение за состоянием здоровья и физическим развитием юношей-подростков 15—16-летнего возраста. Данные мероприятия проводятся ежегодно в весеннее время года (апреле—мае) согласно графику, утвержденному руководителем амбулаторно-поликлинического учреждения и согласованному с руководителями образовательных учреждений [5].

Плановые профилактические медицинские осмотры включают в себя ряд мероприятий, которые выполняются в приведенной ниже последовательности.

1. Доврачебное обследование юношей-подростков по скрининг-тестам, лабораторное и физиометрическое обследование. Скрининг-тесты и оценка их результатов проводятся медицинским персоналом образовательных учреждений, здравпунктов, территориальных поликлиник. В перечень обязательных лабораторных и инструментальных исследований входят: измерение роста, массы тела, частоты сердечных сокращений и артериального давления; проведение анализов крови, мочи и кала; выполнение электрокардиографии и флюорографии органов грудной клетки.

2. Осмотр врачом-педиатром поликлиники по месту жительства юноши-подростка или врачом образовательного учреждения.

3. Юноши-подростки осматриваются врачами-специалистами: хирургом, эндокринологом, неврологом, урологом, оториноларингологом, ортопедом, офтальмологом, стоматологом, медицинским психологом. До начала осмотра врачам-специалистам представляются результаты всех ранее проведенных исследований [5].

Основная нагрузка по медицинскому обеспечению юношей-подростков ложится на врачей-педиатров амбулаторно-поликлинических учреждений. Участковому педиатру придается ведущая, координирующая роль. Он в полной мере отвечает за своевременность, комплексность и необходимый объем профилактической, лечебной и реабилитационной работы.

По результатам профилактических осмотров врачом-педиатром:

- дается комплексная оценка состояния здоровья юношей-подростков, оценивается уровень их полового и физического развития, физическая подготовленность, нервно-психическое здоровье;
- определяется группа здоровья, медицинская группа для занятий физической культурой,

биологический возраст и его соответствие паспортному возрасту;

- устанавливается заключительный диагноз;
- составляются рекомендации по оздоровлению, лечению, режиму и питанию юношей-подростков, по их поступлению в образовательные учреждения;
- анализируются данные об их подготовке к военной службе.

С начала действия приказа № 240/168 прошло 18 лет и можно подвести итоги деятельности лечебно-профилактических учреждений области за прошедший период.

В течение изучаемого периода времени с 2002 по 2019 г. численность юношей-подростков 15—16-летнего возраста сократилась более чем в 2 раза (с 39 113 человек в 2002 г. до 18 935 человек в 2019 г.). Ежегодный охват их профилактическими медицинскими осмотрами был на достаточно высоком уровне, среднее многолетнее значение составляло 94,27 % (минимальный показатель 87,7 % в 2018 г., максимальный — 97,2 % в 2005 г.).

В результате проведения профилактических медицинских осмотров было впервые выявлено значительное число юношей-подростков, которые нуждались в диспансерном учете и проведении с ними лечебных, оздоровительных и реабилитационных мероприятий.

Среднее многолетнее число юношей-подростков, которые впервые были взяты под диспансерное наблюдение, составляло 14,5 % (минимальный показатель 7,1 % в 2018 г., максимальный — 20,8 % в 2004 г.).

Общее число юношей-подростков 15—16-летнего возраста, ежегодно состоящих под диспансерным наблюдением, достаточно высоко и в среднем за изучаемый период составляло 60,6 % (минимальный показатель 49,3 % в 2018 г., максимальный — 72,1 % в 2012 г.).

Из полученных данных установлено, что значительное число юношей-подростков нуждалось в проведении им лечения. Средний многолетний показатель необходимости юношей-подростков в лечении составлял 32,8 % (минимальный показатель 27,1 % в 2002 г., максимальный — 43,5 % в 2012 г.).

При проведении анализа установлено, что из всех болезней, выявленных у юношей-подростков, на первом месте были болезни костно-мышечной системы, средний многолетний показатель которых составлял 32,2 % (минимальный показатель 23,9 % в 2005 г., максимальный — 40,9 % в 2012 г.). Второе место занимали заболевания глаз, средний многолетний показатель которых составлял



23,7 % (минимальный показатель 11,8 % в 2002 г., максимальный — 29,9 % в 2018 г.). На третьем месте — болезни системы кровообращения, средний многолетний показатель которых составлял 20,1 % (минимальный показатель 12,9 % в 2003 г., максимальный — 26,2 % в 2012 г.). Значительную часть среди выявленных заболеваний у юношей-подростков занимают болезни органов пищеварения, средний многолетний показатель которых составлял 16,0 % (минимальный показатель 12,1 % в 2015 г., максимальный — 20,6 % в 2002 г.).

В зависимости от степени тяжести и выраженности заболевания юноши-подростки направлялись на лечение в амбулаторных либо стационарных условиях. Амбулаторное лечение проводилось специалистами детских поликлиник, а стационарное — в стационарах общелечебной сети.

Отмечено, что за изучаемый период времени охват юношей-подростков лечением составлял 78,9 % (минимальный показатель 67,4 % в 2003 г., максимальный — 88,3 % в 2016 г.). Более активно проводилось лечение юношей-подростков с заболеваниями глаз — было пролечено 81,2 % общего числа нуждающихся (минимальный показатель 61,3 % в 2002 г., максимальный — 95,3 % в 2009 г.) и системы кровообращения 76,9 % (минимальный показатель 61,9 % в 2002 г., максимальный — 81,4 % в 2019 г.). Далее, по значимости распространенности заболеваний, следовали пролеченные юноши-подростки с болезнями органов пищеварения, доля которых составляла 76,8 % (минимальный показатель 66,3 % в 2002 г., максимальный — 87,5 % в 2018 г.) и пролеченные юноши-подростки с болезнями костно-мышечной системы, доля которых составляла 73,8 % (минимальный показатель 47,3 % в 2003 г., максимальный — 85,6 % в 2016 г.).

В проведении оздоровительных и реабилитационных мероприятий нуждалось от 34,6 % в 2002 г. до 64,9 % в 2012 г. (средний многолетний показатель 50,1 %) юношей-подростков. Для этих целей использовались санатории, дома отдыха, летние оздоровительные лагеря, организовывались занятия лечебной физкультурой, физиотерапевтическое лечение и диетическое питание. В результате проделанной работы были получены хорошие результаты: оздоровлено 69,6 % в 2012 г. до 84,7 % в 2014 г. (средний многолетний показатель составлял 78,5 %) юношей-подростков от общего числа нуждающихся в проведении запланированных мероприятий.

В плановой санации полости рта нуждалось также значительное число юношей-подростков: 21,2 % в 2014 г. и 41,9 % в 2002 г. Максимальное число санированных юношей-подростков 80,5 %

отмечалось в 2017 г., минимальное — 61,1 % в 2003 г.

Эффективность проведения лечебно-оздоровительных и реабилитационных мероприятий с юношами-подростками оценивалась по результатам:

— перевода из третьей группы здоровья во вторую группу здоровья; средний многолетний показатель составлял 26,9 % (минимальный показатель — 22,6 % в 2011 г., максимальный — 30,1 % в 2007 г.);

— снятия с диспансерного учета; средний многолетний показатель составлял 7,0 % (минимальный показатель 4,1 % в 2002 г., максимальный — 8,7 % в 2006 г.).

Выводы. Сведения об основных показателях здоровья юношей-подростков 15–16-летнего возраста, полученные в ходе исследования за период с 2002 по 2019 г., были тщательно проанализированы. Данные анализа показали необходимость проведения дальнейшего мониторинга основных показателей, характеризующих состояние здоровья подрастающего поколения в регионе.

По мнению авторов, следует продолжать работу по повышению качества диспансерного наблюдения за изучаемой категорией граждан, обеспечить всех нуждающихся юношей-подростков полноценным лечением, а также своевременно проводить с ними лечебно-оздоровительные и реабилитационные мероприятия. Необходимо использовать результаты мониторинга для своевременного и адекватного принятия управленческих решений в обеспечении безопасности жизнедеятельности подрастающего поколения, а также совершенствования системы охраны, укрепления здоровья юношей-подростков в Оренбургской области.

Список литературы

1. Баранов А. А., Альбицкий В. Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления // Казанский медицинский журнал. — 2018. — Т. 99. — № 4. — С. 698–705.
2. Кузьмин С. А., Боев М. В., Солодовников В. В., Григорьева Л. К. Медико-демографическая характеристика юношей допризывного возраста в субъекте Российской Федерации (на примере Оренбургской области) // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 1. — С. 7–10.
3. Кузьмин С. А., Солодовников В. В., Вовк О. И., Григорьева Л. К. Здоровье призывников — основа безопасности жизнедеятельности в период прохождения военной службы // Безопасность жизнедеятельности. — 2020. — № 7. — С. 25–27.
4. Таирова Р. Т., Берсенева Е. А., Ушенин В. В. Анализ качества оказания медицинской помощи населению Российской Федерации: возможные пути оптимизации // Вестник современной клинической медицины. — 2017. — Т. 10. — № 6. — С. 75–80.
5. Об организации медицинского обеспечения подготовки граждан Российской Федерации к военной службе: Приказ Министра обороны РФ и Министерства здравоохранения РФ № 240/168 от 23.05.2001 г. — М.: Воениздат, 2001. — 64 с.

S. A. Kuzmin, Professor of Department, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,
V. V. Solodovnikov, Associate Professor,
O. I. Vovk, Associate Professor, **L. K. Grigorieva**, Assistant,
E. A. Kalinina, Associate Professor, Orenburg State Medical University
of the Russian Ministry of Health

Monitoring of Key Health Indicators Adolescent Boys in Orenburg Region

The article deals with the results of annual scheduled preventive examinations, medical and health-improving measures and dispensary monitoring of the health and physical development of adolescent boys of 15–16 years of age living in the agro — industrial region — the Orenburg Region. From 2002 to 2019, the number of adolescent boys decreased by more than 2 times (from 39,113 in 2002 to 18,935 in 2019). Their annual coverage of preventive medical examinations was 94.27 % (the minimum rate of 87.7 % in 2018, and the maximum 97.2 % in 2005), and 60.6 % were under medical supervision annually (the minimum rate of 49.3 % in 2018, and the maximum rate of 72.1 % in 2012).

It was found that a significant number of adolescent boys needed treatment: from 27.1 % in 2002 to 43.5 % in 2012, and even more needed rehabilitation: from 34.6 % in 2002 to 64.9 % in 2012. Young men with disabilities in the state of health and physical development were prescribed therapeutic and rehabilitation measures. Treatment coverage ranged from 67.4 % in 2003 to 88.3 % in 2016, and recovery from 69.6 % in 2012 to 84.7 % in 2014. From 21.2 % in 2014 to 41.9 % in 2002 needed oral sanitation. The maximum number of sanitized adolescent boys — 80.5 % — was observed in 2017, and the minimum number — 61.1 % — in 2003.

The effectiveness of treatment and rehabilitation measures with adolescent boys is assessed by the results of: transfer from the third health group to the second health group (the average long-term indicator was 26.9 %) and removal from the dispensary register (the average long-term indicator was 7.0 %).

Thus, it is necessary to use the results of monitoring for timely and adequate management decisions in ensuring the safety of the younger generation, as well as improving the system of protection and health promotion of children and adolescents in Orenburg Region.

Keywords: adolescent boys, preventive examinations, dispensary supervision, medical support, therapeutic and health-improving measures

References

1. **Baranov A. A., Al'bitskiy V. Y.** The Health of children of Russia, priorities of preservation and strengthening. *Kazan medical journal*. 2018. Vol. 99. No. 4. P. 698–705.
2. **Kuzmin S. A., Boev V. M., Solodovnikov V. V., Grigor'eva L. K.** Demographic and Health characteristics of young pre-conscription age in the subject of the Russian Federation (on the example of Orenburg Region). *Life Safety*. 2018. No. 1. P. 7–10.
3. **Kuzmin S. A., Solodovnikov V. V., Vovk O. I., Grigor'eva L. K.** Health recruits — the basis of life safety in the period of military service. *Life Safety*. 2020. No. 7. P. 25–27.
4. **Tairov R. T., Berseneva E. A., Ushenin V. V.** Analysis of quality of rendering of medical aid to the population of the Russian Federation: possible ways of optimization. *Bulletin of modern clinical medicine*. 2017. Vol. 10. No. 6. P. 75–80.
5. **About the organization** of medical support of preparation of citizens of the Russian Federation for military service: Order of the Minister of defense of the Russian Federation and the Ministry of health of the Russian Federation No. 240/168 of 23.05.2001. Moscow: Voenizdat, 2001. 64 p.

УДК 644.1

И. А. Чиглинцев¹, канд. физ.-мат. наук, доц., **Е. Н. Садреева**², директор,
А. В. Мошелёв¹, канд. физ.-мат. наук, доц., e-mail: moshelev-alexey@mail.ru

¹ Бирский филиал Башкирского государственного университета

² ООО "ЭкоМастер", Бирск

Экологические и экономические аспекты применения котла длительного горения для отопления жилого помещения

В работе представлены экологические и экономические аспекты применения котла длительного горения для отопления жилого помещения. Приведены расчеты, подтверждающие экономическую эффективность такого котла в сравнении с использованием электрических нагревателей. Проведены оценки количества веществ, образующихся как продуктов горения в режиме нехватки кислорода и оказывающих негативное влияние на окружающую среду. На основе опыта использования котла длительного горения и опираясь на результаты расчетов даны рекомендации при использовании котлов подобного рода.

Ключевые слова: котел длительного горения, пиролиз, пиролизный газ, термическое разложение древесины, тление, смесь смолистых веществ и воды (жизжа), неконденсирующийся газ, зола, сажа

Введение

В настоящих экономических условиях нашей страны, когда наблюдается рост цен на энергоресурсы, все больше внимания уделяется новым источникам энергии. Однако, помимо энергоэффективности таких источников, также необходимо учитывать их негативное влияние на окружающую среду. Так, для отопительных целей частных жилых домов в наше время все чаще используются котлы длительного горения на основе твердого углеводородного топлива в виде древесины или ее отхода.

Главная отличительная особенность данных котлов заключается в их способности к длительному горению в условиях недостатка кислорода. Горение твердых углеводородов включает в себя стадию пиролиза, при котором выделяются летучие вещества с последующим их сгоранием [1]. В результате процесса горения древесины в данных агрегатах образуется зола, которая является неорганической частью горючего материала, сажа (углерод), газы и жижка, состоящая из конденсированной воды и смолистых веществ.

Химический состав древесины достаточно сложный. В нее входят такие вещества, как лигнин, целлюлоза, гемицеллюлоза, а также в небольших количествах экстрактивные и неорганические

вещества. В общем случае этот состав для различных пород деревьев и даже для различных частей растения одной породы несколько отличается также как и для древесины, выращенной в разных условиях. Рассмотрим вяз, который в своем элементарном составе содержит 50,2 % — С, 6,4 % — Н₂, 43,4 % — О₂, 0,1...0,2 % — N₂, а также небольшое количество связанного фосфора [2, 3]. Более поздние данные показывают, что содержание, к примеру, целлюлозы для различных пород древесины может варьироваться достаточно сильно: для хвойных 32,5...55 %, для лиственных 33,7...49 % [3].

Термическое разложение древесины — это сложный химический процесс. В ходе передачи тепла при температуре 280...300 °С энергия молекул, входящих в состав древесины, становится достаточно высокой для того, чтобы они смогли разорвать химические связи, в итоге происходит выделение углеродсодержащих групп [2]. При обугливание древесины при температуре 400 °С и атмосферном давлении в газовой неконденсирующейся фазе будут образовываться такие вещества, как СО, СО₂, Н₂, СН₄, С₂Н₄ [2], а также летучие пары. Так выход летучих компонентов от массы сухой древесины березы в ходе пиролиза составляет [2]: СО — 4,12 %, СО₂ — 11,19 %,

H_2 — 0,03 %, CH_4 — 1,51 %, C_2H_4 — 0,21 %, итого по массе в сумме — 17,06 %. Летучие горючие компоненты пиролиза впоследствии сгорают в воздушной смеси печи и выбрасываются в окружающую среду. Горение древесины есть экзотермический процесс с потреблением кислорода, который сам себя поддерживает. В зависимости от условий протекания данного процесса могут образовываться те или иные продукты горения. В дымовых газах от древесины обнаружено более 200 соединений — продуктов неполного сгорания [4]. В условиях горения древесины с недостатком кислорода образуются и токсичные для человека вещества, данный режим горения трудно назвать экологичным.

Также на выходе из печи будет происходить конденсирование смолистых веществ и воды (жижки), которая при определенном устройстве дымоотвода попадает в накопитель, находящийся в нижней части дымовой трубы. Так, при пиролизе сухой березы по массе образуются следующие продукты, входящие в жижку [2]: смола осадочная — 3,75 %, смола растворимая — 10,42 %, кислоты летучие — 7,66 %, спирты — 1,83, альдегиды — 0,5 %, сложные эфиры — 1,63, кетоны — 1,13 %, вода — 21,42 %, итого по массе в сумме — 48,34 %.

Объекты и методы исследований

Для обогрева жилых домов используются котлы длительного горения различных конструкций. Рассмотрим устройство и технические характеристики отопительного котла "Титан 15У". Данный котел снабжен слоевой топкой и имеет КПД 78 %. Используется для отопления помещений площадью от 100 до 180 м² при высоте потолка не более 2,7 м, максимальная температура воды на выходе 95 °С, дымовая труба высотой 6 м утеплена, диаметр дымохода 150 мм, объем топки 30 л [5], площадь колосников, установленных над поддувалом, составляет 0,112 м², рабочее давление 0,1 МПа.

Исследовалась работа котла "Титан 15У", применяемого для отопления жилого одноэтажного дома из деревянного бруса с мансардой общей площадью 100 м². Представляется, что рассматриваемый котел утилизирует тепло, образующееся в большей степени в процессе тления (горения угля) твердого топлива. Этот процесс протекает более медленно и при более низких температурах, чем пламенное горение и сопровождается пиролизом. Сам процесс окисления угля осуществляется на его поверхности, а скорость горения лимитируется диффузией кислорода в зону горения. Пиролизный газ в этом случае в горении не

участвует. Если организовать рост поступления кислорода в данную зону, то тление с увеличением разгорания может перейти к пламенному горению, поэтому при изменении режима подачи кислорода в топку тление и пламенное горение могут дополнять друг друга. Таким образом, котел может получать тепло в результате горения как продуктов разложения древесины, так и угля.

Данный котел снабжен механическим регулятором тяги, который задает количество подаваемого воздуха в зону горения. Положение регулятора тяги зависит от температуры воды на выходе из котла. Значение температуры воды контролируется термометром ТБ-63, имеющим диапазон измерения 0...120 °С. Тем самым в топке может реализовываться режим тления или пламенного горения в зависимости от температуры воды, выдаваемой котлом в отопительную систему, которая, в свою очередь, будет зависеть от температуры в жилом помещении, а значит, и от погодных условий. Автоматическое регулирование количества подаваемого первичного воздуха осуществляется увеличением или уменьшением открытия заслонки поддувала в нижней части котла, в результате чего он проходит через колосниковую решетку, на которой находится твердое топливо. Горение топлива начинается с нижней части закладки и перемещается вверх по направлению поступления воздуха. Прогоревшее топливо в виде золы поступает в зольник, откуда извлекается вручную.

Система отопления жилого дома также снабжена нагревательными электрическими тэнами, которые включаются автоматически при понижении температуры воды ниже порогового значения. Это позволяет сохранять тепло в помещении и исключить замерзание теплоносителя в случае прекращения горения в топке котла.

Таким образом, в случае применения твердого топлива принцип работы котла основан на передаче тепла, высвобождаемого в результате горения твердого топлива, теплоносителю, в качестве которого выступает вода. В результате этого поверхности труб, стенки, крышка и дно топки нагреваются и передают тепло воде, которая циркулирует по трубам и в водяной рубашке котла.

Результаты исследования

При отоплении жилого помещения в качестве топлива использовалась сухая древесина породы вяз в виде кругляка длиной 30...35 см и диаметром 10...15 см. При закладке дров топка заполнялась ими полностью, после чего проводился их поджог.



После того как появлялось пламя, дымоход с помощью дроссельной заслонки практически полностью перекрывался, а поддувало с помощью регулятора тяги автоматически устанавливалось слегка открытым настолько, чтобы поддерживать выставленное значение температуры воды на выходе из котла в $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях горения с недостатком кислорода. В результате основным видом горения в топке являлось тление.

Следующая закладка твердого топлива осуществлялась по мере выгорания предыдущей в тот момент, когда тепловой энергии от предыдущей закладки было бы достаточно для разгорания новой партии, что обеспечивало непрерывность процесса горения в топке котла. Таким образом, древесина переходила в режим тления за счет тепла, образующегося от остатков предыдущего топлива. В ходе контрольного эксперимента за 13,5 ч отопления дровами жилого помещения было проведено три закладки топлива. В табл. 1 приведены результаты замеров температуры снаружи t_c и внутри t_b жилого помещения, температура воды на выходе из котла t_k , а также масса закладок древесины m_3 и суточное время $t_{\text{сут}}$. Можно отметить, что во время измерений снаружи помещения наблюдалась безветренная погода с прояснениями.

В табл. 2 приведены данные измерений во время проведения отопления жилого помещения от нагревательных тэнов за счет электроэнергии, которое началось в 1 час 40 мин после полуночи.

Таблица 1

Результаты измерений при горении древесины

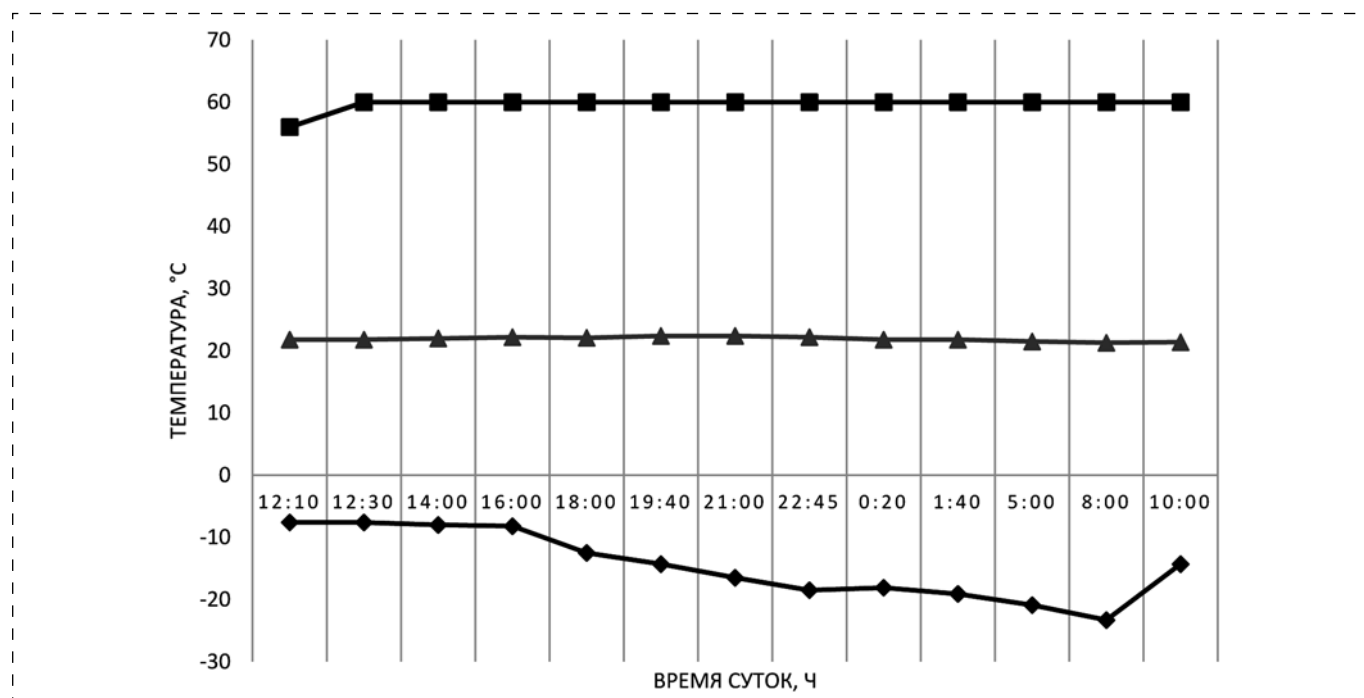
№	$t_{\text{сут}}$, час:мин	t_c , $^{\circ}\text{C}$	t_k , $^{\circ}\text{C}$	t_b , $^{\circ}\text{C}$	m_3 , кг
1	12:10	-7,6	56	21,8	11
2	12:30	-7,6	60	21,8	
3	14:00	-8	60	22	
4	16:00	-8,2	60	22,2	8
5	18:00	-12,5	60	22,1	
6	19:40	-14,3	60	22,4	
7	21:00	-16,5	60	22,4	8
8	22:45	-18,5	60	22,2	
9	00:20	-18,1	60	21,8	
10	01:40	-19,1	60	21,8	

Таблица 2

Результаты измерений при использовании электроэнергии

№	$t_{\text{сут}}$, час:мин	t_c , $^{\circ}\text{C}$	t_k , $^{\circ}\text{C}$	t_b , $^{\circ}\text{C}$
1	01:40	-19,1	60	21,8
2	05:00	-20,9	60	21,5
3	08:00	-23,3	60	21,3
4	10:00	-14,3	60	21,4

Ниже приведен рисунок, отображающий динамику изменения температуры во время проведения измерений почти за 22 ч, включающий период работы нагревательных тэнов.



Изменение температуры:

■ — воды на выходе из котла; ▲ — воздуха внутри помещения и ◆ — снаружи помещения

Из приведенных данных можно увидеть, что наибольшее колебание в значениях температуры наблюдалось для воздуха снаружи помещения, а в период рассвета наблюдается резкое ее повышение. Среднесуточная температура по этим данным составила $-14,5^{\circ}\text{C}$. Наименьшие отклонения в значениях наблюдаются для температуры воды и воздуха в помещении. На начальном этапе виден рост температуры воды до установленного значения 60°C , что было связано с началом процесса горения, который на данном этапе соответствовал пламенному режиму и постепенному нагреву теплоносителя.

В ходе отопления древесиной за 13,5 ч было потрачено 27 кг топлива. Промежутки времени между закладками в среднем равны 4,5 часам, а наиболее короткий наблюдался после первой партии топлива, потому как некоторое время древесина горела относительно интенсивно, до поднятия температуры воды на выходе из котла до требуемого значения. Первая закладка содержала в себе наибольшее количество древесины, так как последующие проводились с небольшим наличием в топке недогоревшего твердого топлива.

Воспользуемся формулой Д. И. Менделеева для определения низшей теплоты сгорания древесины, которая определяется как теплота, выделяющаяся при полном сгорании топлива за вычетом тепла парообразования [4]:

$$Q_{\text{н}} = 339,4C + 1257H - 108,9(O + N - S) - 25,1(9H + W), \quad (1)$$

где C , H , O , N , S — соответственно содержание углерода, водорода, кислорода, азота, серы в топливе, %; W — влажность древесины, %. С учетом данных об элементарном составе вяза [2, 3] вычислим $Q_{\text{н}}$ для древесины, использованной в ходе отопления, приняв среднее значение $N = 0,15\%$ по массе, а влажность $W = 15,6\%$ [2]. В результате получим $Q_{\text{н}} = 18\,502,77$ кДж/кг, что является величиной энергии, выделяемой в топке в случае полного сгорания топлива. Тогда с учетом израсходованной древесины и времени сжигания, в предположении об ее полном сгорании получим средний расход энергии:

$$Q'_{\text{н}} = 10,2 \text{ кДж/с} = 10,2 \text{ кВт.}$$

Штрихом здесь и далее обозначены величины, отнесенные к единице времени. В свою очередь, потребление топлива на этом этапе соответствует экономическим затратам 3,5 руб/ч при стоимости древесины 1150 руб/м³.

Рассмотрим последнюю закладку древесины. Из результатов видно, что средняя температура воздуха снаружи помещения на этом этапе была равна -18°C , а при работе нагревательных тэнов с 1 часа 40 минут после полуночи до 10 часов утра составила $-19,4^{\circ}\text{C}$, что отличается примерно на 7 %. За это время (8 ч 20 мин) было потреблено 43,5 кВт·ч электроэнергии, отсюда можем получить ее средний расход:

$$Q'_{\text{н}} = 5,2 \text{ кДж/с} = 5,2 \text{ кВт.}$$

Это, в свою очередь, соответствует экономическим затратам в размере 11,6 руб/ч при тарифе на электроэнергию 2,22 руб/кВт·ч (данный тариф установлен в Республике Башкортостан для сельской местности). Таким образом, использование древесины для отопления является существенно более дешевым видом топлива по сравнению с электроэнергией.

Так как средняя температура снаружи и внутри жилого помещения во время горения третьей закладки топлива и во время использования электроэнергии отличалась друг от друга незначительно, то можно оценить количество тепла, которое недополучает котел вследствие горения в условиях недостатка кислорода. Так как эффективность использования электроэнергии близка к 100 %, то приближенно можно записать:

$$\Delta Q' = Q'_{\text{н}} - Q'_{\text{э}} = 5 \text{ кДж/с} = 5 \text{ кВт.}$$

Как известно, на значение КПД котла влияет множество факторов, среди которых можно отметить унос тепла с дымовыми газами, потери энергии через водную рубашку котла и соединения, недожог топлива, его вид и состояние, влияние зольных остатков, устройство топки и т. д. Если рассмотреть данный случай, то при потреблении электроэнергии также будут наблюдаться потери тепла в рубашке котла, небольшое влияние будет зольных остатков, так как в момент включения тэнов весь уголь уже прогорел. Поэтому можно заключить, что в данном случае при использовании древесины для отопления жилого помещения при недостатке кислорода утилизировалось около 50 % тепла от того значения, которое выделяло бы топливо при идеальных условиях его горения, а остальное предположительно в основном теряется при выбросе дымовых газов, при неполноте сгорания древесины и по причине загрязнения поверхности нагрева в топке продуктами сгорания.



Определение выбросов

При обугливании древесины выход неконденсирующихся газов зависит от множества факторов: конечной температуры обугливания, количества и качества древесины, скорости нагревания, способа ее нагрева и системы печи. Так как в условиях недостатка кислорода пиролизный газ в горении участвует слабо, то можно оценить какое его количество поступает в атмосферу. В единицу времени в ходе горения топлива потреблялось $0,56 \cdot 10^{-3}$ кг, в результате для лиственной породы древесины согласно данным работы [2] и значениям плотности компонент пиролизного газа при нормальных условиях можно получить величины выхода продуктов пирогенетического разложения древесины (табл. 3). Таким образом суммарный массовый выброс пиролизного газа составит $M'_n = 0,09555 \cdot 10^{-3}$ кг/с = 0,09555 г/с.

Воспользуемся формулой Д. И. Менделеева для определения теплотворной способности единицы объема неконденсирующихся газов за единицу времени в рассматриваемом случае. Для этого будем использовать данные по объемному выходу компонент неконденсирующегося газа для лиственной породы древесины [2]:

$$Q_n^V = 127,39CO + 359,94CH_4 + 108,4H_2 + 606,27C_2H_4, \quad (2)$$

где 127,39; 359,94; 108,4; 606,27 — теплота, образующаяся при сгорании 1 % соответствующего соединения; CO, CH₄, H₂, C₂H₄ — объемное содержание газов. В итоге с учетом количества образующегося неконденсированного газа в единицу времени получим значение:

$$Q_n^V = 0,801 \text{ кДж/с} = 0,801 \text{ кВт.}$$

Таблица 3

Выход продуктов пирогенетического разложения древесины

Компонент	Массовый выход 10^{-3} кг/с	Объемный выход при нормальных условиях 10^{-3} м ³ /с
CO	0,023	0,0202
H ₂	0,00017	0,00187
CH ₄	0,0085	0,0129
C ₂ H ₄	0,00118	0,00099
CO ₂	0,0627	0,0316

Это количество тепла могло дополнительно выделяться в котле данного типа при наличии устройства дожигания пиролизного газа.

Оценим количество выбросов основных нормируемых загрязняющих веществ: оксидов азота, оксида углерода и твердых частиц в соответствии с методиками [6, 7] в случае горения древесины в слоевой топке. Данные методики применяются для котлов малой мощности. Для расчета примем значение фактического расхода топлива $B' = 0,56$ г/с, низшую теплоту горения топлива $Q_r = 18,50$ МДж/кг, время работы котла за год на основе твердого топлива $T_{\text{ime}} = 5040$ ч, площадь горения $F = 0,112$ м².

Определим расчетный расход топлива B'_p , который будет учитывать потери тепла от механической неполноты сгорания топлива $q_4 = 2$ % и фактическую тепловую мощность котла Q'_t :

$$B'_p = B'(1 - q_4/100) = 0,549 \text{ г/с} = 0,549 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с},$$

$$Q'_t = B'_p Q_r = 0,01015 \text{ МВт.}$$

Исходя из полученных данных тепловое напряжение зеркала горения q_r в котле составит:

$$q_r = Q'_t / F = 0,0907 \text{ МВт/м}^2.$$

Согласно методике для определения выбросов азота необходимо задать коэффициент избытка воздуха α_t . При горении с недостатком кислорода коэффициент α_t в рассматриваемом случае грубо можно оценить из соотношения:

$$\alpha_t \approx \frac{Q'_t}{Q_n^V} = 0,5.$$

Тогда удельный выброс оксидов азота:

$$K'_{NO_2} = 0,011\alpha_t(1 + 5,46(100 - R_6)/100)(Q_r q_r)^{0,25} = 0,02318 \text{ г/МДж},$$

где $R_6 = 50$ % — характеристика гранулометрического состава угля при сжигании дров. Можно отметить, что малое количество кислорода, поступающего в топку при тлении, способствует меньшему образованию оксидов азота.

Так как для небольших котлов система рециркуляции дымовых газов чаще всего не предусматривается, то коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота будет равен:

$$\beta_r = 1 - 0,075(r^{0,5}) = 1. \quad (3)$$

Определим выброс оксида азота для максимально-разового случая, используя коэффициент $k_{\pi} = 1$:

$$M'_{\text{NO}_x} = B'_p Q_r K'_{\text{NO}_2} \beta_r k_{\pi} = 0,0002354 \text{ г/с},$$

$$M'_{\text{NO}} = 0,13 M'_{\text{NO}_x} = 0,0000306 \text{ г/с},$$

$$M'_{\text{NO}_2} = 0,8 M'_{\text{NO}_x} = 0,000188 \text{ г/с}.$$

Рассмотрим выход оксида углерода при сжигании твердого топлива и определим его количество по формуле [6]:

$$C_{\text{CO}} = q_3 R Q_r, \quad (4)$$

где C_{CO} — выход оксида углерода, г/кг (г/нм³) или кг/т (кг/тыс. нм³); $q_3 = 2 \%$ — потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива; $R = 1$ — коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода для твердого топлива. Полученное по формуле (4) значение $C_{\text{CO}} = 37 \text{ г/кг}$, тогда:

$$M'_{\text{CO}} = 0,001 B' C_{\text{CO}} (1 - q_4/100) = 0,0199 \text{ г/с}$$

или

$$M_{\text{CO}} = 0,001 B C_{\text{CO}} (1 - q_4/100) = 0,3684 \text{ т/год},$$

где $B = 10,16 \text{ т/год}$ — потребление древесины на обогрев в течение года.

Определим количество твердых частиц, образующихся при сжигании топлива в котлах малой мощности, которые поступают в атмосферу с дымовым газом $M'_{\text{ТВ}}$. Данное значение будет приближенным для рассматриваемого случая:

$$M'_{\text{ТВ}} = 0,01 B' (a_{\text{ун}} A^r + q_4 Q_r / 32,68) (1 - \eta_3), \quad (5)$$

где $a_{\text{ун}} = 0,25$ — доля золы, уносимая газами из котла в случае использования дров в слоевой топке; $A^r = 0,6$ — зольность дров; $\eta_3 = 0$ — доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях.

Подставив эти значения, получим $M'_{\text{ТВ}} = 0,00717 \text{ г/с} = 0,130 \text{ т/год}$. Под $M'_{\text{ТВ}}$ следует понимать выход летучей золы M'_3 и сажи (углерода) M'_c . Найдем количество выбрасываемой сажи. Для этого определим, сколько летучей золы среди выбрасываемых твердых частиц:

$$M'_3 = 0,01 B' A^r a_{\text{ун}} (1 - \eta_3) = 0,00084 \text{ г/с} = 0,0152 \text{ т/год}.$$

Тогда количество сажи

$$M'_c = M'_{\text{ТВ}} - M'_3 = 0,00633 \text{ г/с} = 0,1149 \text{ т/год}.$$

Учитывая теплоту сгорания углерода, можно определить, сколько тепла недополучает котел в ходе выбросов сажи:

$$Q'_c = 0,214 \text{ кДж/с} = 0,214 \text{ кВт}.$$

При горении с недостатком кислорода будет образовываться больше выбросов сажи, СО и других продуктов неполного сгорания. По причине отсутствия в настоящее время методик определения этих выбросов при рассматриваемых условиях горения, остается опираться на полученные здесь данные, которые показывают, что за период отопления в окружающую среду поступает 115 кг сажи. Следует отметить, что при использовании данного котла в течение двух лет наблюдалось два возгорания сажи в дымовой трубе, которое невозможно было остановить даже при полном закрытии дроссельной заслонки дымоотвода, что является опасным фактором возникновения пожара и угрожает жизни человека. Необходимо рекомендовать пользователям подобных агрегатов систематически проводить очистные работы по удалению остатков продуктов горения, которые накапливаются на внутренних стенках дымоотвода.

В ходе исследования также было определено количество образовавшихся конденсирующихся веществ, скопленных в нижней части дымовой трубы при текущих климатических условиях, и золы, собранной в зольнике котла, значения которых составили соответственно $M_{\text{ж}} = 266,1 \text{ г}$, $M_3 = 265,3 \text{ г}$, что в процентах от массы топлива составляет 0,99 % и 0,98 %. С учетом этого за период отопления будет образовываться порядка 0,0989 т золы, собираемой зольником котла.

Закключение

В ходе проведенного исследования была оценена эффективность утилизации тепла при отоплении жилого помещения котлом длительного горения с недостатком кислорода и с использованием сухой древесины лиственной породы, по сравнению с идеальными условиями горения, которая составила в данном случае порядка 50 %. Также была определена теплотеря котла по причине недогорания сажи и пиролизного газа, что в сумме составило около 1 кВт. Установлена экономическая



эффективность по себестоимости затрачиваемого энергоресурса для отопления жилого помещения, которая показала, что в данном случае применение древесины будет в 3 раза дешевле по сравнению с использованием электроэнергии. Проведена оценка выбросов оксидов азота в условиях горения с недостатком кислорода, а также оксида углерода, золы и сажи. Количество образующихся конденсирующихся веществ и золы в зольнике котла по массе составило порядка 1 % от использованного топлива. На основе длительных наблюдений выработана рекомендация по систематической очистке дымовой трубы от продуктов горения, для уменьшения вероятности возникновения пожара.

Список литературы

1. Языков Н. А., Трачук А. В., Дубинин Ю. В., Симонов А. Д., Яковлев В. А. Исследование пиролиза древе-

- сины в виброожиженном слое катализаторов и инертных материалов // Физика горения и взрыва. — 2013. — Т. 49. — № 5. — С. 113—119.
2. Козлов В. Н., Нимвицкий А. А. Технология пирогенетической переработки древесины. — М.: Гослесбумиздат, 1954. — 619 с.
 3. Никитин Н. И. Химия древесины и целлюлозы. — М.: Издательство академии наук СССР, 1962. — 711 с.
 4. Авсеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение и пожарная опасность древесины // Пожароопасность веществ и материалов. — 2012. — Т. 21. — № 1. — С. 19—32.
 5. Руководство по монтажу и эксплуатации. Паспорт котел отопительный "Титан" ООО "Термофор". — 15 с.
 6. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999.
 7. Расчетная инструкция (методика) "Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятий радиоэлектронного комплекса". СПб., 2008.

I. A. Chiglintsev¹, Associate Professor, E. N. Sadreeva², Director,
A. V. Moshelev¹, Associate Professor, e-mail: moshelev-alexey@mail.ru

¹ Birk Branch of Bashkir State University

² LTD "Ekomaster", Birk

Environmental and Economic Aspects of Using a Long-Burning Boiler for Heating a Living Space

The paper presents the economic and environmental aspects of the use of a long-burning boiler for heating a living room. Calculations are presented confirming its economic efficiency in comparison with the use of electric heaters. The quantity of substances formed as products of combustion in the mode of oxygen deficiency and having a negative impact on the environment is estimated. Recommendations were developed based on the experience of using a long-burning boiler and relying on the calculation results.

Keywords: long-burning boiler, pyrolysis, pyrolysis gas, thermal decomposition of wood, decay, a mixture of resinous substances and water (slurry), non-condensing gas, ash, soot

References

1. Yazykov N. A., Trachuk A. V., Dubinin Yu. V., Simonov A. D., Yakovlev V. A. Study of the pyrolysis of wood in vibramicina layer, catalysts and inert materials. *Physics of combustion and explosion*. 2013. Vol. 49, No. 5. P. 113—119.
2. Kozlov V. N., Nimvitsky A. A. Technology of pyrogenetic wood processing. Moscow: Goslesbumizdat, 1954. 619 p.
3. Nikitin N. I. Chemistry of wood and cellulose. Moscow: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1962. 711 p.
4. Avseeva R. M., Serkov B. B., Sivenkov A. B. Burning and fire danger of wood. *Fire hazard of substances and materials*. 2012. Vol. 21, No. 1. P. 19—32.
5. Installation and operation Manual. Passport heating boiler "Titan" LLC "Termofo". 15 p.
6. Methodology for determining emissions of pollutants into the atmosphere when burning fuel in boilers with a capacity of less than 30 tons of steam per hour or less than 20 Gcal per hour. Moscow: State Committee of the Russian Federation for environmental protection, 1999.
7. Calculation instruction (methodology) "Specific indicators of formation of harmful substances released into the atmosphere from the main types of technological equipment for enterprises of the radio-electronic complex". Saint-Petersburg, 2008.

УДК 351.862.2, 630.841.21

А. В. Сафонов, ст. науч. сотр., e-mail: safa2004@mail.ru,

М. В. Кузнецов, д-р хим. наук, гл. науч. сотр.,

И. А. Козлов, канд. хим. наук, вед. науч. сотр., **В. М. Егоров**, науч. сотр.,

Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва

Разработка антисептика для защиты материалов от биоповреждений

*Рассмотрен метод консервации материалов различного назначения от биоповреждений. Разработанная консервирующая композиция относится к малоопасным веществам (IV класс опасности). Отмечено, что относительная токсичность обработанных этим антисептиком поверхностей по отношению к культуре гриба *Coniophoraputeana* по сравнению с образцом, пропитанным согласно стандартному методу антисептиком на базе каменноугольного масла, снижается на 20 %.*

Ключевые слова: биоповреждение, консервация материалов, альтернативный метод, продукты нефтепереработки, малотоксичный состав, повышение срока службы защитных сооружений

Введение

Не только в Российской Федерации, но и во всем мире в настоящее время имеет место рост ущерба от биоповреждений на объектах различного назначения. Наиболее интенсивно работы по защите материалов от биоповреждений проводятся в Китае, Австралии, Канаде, США, Германии, Великобритании. Наличие микрофлоры в воздухе помещений может быть связано как с неэффективной работой воздушных фильтров, так и с нарушением целостности конструкций (трещины, щели и др.). Известно, что с одной стороны, условно-патогенная микрофлора способна оказывать негативное влияние на здоровье людей в процессе эксплуатации зданий, а с другой стороны, микроорганизмы способствуют разрушению и повреждению строительных материалов. Одними из наиболее агрессивных и часто встречающихся агентов являются мицелиальные грибы. Кроме того, среди этих грибов есть виды, представители которых условно патогенны и способны вызывать серьезные заболевания человека, такие как микозы, микотоксикозы, микоаллергозы и др.

Биоповреждения ведут и к техногенным авариям, что нарушает экологическое равновесие всей экосистемы. Из-за увеличения объемов хозяйственной деятельности человека резко возрастают также объемы повреждений объектов гражданского и военного назначения от особого вида повреждений — биоповреждений, вызванных

функционированием в окружающей среде и на поверхности объектов микроорганизмов (бактерий, грибов, актиномицетов и др.). Биоповреждения приводят к снижению сроков эксплуатации и сохранности техники и сооружений, к отказам в их работе. Особо тяжелая ситуация складывается при эксплуатации сооружений, в частности защитных сооружений гражданской обороны в условиях, например, контакта с обводненным грунтом. Биоповреждение, как таковое, является частью процесса старения: материал изменяется в результате воздействия микроорганизмов, которые развиваются на поверхности материала, и в объеме в виде биопленки. Как следствие этого процесса происходит повреждение, при котором изменяется одно или несколько свойств материала.

В настоящее время для консервирования деревянных элементов, которые используют как на открытом воздухе, так и в помещениях, а также в контакте с землей, используют маслянистые антисептики (масла для пропитки древесины). В отечественной практике наиболее широкое применение для пропитки древесины находят составы на базе каменноугольного масла, а также сланцевого и антраценового масел.

Каменноугольное масло (КМ) для пропитки древесины в соответствии с ГОСТ 2770—74 [1] представляет собой темно-коричневую жидкость с резким неприятным запахом, не вымываемую водой. Основным назначением КМ является консервирование деревянных элементов сооружений,



находящихся на открытом воздухе, в земле или в воде (шпалы, части мостов, опоры линий электропередач и связи, мачты) в связи с высокой устойчивостью КМ к атмосферным воздействиям. Обеспечивая надежную и длительную защиту древесины от гниения, каменноугольное масло и антисептические составы на его основе вместе с тем имеют ряд существенных эксплуатационных недостатков. Каменноугольное масло обладает чрезвычайно высокой токсичностью и представляет значительную экологическую опасность, так как в его состав входят фенол (вредное вещество 1-го класса опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007—76) [2], бензапирен, представляющий собой сильный канцероген, а также ряд других высокотоксичных соединений, в том числе входящих в группу фенолов [1].

По этой причине КМ опасно как непосредственно в процессе пропитки древесины, так и в процессе работы персонала с пропитанной древесиной, а также при его вымывании и выпаривании с поверхностей и из объемов обработанных конструкций в результате их долговременной эксплуатации.

Сланцевое масло для пропитки древесины в соответствии с ГОСТ 10835—78 [3] представляет собой жидкость темно-коричневого или черного цвета с сильным фенольным запахом. Токсичность этого масла ниже токсичности КМ. Сланцевое масло является умеренно опасным веществом, по своей природе принадлежащим к потенциальным канцерогенам, а по степени воздействия на организм человека относится к 3-му классу опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007—76 [2].

Антраценовое масло является жидким продуктом перегонки каменноугольной смолы зеленовато-желтого цвета. В его состав входят антрацен (5 %), фенантрен (20 %) и карбазол (6 %), а остальную часть составляют другие ароматические соединения. Оно отличается резким и неприятным токсичным запахом, обусловленным наличием в его составе фенола и сернистых соединений. При работе с ним следует надевать защитные очки и спецодежду, а неосторожность при работе чревата получением отеков век, раздражением слизистых, жжением, зудом кожи и появлением ожогов [4].

Как следует из вышеизложенного, основные вещества, применяемые для защиты изделий из дерева от грибкового поражения, требуют производства работ в специальных условиях и позволяют обеспечить высокую степень сохранности изделий.

Обсуждение результатов

В результате проведения исследований были разработаны новые консервирующие составы для защиты материалов от биоповреждений. В основе полученных композиций находятся масляные фракции нефтепродуктов с различными присадками. Разработаны методические и технологические подходы, направленные на получение модифицированной консервирующей композиции для защиты как древесных, так и недревесных сортиментов от биоповреждений. Полученный антисептик, который может успешно использоваться

Таблица 1

Результаты определения фунгицидной токсичности модифицированных нефтепродуктов по отношению к культуре гриба *Coniophora puteana* (штамм «СЕНЕЖ») согласно ГОСТ 16712—95

Образец		Внешний вид образца	D_k^* , %	D_{95}^{**} , %	Относительная токсичность, отн. ед.
Контроль (без пропитки)		(+)	77	3,85	—
Каменноугольное масло		(—)	25	1,25	1,0
Узкая фракция светлых +	NafCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	31	1,55	0,83
	ResCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	32	1,56	0,85
Легкий вакуумный газойль +	NafCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	28	1,40	0,91
	ResCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	29	1,42	0,91
Тяжелый вакуумный газойль +	NafCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	30	1,50	0,86
	ResCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	30	1,50	0,86
Мазут +	NafCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	29	1,45	0,88
	ResCu+C ₃ H ₄ N ₂ S	(—)	28	1,44	0,87

* D_k — средняя потеря массы непропитанных образцов;

** D_{95} — средняя потеря массы пропитанной древесины, соответствующая 5 %-ной средней потери массы непропитанной древесины.

Примечание: (+) — отчетливый радиальный рост гифов грибов; (—) — нет роста гриба.

Результаты оценки защиты опытных образцов из сосновой древесины в полевых условиях

Образец	Внешний вид, степень поражения грибами	Средняя потеря массы образца, %
Контроль (без пропитки)	(+)	21,9
Каменноугольное масло	(-)	5,0
Узкая фракция светлых	(±)	9,6
Узкая фракция светлых + NafCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	5,6
Узкая фракция светлых + ResCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	6,1
Легкий вакуумный газойль	(±)	9,4
Легкий вакуумный газойль + NafCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	5,9
Легкий вакуумный газойль + ResCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	6,6
Тяжелый вакуумный газойль	(±)	8,0
Тяжелый вакуумный газойль + NafCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	5,6
Тяжелый вакуумный газойль + ResCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	6,1
Мазут	(±)	6,9
Мазут + NafCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	5,1
Мазут + ResCu + C ₃ H ₄ N ₂ S	(-)	5,9

Примечание: (+) — отчетливый радиальный рост гифов грибов; (±) — рост гифов гриба выражен не четко (подавлен); (-) — нет роста гриба.

вместо антисептика на основе каменноугольного масла 2-го класса опасности, отвечает всем требованиям ГОСТ 20022.5—93 [5].

Были проведены испытания новой консервирующей композиции на фунгицидную токсичность по ГОСТ 16712—95 [6] на культуре гриба *Coniophora puteana* (штамм "Сенеж"). Результаты испытаний приведены в табл. 1.

Завершающим этапом оценки защитных свойств новых антисептиков против биоповреждений являются их полевые испытания на опытном полигоне. Эксперимент проводился в течение двух лет и его результаты представлены в табл. 2.

Анализ результатов показал хорошие защитные свойства модифицированных нефтепродуктов по отношению к сумчатым и несовершенным грибам, почвенным микроорганизмам, разрушителям древесного материала в реальных климатических условиях. Потеря массы пропитанных образцов снизилась в среднем в 4 раза по сравнению с контрольными образцами.

Выводы

Результаты исследования показывают, что разработанная композиция антисептика при совместном действии с присадками соответствует требованиям, которые предъявляются к исходным компонентам для получения масляного

антисептика на базе нефтепродуктов, действие которого рассчитано на пропитку материалов различного назначения с целью предотвращения их биоповреждений.

Одним из главных результатов проведенных исследований является определение качественных и количественных показателей токсичности разработанной антисептической композиции по отношению к культуре гриба *Coniophora puteana*. Разработанный антисептик относится к малоопасным веществам 4-го класса опасности и превосходит, например, антисептические составы на базе КМ по ряду технологических показателей. Относительная токсичность по отношению к культуре гриба *Coniophora puteana* (штамм "Сенеж") по ГОСТ 16712—95, в сравнении с образцом, пропитанным антисептиком на базе КМ снижается почти на 20 % — с 1,0 до 0,80...0,85 отн. ед. ПДК паров в воздухе рабочей зоны по сравнению с КМ повышается с 0,05...0,2 мг/м³ (I класс) до 10 мг/м³ (IV класс). Полученный антисептик имеет низкую температуру застывания, не содержит в своем составе летучие углеводороды, такие как фенол, нафталин, нитробензол, а также сублимирующие водорастворимые компоненты. В связи с этим в процессе получения нового антисептика не образуются вредные выбросы в атмосферу, отсутствует загрязнение стоков фенолами, а также не требуется дополнительный разогрев при сливе из цистерн, хранении и технологической



транспортировке по заводской системе трубопроводов даже в зимнее время.

Таким образом, срок защитного действия новых антисептических материалов на базе продуктов нефтепереработки по результатам выполненных экспериментальных исследований составляет не менее 20 лет. Рецептуры новых консервирующих антисептических составов могут быть рекомендованы для внедрения в различных отраслях промышленности с целью консервации как древесных, так и недревесных сортиментов.

Список литературы

1. **ГОСТ 2770—74** Масло каменноугольное для пропитки древесины. Технические условия.
2. **ГОСТ 12.1.007—76 ССБТ**. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
3. **ГОСТ 10835—78** Масло сланцевое для пропитки древесины. Технические условия.
4. **URL**: <https://fb.ru/article/455121/osnovnoe-primeneni-antratsenovogo-masla> (дата обращения 25.10.2020).
5. **ГОСТ 20022.5—93** Защита древесины. Автоклавная пропитка маслянистыми защитными средствами.
6. **ГОСТ 16712—95** Средства защиты для древесины. Метод испытания токсичности.

A. V. Safonov, Senior Researcher, e-mail: safa2004@mail.ru,
M. V. Kuznetsov, Chief Researcher, **I. A. Kozlov**, Leading Researcher,
V. M. Egorov, Research Associate, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies), Moscow

Development of Antiseptic to Protect Material from Bio-Damage

*Authors described the method of preserving materials for various purposes from biological damage. The developed preservative composition belongs to low-hazard substances (hazard class IV). The relative toxicity of treated surfaces to *Coniophora puteana* mushrooms culture is reduced by 80 % in comparison with the samples impregnated with the standard method using coal oil. MPC of vapors in air of the working area increases from 0.05–0.2 mg/m³ (class I) to 10 mg/m³ in comparison with the technological process that uses an antiseptic based on coal oil.*

During production of the composition proposed by authors, no harmful emissions into the atmosphere are formed, there are no pollutions of effluents with phenols, no heating is required when draining from tanks as well as storage and technological transportation through the factory pipeline system in winter.

Keywords: bio-damage, destruction of structures, preservation of materials, alternative method, rocket fuels, refined petroleum products, low-toxic composition, increasing the service life of protective structures

References

1. **ГОСТ 2770—74** Maslo kamennougolnoe dlya propitki drevesiny. Tekhnicheskie usloviya.
2. **ГОСТ 12.1.007—76 ССБТ**. Vrednye veshchestva. Klassifikatsiya i obshhie trebovaniya bezopasnosti.
3. **ГОСТ 10835—78** Maslo slancevoe dlya propitki drevesiny. Tekhnicheskie usloviya.
4. **URL**: <https://fb.ru/article/455121/osnovnoe-primeneni-antratsenovogo-masla> (date of access 25.10.2020).
5. **ГОСТ 20022.5—93** Zashhita drevesiny. Avtoklavnaya propitka maslyanistymi zashhitnymi sredstvami.
6. **ГОСТ 16712—95** Sredstva zashhity dlya drevesiny. Metod ispytaniya toksichnosti.

УДК 608.2, 614.8.084, 614.839

Д. Н. Созинова, асп., e-mail: sozinovadn@gmail.com,
Е. Е. Фомина, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры,
В. В. Круглов, канд. экон. наук, доц. кафедры, РГУ нефти и газа (НИУ)
имени И. М. Губкина, Москва

Актуальные проблемы обеспечения безопасности магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов при нарушении минимальных безопасных расстояний

Рассмотрена проблема нарушения границ зон минимально допустимых расстояний магистральных трубопроводов. Определены основные способы устранения нарушений, выявлены их преимущества и недостатки. Проведен анализ 100 судебных решений по искам ведущих нефтегазовых компаний о сносе построек в зонах минимальных допустимых расстояний от опасных производственных объектов. Приведены результаты анализа риска аварии на магистральном нефтепродуктопроводе, вблизи которого построен торговый центр с нарушениями минимальных допустимых расстояний. Предложены компенсирующие мероприятия, снижающие вероятность возникновения аварии и тяжесть ее последствий.

Ключевые слова: магистральные трубопроводы, минимальные допустимые расстояния, обоснование безопасности, анализ риска

Введение

Трубопроводный транспорт в России является стратегически важным, так как обеспечивает транспортировку нефти, нефтепродуктов и природного газа. По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 г. общая протяженность линейной части магистральных трубопроводов составляла 265 тыс. км [1].

Магистральные трубопроводы (МТ) являются опасными производственными объектами (ОПО), возможные аварии на которых могут представлять угрозу для жизни и здоровья людей, а также имущества, расположенного в непосредственной близости от трассы. Поэтому для обеспечения безопасности Сводом правил 36.13330.2012 "Магистральные трубопроводы" установлены зоны минимально допустимых расстояний (МДР) от осей трубопроводов до населенных пунктов, предприятий, зданий и сооружений, отдельно стоящих нежилых и подсобных строений, гаражей и открытых стоянок для автотранспорта, коллективных садов, автомобильных и железных дорог в зависимости от класса трубопровода [2]. Зона

МДР необходима для обеспечения безопасности населения, т. е. за ее пределами уровень воздействия поражающих факторов в случае аварии на магистральном трубопроводе минимален.

В последние годы в ходе проведенных проверок и наблюдений за исполнением обязательных требований промышленной безопасности предприятий трубопроводного транспорта регулярно выявляются нарушения, связанные с несанкционированными земляными работами и застройками в зонах МДР [1, 3–5]. Точное число зданий и сооружений, расположенных в зонах МДР, не установлено, по приблизительным оценкам это число составляет около 1,5 млн по всей стране [6].

Нередко происходят случаи, когда владельцы недвижимости узнают о факте нарушения МДР только после ее приобретения или завершения строительства, так как не все участки трубопроводов были включены в реестр и отсутствовали на картах.

Способы устранения нарушений

При выявлении нарушений МДР на практике могут применяться три основных способа решения проблемы: перенос трассы МТ; снос

строений, оказавшихся в зоне МДР; осуществление процедуры обоснования безопасности (ОБ) ОПО.

Перенос трассы МТ требует больших затрат со стороны организации, эксплуатирующей ОПО, поэтому на сегодняшний день практически не применяется. Данный способ может быть целесообразен в случае, если в зоне МДР оказалось большое число зданий и сооружений. Так, ПАО "Газпром" разрабатывает проект по переносу участка магистрального газопровода, оказавшегося на территории массовой застройки в Белгородской области [7].

Наиболее распространенным является способ сноса строений, оказавшихся в зоне МДР, который осуществляется на основании судебного решения. Процедура рассмотрения иска о сносе построек, оказавшихся в зоне МДР, в общем виде приведена на рис. 1.

В некоторых случаях принятие судебного решения происходит очень медленно — с момента подачи иска до вынесения постановления суда первой инстанции может пройти несколько лет. Это связано с проведением экспертиз, запросом различных документов и другими мероприятиями.

Был проведен анализ судебных решений, при котором рассматривались дела по искам Дочерних обществ (ДО) ПАО "Газпром", ПАО "Транснефть" [8]. Всего была рассмотрена выборка из 100 судебных решений за период с 2017 по 2019 г., материалы, рассмотрение которых имеются в открытом доступе. В выборке было рассмотрено 77 решений по искам ДО ПАО "Газпром", из которых суды удовлетворили 71 иск (92 %). По искам ДО ПАО "Транснефть" судами было удовлетворено 18 (78 %) из 23 рассмотренных в выборке решений.

На основании проведенного анализа судебной практики можно сделать вывод, что большинство исков организаций, осуществляющих эксплуатацию МТ, об устранении нарушений зоны МДР удовлетворяются. Постройки, расположенные вблизи МТ, признаются самовольными и создающими угрозу жизни и здоровью граждан. После вступления решения суда в законную силу собственник спорных построек обязан осуществить их снос за счет собственных средств, а также возместить истцу расходы по уплате государственной пошлины (порядка 5...10 тыс. руб.).

Такие решения привели к массовым протестам со стороны граждан, чья собственность оказалась

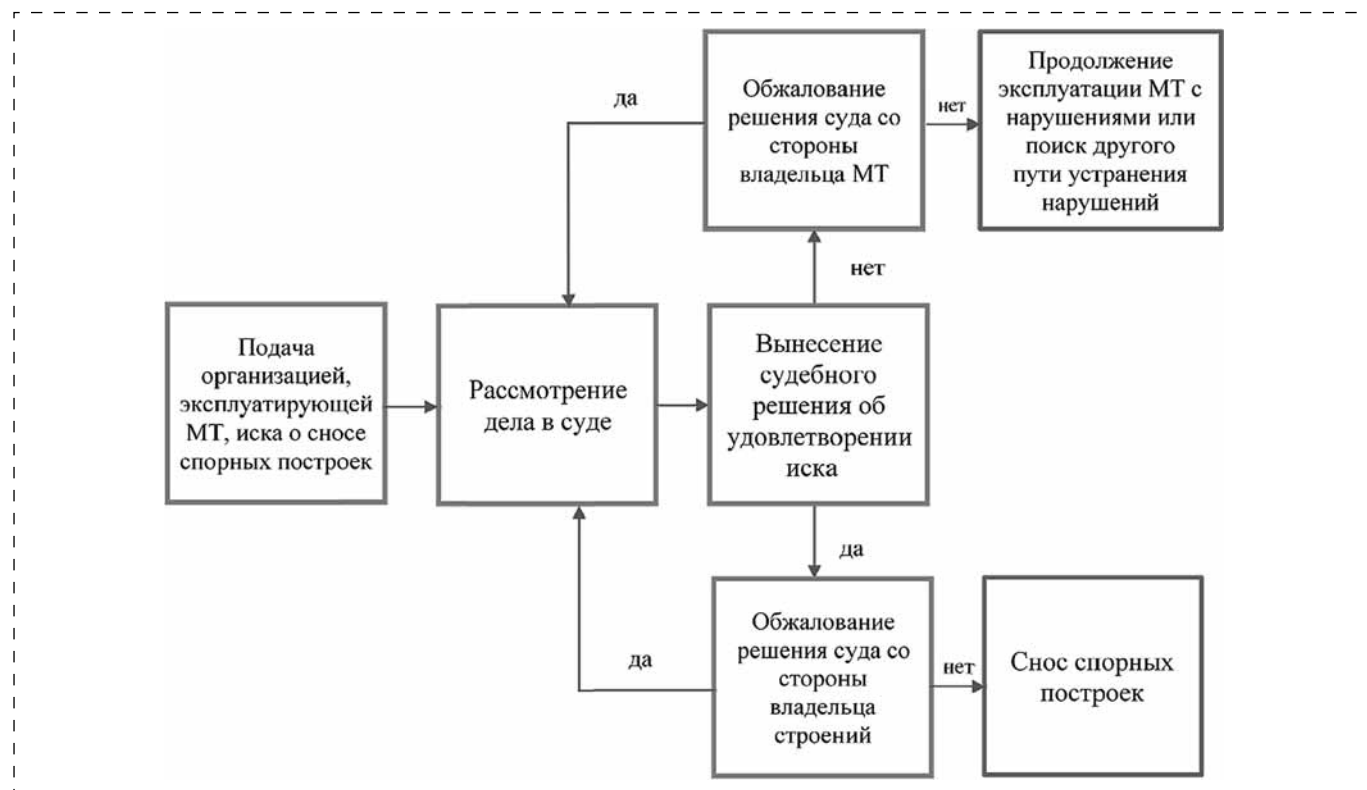


Рис. 1. Процедура рассмотрения иска о сносе построек, оказавшихся в зоне МДР

в зонах МДР. На сегодняшний день на законодательном уровне рассматриваются альтернативные возможности по устранению нарушений, а также механизмы выплаты компенсаций в случае сноса построек.

В случае если суд отказывает в удовлетворении иска о сносе спорных построек, то МТ продолжает эксплуатироваться с нарушениями или организация вынуждена устранять нарушение другим способом. Одним из способов устранения нарушений зоны МДР без сноса построек является процедура разработки обоснования безопасности ОПО. В соответствии с Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" ОБ разрабатывается в случае, если требуется отступление от требований промышленной безопасности, таких требований недостаточно или они не установлены [9].

Возможность разработки обоснования безопасности при нарушении МДР также предусмотрена Федеральными нормами и "Правилами безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов", в соответствии с которыми для ОПО МТ "при отсутствии установленных требований по безопасным расстояниям или невозможности их соблюдения эти требования должны быть определены в обосновании безопасности опасного производственного объекта" [10].

Также с 4 августа 2018 г. года вступили в силу изменения в Градостроительный кодекс, в соответствии с которыми здания, сооружения, объекты незавершенного строительства, расположенные в границах максимально допустимых расстояний до МТ, подлежат сносу, за исключением следующих случаев:

1) здания, сооружения или объекты незавершенного строительства возведены по согласованию с правообладателем МТ или иной уполномоченной организацией;

2) здания, сооружения или объекты незавершенного строительства возведены до строительства МТ;

3) к зданиям, сооружениям или объектам незавершенного строительства, расположенным в границах МДР до МТ или к МТ применены технические и (или) технологические решения, в результате которых отсутствует угроза жизни и здоровью граждан и безопасной эксплуатации МТ;

4) применительно к указанным объектам трубопроводного транспорта в установленном порядке разработано обоснование безопасности ОПО [11, 12].

Вступление в силу данных поправок еще раз подтвердило, что разработка обоснования безопасности ОПО позволяет избежать сноса ОПО или зданий и сооружений в зоне МДР.

В соответствии с действующим законодательством только организации, эксплуатирующие ОПО, могут инициировать обеспечение безопасности ОПО. В большинстве случаев эти организации не заинтересованы в разработке ОБ. Это обусловлено в первую очередь следующим: затратами на разработку ОБ и проведение экспертизы промышленной безопасности (примерно составляют от 1 до 5 млн руб.); необходимостью выполнения компенсирующих мероприятий.

Так как рассматриваемая проблема наиболее актуальна в случае уже эксплуатируемых МТ, то разработка ОБ осложняется ограниченным выбором компенсирующих мероприятий, позволяющих снизить риск до приемлемого уровня, а также отсутствием методик для количественной оценки эффективности компенсирующих мероприятий, которые могут быть при этом применены.

В табл. 1 перечислены компенсирующие мероприятия, которые наиболее часто используются для обоснования сокращения зоны МДР [13, 14].

Как видно из табл. 1, способы, позволяющие сократить МДР, достаточно разнообразны. Поэтому разработка обоснования безопасности в каждой конкретной ситуации должна сопровождаться проведением ряда исследований, что значительно усложняет данную процедуру.

Рассмотрим в качестве примера ситуацию, в которой может быть разработано обоснование безопасности ОПО. В зоне эксплуатируемого с 1970-х гг. магистрального кольцевого нефтепродуктопровода I класса опасности в черте г. Москвы в 2014 г. был построен торговый центр с явными нарушениями МДР. Судебное разбирательство длится уже более 5 лет, при этом торговый центр продолжает функционировать в зоне повышенного риска.

Результаты оценки риска в соответствии с расчетными методиками [15–18] магистрального нефтепродуктопровода представлены в табл. 2.

Основным нормируемым параметром, позволяющим судить о приемлемости риска, является индивидуальный риск гибели человека от аварий на ОПО. В данном случае расчетные показатели индивидуального риска не превышают допустимого фоновое значения риска гибели людей на объектах магистрального трубопроводного транспорта с учетом коэффициента запаса — $8,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ (коэффициент запаса равен 10) [19, 20]. При этом

Компенсирующие мероприятия, позволяющие сократить зону МДР

Компенсирующее мероприятие	Результат внедрения мероприятия	Область применения
Применение систем обнаружения утечек (система видеонаблюдения, извещатели пламени, датчики загазованности) и средств оповещения	Снижение тяжести аварии за счет быстрой ликвидации аварии и эвакуации людей из опасной зоны	Проектируемые и эксплуатируемые МТ
Применение защитных инженерных сооружений для ограничения разлива нефтепродукта (железобетонная стена, насыпной вал, обвалование и т. п.)	Снижение тяжести аварии за счет предотвращения распространения опасных веществ и поражающих факторов	
Увеличение частоты проведения комплексной внутритрубной диагностики	Снижение вероятности возникновения аварии за счет своевременного обнаружения и ликвидации дефектов трубопровода	
Прокладка МТ в защитном футляре, увеличение толщины стенки трубопровода, усиление изоляции	Снижение вероятности возникновения аварии в результате улучшения качества трубопровода	Проектируемые МТ; для применения к эксплуатируемым МТ требуется реконструкция трубопровода с полной заменой тела трубы
Улучшения качества входного контроля сварных соединений и закупаемой продукции	Снижение вероятности возникновения аварий за счет повышения качества продукции и строительства	Проектируемые МТ; стадия строительства
Обеспечение оперативного реагирования аварийных служб при возникновении внештатной ситуации	Снижение тяжести аварии за счет локализации и ликвидации аварии	Эксплуатируемые и проектируемые МТ

Таблица 2

Результаты количественной оценки риска аварий на магистральном кольцевом нефтепродуктопроводе

Трубопровод	Значение рисков		
	Потенциальный, год ⁻¹	Индивидуальный, год ⁻¹	Коллективный, чел·год ⁻¹
МТ Ду 350 (бензин)	$9,15 \cdot 10^{-6}$	$1,01 \cdot 10^{-8}$	$1,52 \cdot 10^{-5}$
МТ, Ду 350 (керосин)	$8,74 \cdot 10^{-6}$	$8,74 \cdot 10^{-9}$	$1,31 \cdot 10^{-5}$
МТ, Ду 350 (дизельное топливо)	$8,15 \cdot 10^{-6}$	$8,97 \cdot 10^{-9}$	$1,34 \cdot 10^{-5}$

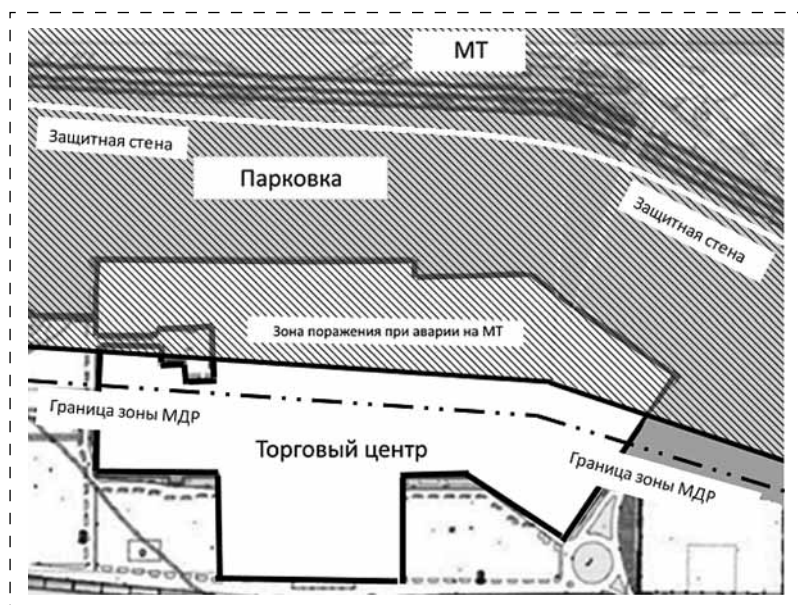


Рис. 2. Зона 50 %-ного поражения при реализации наиболее опасного сценария аварии — факельного горения

зоны поражения при возможной аварии захватывают территорию, прилегающую к комплексу парковки, и часть здания, что говорит о том, что авария приведет к большому количеству жертв (рис. 2).

В данном случае рекомендуется устанавливать зону МДР на основе максимального размера зоны воздействия (поражения) [21]. Поэтому для сокращения установленного размера зоны МДР необходимо выполнить ряд компенсирующих мероприятий, позволяющих снизить тяжесть возможной аварии. В табл. 3 приведен перечень предлагаемых компенсирующих мероприятий, позволяющих сократить размер зоны поражения.

В данном случае принято, что защитная стена препятствует распространению пролива нефтепродукта, горизонтальных факелов пожара при возникновении

Компенсирующие мероприятия, разработанные для снижения последствий аварии на МТ

Компенсирующее мероприятие	Характеристика мероприятия
Защитное сооружение (железобетонная стена, насыпной вал) вдоль трассы МТ	Располагается на расстоянии 35 м от МТ Высота стены принимается не менее 3,5 м
Стационарные автоматические сигнализаторы до взрывоопасных концентраций (25 % НКПР) и извещатели пламени	Размещаются по периметру защитной стены
Организация видеонаблюдения за охранной зоной МТ	Размещение камер видеонаблюдения таким образом, чтобы был обзор всей охранной зоны
Предусматриваются средства оповещения людей (посетителей), находящихся на территории и в здании, о возникновении аварийных ситуаций на МТ	Предусматривается общая эвакуация людей при отключении автоматической установки пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией людей, а также при обесточивании объекта
Постоянное размещение личного состава частной пожарной охраны внутри здания	Оснащение личного состава частной пожарной охраны боевой одеждой пожарных и средствами индивидуальной защиты

горящего факела, а также распространению ударной волны при взрыве облака топливно-воздушной смеси. Предлагаемая система наблюдения и контроля позволяет своевременно обнаружить утечку нефтепродукта и предотвратить возникновение облака топливно-воздушной смеси и дальнейший взрыв. Таким образом, разработанный комплекс мероприятий позволяет снизить тяжесть последствий возможной аварии и достигнуть приемлемого уровня риска.

Заключение

Несоблюдение максимально допустимых расстояний является массовым в нашей стране и создает проблемы как организациям, которые осуществляют эксплуатацию МТ, так и лицам, чье имущество оказалось в границах МДР.

Предусмотренная законодательством процедура обоснования безопасности может являться альтернативой массовому сносу построек, попавших в зону МДР. При взаимодействии крупных нефтегазовых компаний с государственными органами возможно создать методику, позволяющую облегчить разработку обоснования безопасности для МТ, что сделает данный способ устранения нарушения наиболее популярным и позволит защитить интересы лиц, чья собственность расположена вблизи трассы МТ.

Список литературы

1. **Отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году / Ростехнадзор, 2019. URL: <https://clck.ru/M6tLj> (дата обращения 12.05.2020).

2. **СП 36.13330.2012** Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06—85.
3. **Отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году / Ростехнадзор, 2018. URL: <https://clck.ru/NmkF7> (дата обращения 17.05.2020).
4. **Отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году / Ростехнадзор, 2017. URL: <https://clck.ru/GqyKx> (дата обращения 17.05.2020).
5. **Отчет** о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2015 году / Ростехнадзор, 2016. URL: <https://clck.ru/GyyY9> (дата обращения 17.05.2020).
6. **Стенограмма** парламентских слушаний на тему "Законодательное регулирование отношений собственников земельных участков, находящихся в зоне минимальных расстояний до объектов системы газоснабжения и объектов нефтегазового комплекса", 11 марта 2020 года. URL: <https://clck.ru/NmkTR> (дата обращения 29.05.2020).
7. **Постановление** Председателя Совета депутатов городского округа "Город Белгород" Белгородской области от 25.04.2016 г. № 38 "О проведении публичных слушаний по вопросу обсуждения проектной документации по объекту "Реконструкция магистрального газопровода ШБКБ на участке 120—160 км" в границах города Белгорода". URL: <http://docs.cntd.ru/document/438885518> (дата обращения 13.05.2020).
8. **Судебные и нормативные акты** РФ. URL: <https://sudact.ru/> (дата обращения 14.04.2020).
9. **Федеральный закон** от 21.07.1997 № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (ред. от 29.07.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения 01.06.2020).
10. **Федеральный закон** от 03.08.2018 № 342-ФЗ "О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363709> (дата обращения 01.06.2020).
11. **Федеральный закон** от 29.12.2004 № 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации" (редакция от 02.08.2019). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901919338> (дата обращения 01.06.2020).



12. Ершова А. Н., Долгов С. И., Трифонов О. В. Проблемы нормативно-правового регулирования вопросов безопасности магистральных трубопроводов при расширении городских поселений // Вести газовой науки. — 2018. — № 2 (34) — С. 234—244.
13. Лисанов М. В., Сумской С. И., Савина А. В. и др. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности // Безопасность труда в промышленности. — 2010. — № 3. — С. 58—66.
14. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 "Об утверждении руководства по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420347908> (дата обращения 14.05.2020).
15. Приказ Ростехнадзора от 17.06.2016 № 228 "Об утверждении руководства по безопасности "Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов". URL: <http://docs.cntd.ru/document/456007105> (дата обращения 14.05.2020).
16. Приказ Ростехнадзора от 31.03.2016 № 137 "Об утверждении руководства по безопасности "Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133802> (дата обращения 14.05.2020).
17. Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах" (с изменениями на 14.11.2010) (зарегистрировано в Минюсте РФ 17.08.2009; регистрационный № 14541). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170886> (дата обращения 16.05.2020).
18. Приказ Ростехнадзора от 20.04.2015 № 158 "Об утверждении "Методики моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200119845> (дата обращения 16.05.2020).
19. Приказ Ростехнадзора от 23 августа 2016 г. № 349 "Об утверждении Руководства по безопасности "Методика установления допустимого риска аварии при обосновании безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200138581> (дата обращения 17.05.2020).
20. Фоновые показатели опасности аварий и несчастных случаев на ОПО нефтегазового комплекса / Ростехнадзор, 2019. URL: <https://clck.ru/NY7wj> (дата обращения 28.05.2020).
21. Приказ Ростехнадзора от 06.11.2013 № 520 "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов". URL: <http://docs.cntd.ru/document/499058128> (дата обращения 29.05.2020).

D. N. Sozinova, Postgraduate Student, e-mail: sozinovadn@gmail.com,
E. E. Fomina, Associate Professor, V. V. Kruglov, Associate Professor,
National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow

Actual Problems of Ensuring the Safety of Main Oil Pipelines and Oil Product Pipelines in Violation of the Minimum Permissible Distances

The article deals with the problem of violation of the minimum permissible distances of the main pipelines. The main methods of elimination of violations are defined, their advantages and disadvantages are revealed. The analysis of 100 court cases on claims of leading oil and gas companies for the demolition of buildings in the zones of minimum permissible distances from hazardous production facilities. The results of the risk analysis of an accident on the main oil product pipeline, near which a Shopping Center was built with violations of the minimum permissible distances, are presented. Compensating measures are proposed that reduce the probability of an accident and the severity of its consequences.

Keywords: the main pipelines, the minimum permissible distances, safety justification, risk analysis

References

1. Отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году / Ростехнадзор, 2019. URL: <https://clck.ru/M6tLj> (date of access 12.05.2020).
2. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06—85.
3. Отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2017 году / Ростехнадзор, 2018. URL: <https://clck.ru/NmkF7> (date of access 17.05.2020).
4. Отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году / Ростехнадзор, 2017. URL: <https://clck.ru/GqyKx> (date of access 17.05.2020).
5. Отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2015 году / Ростехнадзор, 2016. URL: <https://clck.ru/GyyY9> (date of access 17.05.2020).
6. Стенограмма парламентских слушаний на тему "Законотворческое регулирование отношений собственников земельных участков, находящихся в зоне минимальных расстояний до объектов системы газоснабжения и объектов"

- нефтегазового комплекса", 11 марта 2020 года. URL: <https://clck.ru/NmkTR> (date of access 29.05.2020)
7. **Postanovlenie** Predsedatelya Soveta deputatov gorodskogo okruga "Gorod Belgorod" Belgorodskoj oblasti ot 25.04.2016 g. N 38 "O provedenii publichnyh slushanij po voprosu obsuzhdeniya proektnoj dokumentacii po ob"ektu "Rekonstrukciya magistral'nogo gazoprovoda SHBKB na uchastke 120—160 km" v granicah goroda Belgoroda". URL: <http://docs.cntd.ru/document/438885518> (date of access 13.05.2020).
 8. **Sudebnye i normativnye akty** RF. URL: <https://sudact.ru/> (date of access 14.04.2020).
 9. **Federal'nyj zakon** ot 21.07.1997 N 116-FZ "O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov" (redakcija ot 07.03.2017) URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (date of access 01.06.2020).
 10. **Federal'nyj zakon** ot 03.08.2018 N 342-FZ "O vnesenii izmenenij v Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii i ot del'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363709> (date of access 01.06.2020)
 11. **Federal'nyj zakon** ot 29.12.2004 N 190-FZ "Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj federacii" (redakcija ot 02.08.2019). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901919338> (date of access 01.06.2020).
 12. **Ershova A. N., Dolgov S. I., Trifonov O. V.** Problemy normativno-pravovogo regulirovaniya voprosov bezopasnosti magistral'nyh truboprovodov pri rasshirenii gorodskih poselenij. *Vesti gazovoj nauki*. 2018. No. 2 (34). P. 234—244.
 13. **Lisanov M. V., Sumskoj S. I., Savina A. V. et al.** Analiz riska magistral'nyh nefteprovodov pri obosnovanii proektnykh reshenij, kompensiruyushchih otstupleniya ot dejstvuyushchih trebovanij bezopasnosti. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2010. No. 3. P. 58—66.
 14. **Prikaz** Rostekhnadzora ot 11.04.2016 N 144 "Ob utverzhdenii rukovodstva po bezopasnosti "Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostej i ocenki riska avarij na opasnyh proizvodstvennyh ob"ektah". URL: <http://docs.cntd.ru/document/420347908> (date of access 14.05.2020).
 15. **Prikaz** Rostekhnadzora ot 17.06.2016 N 228 "Ob utverzhdenii rukovodstva po bezopasnosti "Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu kolichestvennogo analiza riska avarij na opasnyh proizvodstvennyh ob"ektah magistral'nyh nefteprovodov i nefteproduktoprovodov". URL: <http://docs.cntd.ru/document/456007105> (date of access 14.05.2020)
 16. **Prikaz** Rostekhnadzora ot 31.03.2016 N 137 "Ob utverzhdenii rukovodstva po bezopasnosti "Metodika ocenki posledstvij avarijnyh vzryvov toplivno-vozdushnyh smesej". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200133802> (date of access 14.05.2020).
 17. **Prikaz** MCHS Rossii ot 10.07.2009 N 404 "Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin požarnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah" (s izmeneniyami na 14.11.2010) (zaregistrirvano v Minyuste RF 17.08. 2009; registracionnyj N 14541). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170886> (date of access 16.05.2020).
 18. **Prikaz** Rostekhnadzora ot 20.04.2015 N 158 " Ob utverzhdenii "Metodiki modelirovaniya rasprostraneniya avarijnyh vybrosov opasnyh veshchestv". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200119845> (date of access 16.05.2020).
 19. **Prikaz** Rostekhnadzora ot 23.08.2016 N 349 "Ob utverzhdenii Rukovodstva po bezopasnosti "Metodika ustanovleniya dopustimogo riska avarii pri obosnovanii bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov neftegazovogo kompleksa". URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200138581> (date of access 17.05.2020).
 20. **Fonovye pokazateli** opasnosti avarij i neschatnyh sluchaev na OPO neftegazovogo kompleksa / Rostekhnadzor, 2019. URL: <https://clck.ru/NY7wj> (date of access 28.05.2020).
 21. **Prikaz** Rostekhnadzora ot 06.11.2013 N 520 "Ob utverzhdenii Federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlennoj bezopasnosti "Pravila bezopasnosti dlya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov magistral'nyh truboprovodov". URL: <http://docs.cntd.ru/document/499058128> (date of access 29.05.2020).

Информация

Продолжается подписка на журнал

"Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2021 г.

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении,
через подписные агентства или непосредственно в редакции журнала

Подписной индекс по Объединенному каталогу

"Пресса России" — 79963

Сообщаем, что с 2020 г. возможна подписка
на электронную версию нашего журнала.

Подписку на электронную версию журнала можно оформить через
ООО "ИВИС": тел. (495) 777-65-57, 777-65-58; e-mail: sales@ivis.ru
и Агентство "Урал-Пресс" <http://ural-press.ru> (индекс 013312)

Для оформления подписки следует обратиться в филиал агентства по месту жительства

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4,
Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97, (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru



УДК 519.72

С. Н. Карасев, зам. генерального директора, ООО "Артвис", Москва,
Н. Ю. Илькухин, канд. техн. наук, доц., e-mail: nikitailkuhin@mail.ru,
Д. О. Баркинхоев, асп., Санкт-Петербургский университет гражданской авиации

Контроль качества досмотровых мероприятий на рентгеновских установках как основа эффективности обеспечения транспортной безопасности

Для контроля качества проведения досмотровых мероприятий с применением рентгеновских установок предлагается использовать разработанный комплект тест-объектов, позволяющих осуществлять проверку обнаружительной, различающей, проникающей способности рентгеновских установок, а также оценить эффективность работы их программного обеспечения по автоматическому оконтуриванию в досматриваемом объекте вещества с плотностями и эффективными атомными номерами, соответствующими взрывчатым веществам.

Ключевые слова: рентгеновские установки, тест-объекты для проверки рентгеновских установок, имитаторы взрывчатых веществ, обеспечение транспортной безопасности

В целях реализации Федерального закона № 16-ФЗ от 07.02.2007 "О транспортной безопасности" и использования субъектами транспортной инфраструктуры эффективных в противодействии террористическим угрозам технических средств досмотра 26 сентября 2016 г. было утверждено Постановление Правительства РФ № 969 о требованиях к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности (ТС ОТБ) и правилам обязательной сертификации ТС ОТБ (далее — ПП № 969). Это постановление регламентирует процедуру получения сертификата транспортной безопасности на ТС ОТБ, без наличия которого использование оборудования в целях обеспечения безопасности на объектах транспортной инфраструктуры невозможно.

Символично, что утверждение ПП № 969 произошло через 4 дня после принятия Советом Безопасности ООН резолюции № 2309 о необходимости повышения эффективности мер безопасности на транспорте. Появление такого документа было связано с результатами проверки систем безопасности аэропортов США в 2015 г., которые показали, что вероятность обнаружения взрывчатых веществ при их закладках в ручной клади, багаже и личных предметах пассажиров, в том числе в электронных устройствах, всего 5 % [1]. Это объяснялось ошибками, связанными со значительным влиянием человеческого фактора при принятии окончательных решений, отсутствием эффективных средств дополнительного досмотра в автоматическом режиме, а также технологий их использования.

Наряду с созданием новых образцов аппаратуры обнаружения взрывчатых веществ (ВВ), одной из важных задач в области обеспечения транспортной безопасности является проверка работоспособности эксплуатируемой досмотровой техники и повышение квалификации сотрудников подразделений транспортной безопасности по выявлению ВВ. В практике обеспечения транспортной безопасности наибольшее распространение получили рентгеновские интроскопы, которые в большинстве позволяют получать оператору с использованием специального программного обеспечения графическую подсказку на область в багаже, которая подозрительна на наличие ВВ, или на емкости с жидкостью, оставляя окончательное решение за оператором. Это приводит к зависимости качества досмотра от опыта и квалификации оператора.

Одновременно с этим необходимо отметить, что в процессе эксплуатации обнаружительные параметры рентгеновских установок ухудшаются из-за снижения эмиссии катода и вырождения анода рентгеновских трубок, снижения интенсивности свечения сцинтилляторов и светочувствительности фотоприемников, ухудшения характеристик мониторов и разъюстировки приемно-передающего тракта. Поэтому крайне актуальной остается задача поддержания рентгеновских установок в работоспособном состоянии.

В соответствии с требованиями п. 41 Федеральных авиационных правил "Требования авиационной безопасности к аэропортам", утвержденных приказом Минтранса России № 142 от 28 ноября 2005 г., администрация аэропорта организует проведение

ежедневных проверок (настроек) технических средств досмотра, в том числе рентгеновского оборудования (РО): рентгентелевизионных интроскопов (РТИ) и компьютерных томографов, применяемых при производстве досмотра ручной клади, багажа, грузов, почты и бортовых запасов.

Сертификат транспортной безопасности по ПП № 969 на рентгеновское оборудование подтверждает его соответствие требованиям, предъявляемым ФСБ РФ, для обеспечения приемлемого уровня безопасности, в том числе по возможности выявления взрывчатых веществ (ВВ). Но в силу того, что в процессе эксплуатации характеристики РО ухудшаются, необходимо осуществлять настроечные и калибровочные мероприятия с применением специальных тест-объектов, которые бы обязательно включали и имитаторы ВВ. Без этого эффективность обязательной сертификации может быть нивелирована.

В настоящее время службы авиационной безопасности аэропортов при ежедневных проверках РО и подразделения транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ) при периодических проверках рентгеновского оборудования используют комплекты тест-объектов для рентгентелевизионных интроскопов (РТИ), утвержденные к применению 16.10.2001 г. Департаментом авиационной безопасности и специального обеспечения полетов Минтранса России.

Требования к обнаружительным параметрам современного РО ужесточены: минимальный диаметр медной проволоки, применяемой для проверки обнаружительной способности, уменьшен до 0,1 мм, увеличена до 50 мм максимальная толщина стального клина, применяемого для проверки проникающей способности, уменьшен шаг измерения толщины клина с 2 до 1 мм и введена функция программного обеспечения РО автоматически оконтуривать (выделять) в ручной клади и багаже вещества с плотностями и атомными номерами, соответствующими ВВ.

Тест-объекты для РТИ образца 2001 г. морально устарели и не обеспечивают проверку ужесточенных требований к обнаружительным параметрам РО. В связи с этим в настоящее время разработан модернизированный комплект тест-объектов для рентгентелевизионных интроскопов (РТИМ).

1. Комплект тест-объектов РТИМ для рентгеновских установок

Модернизированный комплект тест-объектов, состоящий из шести тест-объектов Т01, Т02, Т03, Т04, Т05, Т06, предназначен для проверки обнаружительных параметров РО, изготовленного ранее, современных и перспективных моделей всех типов методом оценки изображения на экране монитора рентгеновского оборудования при просвечивании РТИМ. Каждый тест-объект имеет маркировку металлическим шрифтом, видимую на экране монитора РО.

Расположение тест-объектов в комплекте представлено на рис. 1, а общий вид комплекта тест-объектов РТИМ — на рис. 2 (см. 3-ю стр. обложки)

Назначение тест-объектов РТИМ:

Т01 — для проверки обнаружительной способности РО, характеризуемой минимальным обнаруживаемым диаметром медной проволоки, видимой на экране монитора РО, в том числе за алюминиевым клином. Представляет собой трехступенчатый алюминиевый клин, имеющий ступени высотой 4,8 мм, 7,9 мм, 11,1 мм, за которым размещены пять медных проволок диаметрами 0,1 мм; 0,12 мм; 0,15 мм; 0,19 мм; 0,25 мм.

Т02 — для проверки различающей способности РО, характеризуемой возможностью различать по цвету окрашивания на экране монитора рентгеновского оборудования материалы с различными атомными номерами: как правило, органику и неорганику. Представлен двумя емкостями из пластмассы, заполненными: первая — поваренной

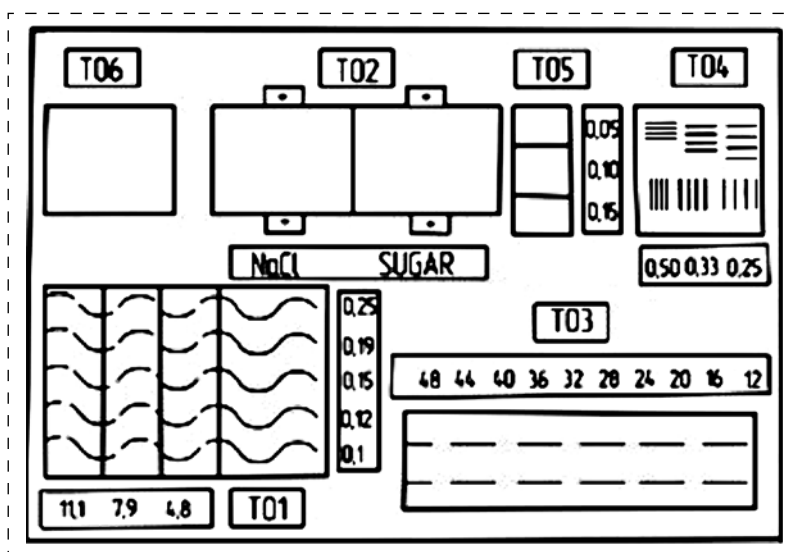


Рис. 1. Расположение тест-объектов в комплекте РТИМ



Таблица 1

Сравнение характеристик комплектов тест-объектов РТИ и РТИМ

Наименование оборудования	ТО1 Диаметр медной проволоки, мм	ТО2		ТО3		ТО4 Пар линий/мм	ТО5 Толщина, мм	ТО6
				Диапазон измерения толщины клина, мм	Минимальный шаг измерения, мм			
РТИ	0,12; 0,15; 0,19; 0,25; 0,51	NaCl	SUGAR	12; 14; 16; 18; 20; 22; 24	2	0,50; 0,33; 0,25	0,15; 0,10; 0,05	Нет имитатора
РТИМ	0,1; 0,12; 0,15; 0,19; 0,25	NaCl	SUGAR	от 12 до 50	1	0,50; 0,33; 0,25	0,15; 0,10; 0,05	Есть имитатор

солью (NaCl, неорганическое вещество), вторая — сахаром (SUGAR, органическое вещество).

ТО3 — для проверки проникающей способности РО, характеризуемой максимальной толщиной клина, прозрачной для рентгеновского излучения. Представляет собой стальной клин толщиной от 12 (16) до 50 мм. Под клином вдоль всей его длины расположена свинцовая пластина толщиной 1 мм и шириной 10 мм. При проверке определяется максимальная толщина клина (с минимальным шагом измерения 1 мм), за которым еще видна свинцовая пластина.

ТО4 — для проверки разрешающей способности РО, характеризуемой минимальными размерами щелей, которые имеют разрешение в двух проекциях на экране монитора РО. Представляет собой металлическую пластину со щелями, которые образуют линейчатые решетки с параметрами 0,50 пар линий/мм, 0,33 пар линий/мм и 0,25 пар линий/мм. Решетки одного параметра расположены перпендикулярно друг другу. Как известно, измерение разрешения обычно осуществляется в парах линий на миллиметр (пара — это черная и белая линия).

ТО5 — для проверки линейности проникающей способности РО для малых толщин стали, характеризуемой отображением на экране монитора разными градациями плотности сине-серого цвета для разных толщин. Представляет собой три стальные пластинки толщиной 0,15 мм, 0,1 мм, 0,05 мм.

ТО6 — для проверки способности программного обеспечения РО автоматически выделять в досматриваемом объекте вещества с плотностями и эффективными атомными номерами, соответствующими ВВ. Представляет собой имитатор взрывчатого вещества, описание которого представлено ниже. Необходимо отметить, что поскольку взрывчатые вещества относятся к органике, то имитатор ВВ окрашивается на экране рентгенотелевизионных интроскопов в темно-оранжевый цвет (темные оттенки связаны

с повышенной относительно обычных бытовых предметов досмотра плотностью около 1,5 г/см³). Следует отметить, что в комплект тест-объектов РТИМ был добавлен имитатор ВВ (ТО6).

Сравнительная таблица комплектов тест-объектов РТИ и РТИМ представлена в табл. 1.

2. Описание разработанных имитаторов ВВ

Актуальность использования в комплекте тест-объектов РТИМ имитаторов ВВ обусловлена тем, что в настоящее время все поставляемые на объекты воздушного транспорта рентгеновские установки по требованиям Международной организации гражданской авиации (ИКАО) должны проходить ежедневную проверку по возможностям обнаружения ВВ. Эта проверка обычно осуществляется с применением опломбированных тест-объектов зарубежного производства, содержащих имитаторы ВВ, ориентированные на обнаружение иностранных видов ВВ и не способные обнаруживать некоторые взрывчатые вещества, которые могут использоваться в России для совершения диверсионно-террористических актов на объектах транспортной инфраструктуры. Поэтому применение импортных имитаторов ВВ для настройки рентгеновской аппаратуры, используемой в России для обеспечения транспортной безопасности, недопустимо.

В связи с этим для использования в технических средствах обнаружения ВВ на основе методов рентгеноскопии и нейтронного радиационного анализа (НРА) [2] были разработаны рецептуры имитаторов ВВ, соответствующие по химическому составу, показателям физической и электронной плотности ряду реальных ВВ, производимых в нашей стране.

Эти рецептуры абсолютно безопасны при использовании, так как в качестве исходных модельных компонентов применены не взрывчатые, не едкие, не ядовитые, не токсичные, не вступающие во взаимодействие друг с другом вещества.

Свойства и состав основных типов ВВ

Тип ВВ	N, %	C, %	H, %	O, %	Al, %	Плотность, г/см ³	Страна-производитель
ВВО-32	10,4	23,9	2,3	43,5	20,0	1,5	Россия
С-4	15,9	24,6	4,8	54,7	—	1,4	США, Великобритания
А-IX-1	35,9	19,2	3,8	41,1	—	1,5	Россия
ТГ-40	28,8	22,0	2,4	46,9	—	1,5	Россия
ТГ-50	26,6	23,3	2,3	47,8	—	1,5	Россия
ПВВ-4	29,9	28,6	7,4	34,2	—	1,4	Россия
ПВВ-5А	32,2	26,5	4,6	36,8	—	1,5	Россия
ПВВ-7	26,9	21,7	3,8	30,7	17,0	1,5	Россия
ЭВВ-11	30,3	30,0	5,2	34,6	—	1,3	Россия
Семтекс	30,3	30,0	5,2	34,6	—	1,4	Чехия

На основе приведенных в табл. 2 типов ВВ [3–5] был произведен поиск возможных комбинаций из химически совместимых и устойчивых веществ, совокупность которых дает материал близкого элементного состава.

В основе рассматриваемых материалов использовалась смесь меламин с порошком графита. Остальные вещества добавлялись для коррекции содержания водорода и улучшения физических свойств смеси. Имитаторы составов производятся механическим смешением модельных компонентов с последующим прессованием до необходимой плотности.

Как показали расчеты, в качестве имитатора тротилсодержащих ВВ для проверки превентивных мер обеспечения безопасности, реализованных на основе применения методов рентгеноскопии и нейтронного радиационного анализа, может быть использовано твердое тело любой формы с плотностью твердого тела от 1,4 до 1,7 г/см³, получаемого из смеси порошкообразных нитрата алюминия 9-водного в количестве 29...37 мас. %, меламин в количестве 15...21 мас.% и графита в количестве 42...56 мас.%. Использование в составе имитатора графита позволило довести содержание углерода (с учетом наличия его в меламине) до значений 18,7...29,3 мас.%, соответствующих процентному содержанию углерода в тротилсодержащих ВВ. Одновременно это позволило снизить содержание кислорода, являющегося взрыво- и пожароопасным, и использовать вместо кислорода в составе имитатора достаточно инертный углерод. При этом из-за малости сечения реакции захвата тепловых нейтронов ядрами атомов кислорода и углерода, а также близости значений энергии гамма-квантов, испускаемых ядрами этих

атомов, спектры вторичного гамма-излучения на практике оказываются достаточно близкими, что позволило имитировать при безопасном содержании кислорода реальные тротилсодержащие ВВ, имеющие в составе 49,5...61,5 мас. % кислорода [6–7].

Полученные смеси имитаторов ВВ являются универсальными и позволяют обеспечивать проверку систем безопасности на предмет их эффективности по выявлению ВВ как отечественного, так и зарубежного производства. Составы разработанных имитаторов приведены в табл. 3. Как видно из данных таблицы, состав имитаторов по содержанию азота и водорода совпадает с данными для ВВ.

Вычисление значений эффективных атомных номеров имитаторов ВВ Z_{eff} для оценки соответствия аналогичным параметрам имитируемых ВВ производится с использованием следующей формулы [8]:

$$Z_{eff} = \left[\frac{\sum_{k=1}^p a_k A_k Z_k^4}{\sum_{k=1}^p a_k A_k Z_k} \right]^{1/3},$$

где p — количество химических элементов в материале; A_k — грамм-атомная масса k -го элемента; Z_k — атомный номер k -го элемента; a_k — доля k -х элементов в материале.

При инспектировании предлагаемых имитаторов ВВ на современных отечественных и зарубежных образцах рентгеновского оборудования с использованием специального программного обеспечения (регистрация различий в электронной плотности инспектируемых веществ) происходит их графическое выделение (чаще всего цветом) и дающее подсказку оператору о возможном наличии реального ВВ, соответствующего по характеристикам

Состав имитаторов ВВ

Наименование и состав имитаторов ВВ		N, %	C, %	H, %	O, %	Al, %	Z _{eff}
Тротилсодержащие (доля N < 20 %)	Состав имитатора	16	54	2,4	25,2	2,4	7,46
	Усредненный состав ВВ	16,0 ± 2,5	24,0 ± 5,3	2,4 ± 1,0	55,5 ± 6,0	2,2 ± 0,2	7,46 ± 0,09
Гексогенсодержащие	Состав имитатора	30,8	34,9	4,4	28,2	1,7	7,3
	Усредненный состав ВВ	30,6 ± 3,4	23,8 ± 4,4	4,3 ± 1,6	38,0 ± 5,5	1,7 ± 0,15	7,31 ± 0,09

используемому имитатору (рис. 3 — см. 3-ю стр. обложки). При инспектировании имитаторов ВВ на рентгеновской томографической системе происходит их обнаружение в качестве ВВ, соответствующего по массе и форме используемому имитатору.

На основе предлагаемых имитаторов ВВ могут быть созданы макеты взрывных устройств различных видов, в том числе и замаскированные под обычные предметы. В силу необходимости проверок работоспособности досмотровой техники, а также в соответствии с "Правилами проведения предполетного и послеполетного досмотров" выполнения "по совместным решениям руководителей службы авиационной безопасности и органа внутренних дел на транспорте совместных и самостоятельных проверок качества проведения досмотров с применением учебных тест-предметов", возможно использовать для этих целей рассмотренные выше имитаторы ВВ.

Использование комплекта тест-объектов РТИМ на постоянной основе позволит реализовать мероприятия по обеспечению работоспособности рентгеновских установок и значительно повысить уровень транспортной безопасности.

Список литературы

1. Службы безопасности аэропортов США не прошли секретную проверку. URL: <https://rg.ru/2015/06/02/perelet-site-anons.html> (дата обращения 02.06.2015).
2. Илькухин Н. Ю. Новый принцип досмотра багажа авиапассажиров с использованием установок на основе метода нейтронного радиационного анализа // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 11. — С. 47—50.
3. Будников М. А., Левкович И. А., Быстров И. В., Сиротинский В. Ф., Шехтер Б. И. Взрывчатые вещества и пороха. — М.: Оборонгиз, 1955. — 364 с.
4. Шагов Ю. В. Взрывчатые вещества и пороха. М.: Воениздат, 1976. — 120 с.
5. Поздняков З. Г. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. М.: Недра, 1977. — 253 с.
6. Имитатор азотосодержащего взрывчатого вещества: пат. 2411227 Рос. Федерация № 2009138281/11, заявл. 2009.10.09; опубл. 2011.02.10 // Бюл. № 4. С. 8.
7. Имитатор взрывчатого вещества на основе гексогена или октогена: пат. 2413709 Рос. Федерация № 2009138279/11, заявл. 2009.10.09; опубл. 2011.03.10 // Бюл. № 7. С. 8.
8. Murty R. C. Effective atomic numbers of heterogeneous materials // Nature. — 1965. — Vol. 207. — P. 398—399.

S. N. Karasev, Deputy General Director, LTD "Artvis", Moscow,
N. Yu. Ilkuhin, Associate Professor, e-mail: nikitailkuhin@mail.ru,
D. O. Barkinhoev, Postgraduate, Saint-Petersburg University Civil Aviation

Quality Control of Inspection Activities at X-ray Installations as the Basis for the Effectiveness of Transport Security

To control the quality of inspection activities with the use of X-ray installations, it is proposed to use the developed set of test objects. Test objects allow you to check the detection, distinguishing, and penetrating ability of X-ray installations, as well as to evaluate the effectiveness of their software for automatic delineation of substances in the inspected object, with densities and effective atomic numbers corresponding to explosives. Implementation of the developed set of test objects will significantly improve the level of transport security.

Keywords: X-ray installations, test objects for checking X-ray installations, explosive simulators, transport security

References

1. **Sluzhby** bezopasnosti aeroportov USA ne proshli sekretnuyu proverku. URL: <https://rg.ru/2015/06/02/perelet-site-anons.html> (date of access 02.06.2015).
2. **Ilkuhin N. Yu.** Novyy princip dosmotra bagazha aviapassazhirov s ispol'zovaniem ustanovok na osnove metoda nejtronnogo radiacionnogo analiza. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2011. No. 11. P. 47–50.
3. **Budnikov M. A., Levkovich I. A., Bystrov I. V., Sirotinskij V. F., Shekhter B. I.** Vzryvchatye veshchestva i poroha. Moscow: Oborongiz, 1955. 364 p.
4. **Shagov Yu. V.** Vzryvchatye veshchestva i poroha. Moscow: Voenizdat, 1976. 120 p.
5. **Pozdnyakov Z. G.** Spravochnik po promyshlennym vzryvchatym veshchestvam i sredstvam vzryvaniya. Moscow: Nedra, 1977. 253 p.
6. **Imitator** azotosoderzhashchego vzryvchatogo veshchestva: pat. 2411227 Ros. Federaciya № 2009138281/11, zayavl. 2009.10.09; opubl. 2011.02.10. Byul. No. 4. P. 8.
7. **Imitator** vzryvchatogo veshchestva na osnove geksojena ili oktogena: pat. 2413709 Ros. Federaciya № 2009138279/11, zayavl. 2009.10.09; opubl. 2011.03.10. Byul. No. 7. P. 8.
8. **Murty R. C.** Effective atomic numbers of heterogeneous materials. *Nature*. 1965. Vol. 207. P. 398–399.

УДК 551.51

В. В. Зуев, чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., гл. науч. сотр.,
Е. С. Савельева, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., e-mail: esav.pv@gmail.com,
А. В. Павлинский, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр., Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, Томск,
Д. П. Мордус, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр., Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, Томск; синоптик 1-й категории, Западно-Сибирский филиал ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета", Новосибирск

Сравнительный анализ сезонной вероятности обледенения воздушных судов в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска

На основе данных бортовой погоды и данных аэрологического радиозондирования температуры и влажности воздуха рассмотрена сезонная повторяемость обледенения воздушных судов в высотных слоях от 0 до 6 км в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска, расположенных в разных климатических зонах. Отмечено, что наибольшая повторяемость обледенения в районе аэродрома Санкт-Петербурга наблюдается зимой, а в районе аэродрома Новосибирска — осенью. В зимний и весенний периоды в рассматриваемых регионах более определяющим в возникновении обледенения ВС является вертикальное распределение влажности воздуха, в свою очередь, в летний и осенний периоды усиливается роль вертикального распределения температуры воздуха.

Ключевые слова: обледенение воздушных судов, повторяемость обледенения, сезонная вероятность обледенения, распределение вероятности по высоте, температура воздуха, влажность воздуха, профили, нулевая изотерма, влагосодержание атмосферы, климатические условия

Введение

Обледенение воздушного судна (ВС) является одним из наиболее опасных явлений в атмосфере, которые усложняют работу авиации и приводят к авариям и катастрофам [1–3]. Обледенение, как правило, возникает при отрицательной

температуре и высокой влажности воздуха в атмосфере [4–6]. В этих условиях возможно образование водяного пара и капель воды в переохлажденном состоянии, что может привести к образованию льда на различных частях ВС [7–9]. Обледенение может происходить на любых высотах, представляя особую опасность во время



взлета и посадки воздушного судна. Для обеспечения безопасности полетов в условиях обледенения необходимо изучение комплекса метеорологических параметров, способствующих возникновению обледенения [10–12]. Информация о случаях обледенения ВС может быть использована в качестве основы для сравнительного анализа повторяемости обледенения для разных регионов России, имеющие разные климатические и территориальные особенности. Аэродром Санкт-Петербурга расположен в прибрежной зоне Финского залива с характерным смягченным морским климатом, а аэродром Новосибирска находится в центре Евразийского континента с выраженным внутриматериковым климатом.

Целью данного исследования является изучение особенностей возникновения обледенения ВС в зависимости от сезона года и высоты на основе анализа данных бортовой погоды и данных аэрологического радиозондирования температуры и влажности воздуха в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска.

Материалы и методы

Исходным материалом для анализа повторяемости обледенения являются данные бортовой погоды (сообщения экипажей ВС об обледенении). В работе использовались данные бортовой погоды Международных аэропортов Санкт-Петербурга и Новосибирска за 2012–2018 гг. Рассматриваемые аэропорты входят в список крупнейших аэропортов России по количеству вылетов и прилетов, что позволяет осуществить анализ повторяемости обледенения ВС. Начало периода с 2012 г. обусловлено тем, что в этом году в практическую работу метеослужб аэропортов был введен электронный журнал погоды АВ-6, в котором фиксируется информация, поступающая с бортов ВС.

Для рассмотрения вероятности возникновения обледенения ВС в работе использовались вертикальные профили температуры и влажности воздуха аэрологического радиозондирования атмосферы, полученные из общедоступной базы данных Университета Вайоминга (University of Wyoming, Department of Atmospheric Science, <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>) для метеорологических станций 26063 Воейково (59,95° с.ш., 30,70° в.д.) — ближайшая к аэродрому Санкт-Петербурга станция и 29634 Новосибирск (54,96° с.ш., 82,95° в.д.) за период 2012–2018 гг. Многолетние средние вертикальные профили

температуры и влажности воздуха были получены путем усреднения ежедневных данных аэрологического радиозондирования (с временным разрешением 12 ч).

Результаты и их анализ

Вероятность возникновения обледенения ВС и повторяемость случаев обледенения в районе аэродрома относятся к критериям, определяющим безопасность полета ВС. Одним из основных методов прогноза обледенения является модель Шульца—Политович, согласно которой вероятность возникновения обледенения ВС наиболее высокая при влажности воздуха $\geq 63\%$ и температуре воздуха от -16 до 0°C [13–15].

Обледенение при слаболожительных температурах также возможно при локальном адиабатическом расширении воздуха, обтекающем поверхность ВС. При этом воздух охлаждается до отрицательных температур, поэтому в условиях высокого влагосодержания на поверхности ВС происходит образование льда. В таблице приведены данные об общем числе сообщений об обледенении ВС в разные сезоны года в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска за 2012–2018 гг. Как видно из таблицы, наибольшая повторяемость обледенения в районе аэродрома Санкт-Петербурга наблюдалась зимой (~50 %), а в районе аэродрома Новосибирска — осенью (~46 %).

В связи с наибольшей опасностью обледенения на низких высотах при взлете и посадке ВС целесообразным является рассмотрение распределения сезонной повторяемости обледенения по высотным слоям. Повторяемость обледенения ВС в зависимости от сезона года и высоты от поверхности земли до 6 км в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска, полученная по данным бортовой погоды за рассматриваемые периоды, приведена на рис. 1.

**Число сообщений об обледенении ВС
в зависимости от сезона года в районе аэродромов
Санкт-Петербурга и Новосибирска**

Местонахождение аэродрома	Число сообщений			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Санкт-Петербург	584	212	104	262
Новосибирск	434	368	72	737

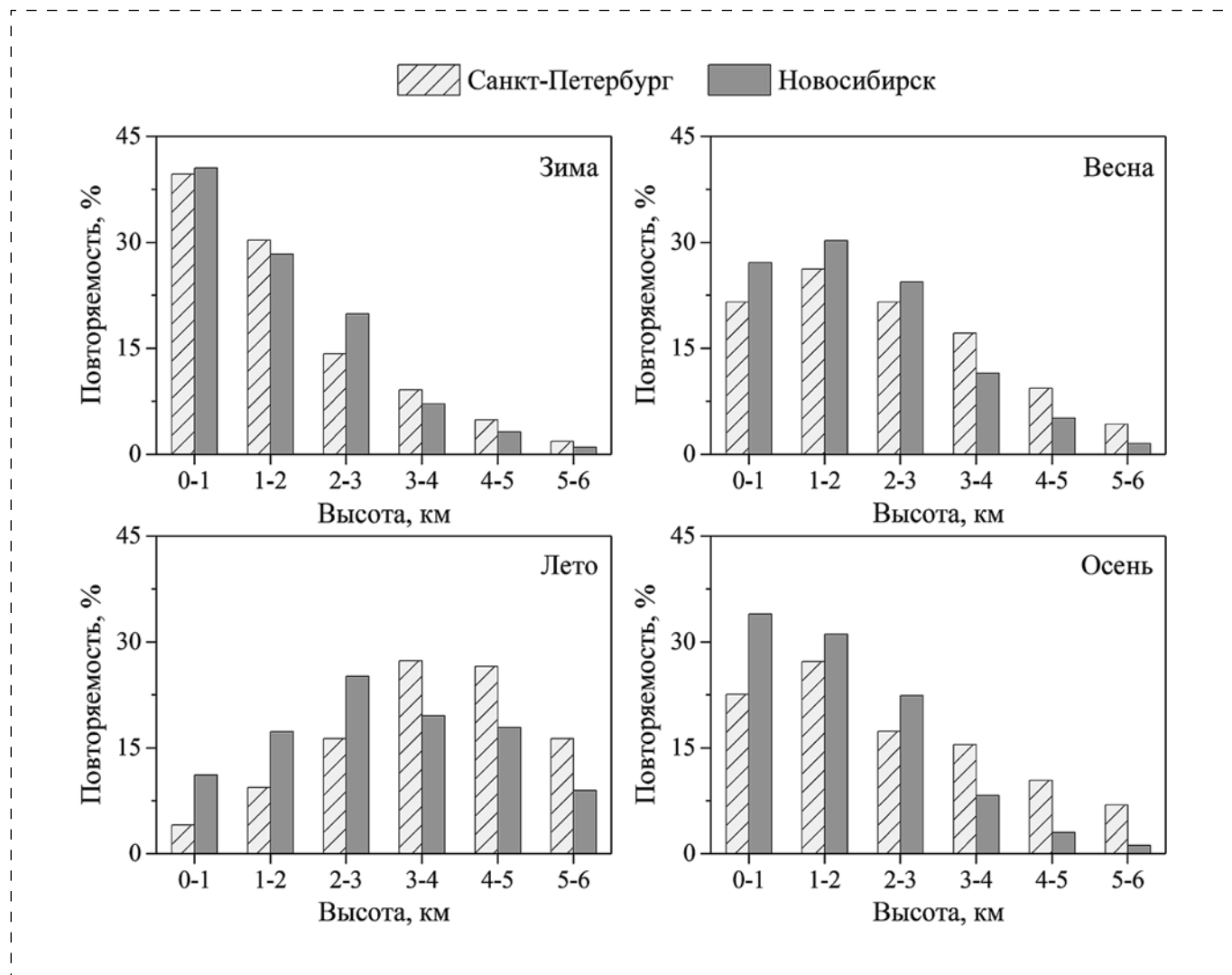


Рис. 1. Сезонная вероятность обледенения ВС в разных высотных слоях в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска

Среднемесячные вертикальные профили температуры и влажности воздуха в слое от поверхности земли до 6 км для января, апреля, июля и октября над станциями Воейково и Новосибирск, полученные на основе данных аэрологического радиозондирования общедоступной базы Университета Вайоминга за рассматриваемый период, приведены на рис. 2.

В зимний период в районе обоих аэродромов наибольшее число случаев обледенения ВС наблюдается в слое от поверхности земли до 1 км и уменьшается с высотой (см. рис. 1). В районе обоих аэродромов в нижнем километровом слое в зимний период было зарегистрировано около 40 % случаев обледенения. При этом в нижнем трехкилометровом слое зимой в районе

аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска зарегистрировано соответственно ~84 и 89 % случаев. Как видно из рис. 2, в январе наиболее высокие значения влажности воздуха наблюдаются у поверхности земли и постепенно уменьшаются с высотой во всех рассматриваемых регионах, что объясняет высотное распределение вероятности возникновения обледенения ВС в зимний период.

В весенний период наиболее высокая вероятность обледенения наблюдается в слое от поверхности земли до 3 км с максимумом в слое от 1 до 2 км на обоих аэродромах (см. рис. 1). В нижнем трехкилометровом слое во всех регионах наблюдаются наиболее высокие значения влажности в апреле, с максимальными значениями в слое от 1 до 2 км

(см. рис. 2). В районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска в нижнем трехкилометровом слое в весенний период было зарегистрировано соответственно ~69 и 82 % случаев обледенения.

В осенний период также наиболее высокая вероятность обледенения наблюдалась в слое от 0 до 3 км, при этом наибольшее число случаев обледенения в районе аэродрома Санкт-Петербурга наблюдалось в слое от 1 до 2 км, а в районе аэродрома Новосибирска — в нижнем километровом слое (см. рис. 1), что объясняется вертикальным распределением температуры в регионах этих аэродромов (см. рис. 2). В нижнем трехкилометровом слое в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска в осенний период было зарегистрировано соответственно ~67 и 87 % случаев обледенения.

В летний период наибольшая вероятность обледенения ВС в районе аэродрома Новосибирска наблюдалась на высотах от 2 до 3 км (~25 %), а в районе аэродрома Санкт-Петербурга — от 3 до 4 км (~27 %). Более высокие приземные температуры в летний период способствуют смещению высотного слоя наиболее вероятного обледенения в диапазон от 2 до 4 км (см. рис. 2).

Заключение

В работе рассмотрены особенности возникновения обледенения ВС в зависимости от сезона года и высоты слоя от поверхности земли на основе анализа данных бортовой погоды и данных аэрологического радиозондирования температуры и влажности воздуха в районе аэродромов Санкт-Петербурга и Новосибирска. Наибольшее количество сообщений об обледенении в районе аэродрома Санкт-Петербурга наблюдалось зимой (~50 %), а в районе аэродрома Новосибирска — осенью (~46 %). В зимний период в районе обоих аэропортов наибольшее число случаев обледенения ВС наблюдалось в слое от поверхности земли до 1 км. В весенний и осенний периоды наиболее высокая вероятность обледенения проявляется в слое от поверхности земли до 3 км. В летний период наибольшая повторяемость обледенения ВС в районе аэродрома Новосибирска фиксируется на высотах от 2 до 3 км, а в районе аэродрома Санкт-Петербурга — от 3 до 4 км.

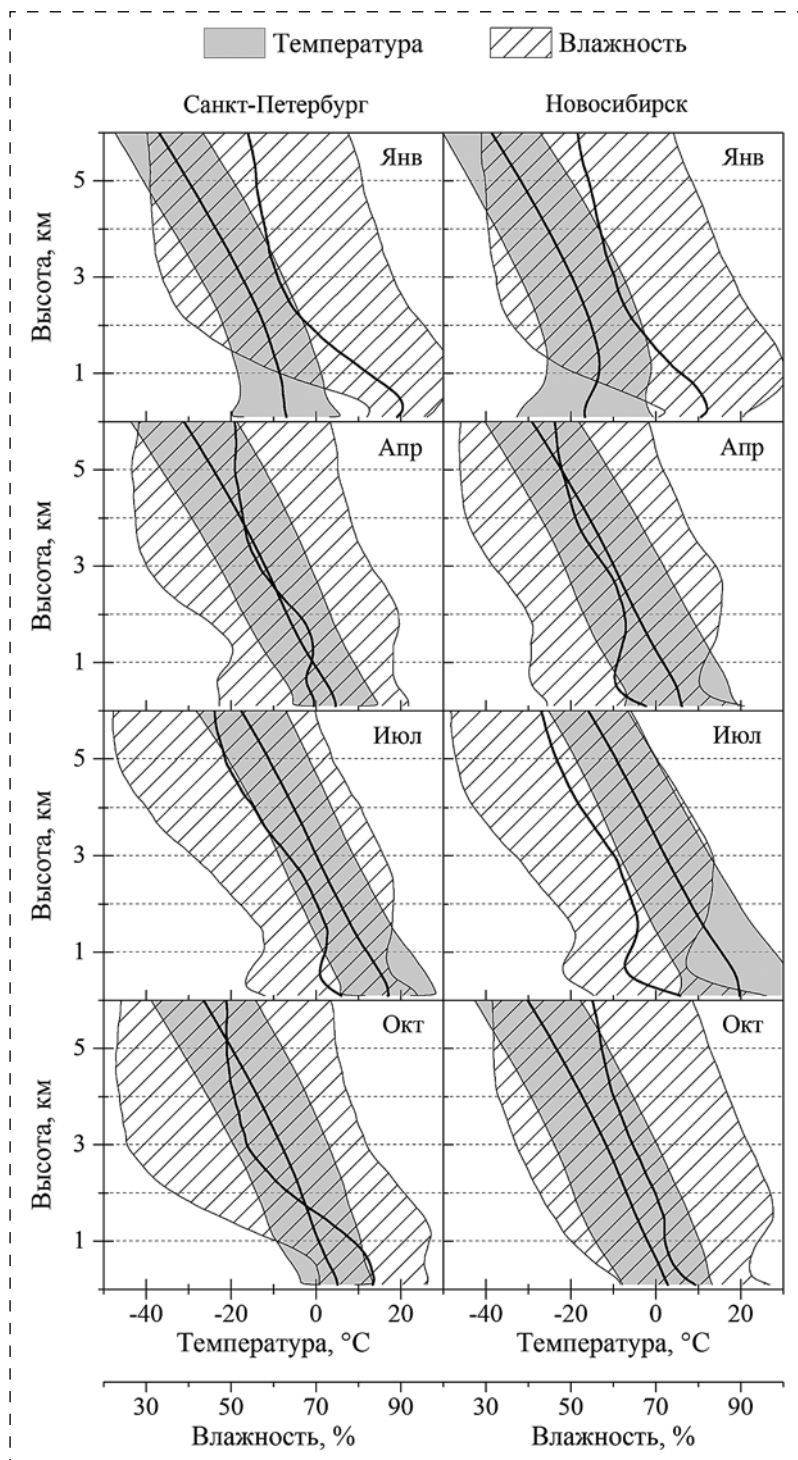


Рис. 2. Среднемесячные вертикальные профили температуры и влажности воздуха со среднеквадратичными отклонениями в диапазоне высот от поверхности земли до 6 км для января, апреля, июля и октября над станциями Воейково (59,95° с.ш., 30,70° в.д.) и Новосибирск (54,96° с.ш., 82,95° в.д.), полученные за 2012—2018 гг.

Такое сезонное распределение случаев обледенения ВС по высотам в рассматриваемых регионах связано с вертикальным распределением температуры и влажности воздуха. Максимальное число случаев обледенения наблюдается в высотном слое с нулевой изотермой, а вероятность обледенения в вышележащих слоях определяется влагосодержанием воздуха. В зимний и весенний периоды в рассматриваемых регионах более определяющим в возникновении обледенения ВС является вертикальное распределение влажности воздуха, в свою очередь, в летний и осенний периоды усиливается роль вертикального распределения температуры воздуха.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80051.

Список литературы

1. Пенязь И. М. Анализ проблем по вопросу о необходимости повышения безопасности полетов в условиях обледенения // Проблемы безопасности полетов. — 2018. — № 11. — С. 13–17.
2. Иванова А. Р. Обледенение двигателей самолетов в ледяных кристаллах: пути решения проблемы // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. — 2018. — Т. 368, № 2. — С. 95–109.
3. Зуев В. В., Мордус Д. П., Павлинский А. В. Оценка успешности прогноза обледенения ВС на основе дистанционного способа радиометрирования атмосферы // Оптика атмосферы и океана. — 2019. — Т. 32, № 4. — С. 329–331.
4. Позднякова В. А. Практическая авиационная метеорология. — Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2015. — 128 с.
5. Зуев В. В., Нахтигалова Д. П., Шелехов А. П., Кижнер Л. И., Павлинский А. В., Шелехова Е. А., Баранов Н. А. Особенности обледенения воздушных судов в районе Меж-

- дународного аэропорта города Томска // Оптика атмосферы и океана. — 2016. — Т. 29, № 12. — С. 1080–1085.
6. Зуев В. В., Павлинский А. В., Мордус Д. П., Ильин Г. Н., Быков В. Ю., Нечепуренко О. Е. Результаты радиометрических измерений параметров атмосферы в районе аэропорта Пулково (Санкт-Петербург) // Труды ИПА РАН. — 2020. Вып. 52. — С. 3–8.
7. Иванова А. Р. Опыт верификации численных прогнозов влажности и оценка их пригодности для прогноза зон обледенения воздушных судов // Метеорология и гидрология. — 2009. — № 6. — С. 33–46.
8. Степаненко В. Д. Вероятность и интенсивность обледенения самолетов. — СПб.: Изд. ГГО, 1994. — 99 с.
9. Приходько А. А., Алексеенко С. В. Обледенение аэродинамических поверхностей: условия возникновения и методика расчета // Авиационно-космическая техника и технология. — 2012. — Т. 93, № 6. — С. 37–47.
10. Рыбалкина А. Л., Спирин А. С., Трусова Е. И. Уменьшение влияния неблагоприятных внешних условий в аэропортах местного значения // Научный Вестник МГТУ ГА. — 2018. — Т. 21, № 3. — С. 101–114.
11. Богаткин О. Г. Авиационная метеорология: Учебник. — СПб.: Изд. РГГМУ, 2005. — 328 с.
12. Шакина Н. П., Скриптунова Е. Н., Иванова А. Р., Горлач И. А. О результатах испытания метода прогноза зон возможного обледенения воздушных судов // Информационный сборник № 37: Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов / Под ред. Г. К. Веселовой. — М.: ИГ-СОЦИН, 2010. — 161 с.
13. Schultz P., Politovich M. K. Toward the improvement of aircraft-icing forecasts for the Continental United States // Weather Forecast. — 1992. — Vol. 7, No. 3. — P. 491–500.
14. Thompson G., Bruintjes R. T., Brown B. G., Hage F. Intercomparison of in-flight icing algorithms. Part I: WISP94 realtime icing prediction and evaluation program // Weather Forecast. — 1997. — Vol. 12, No. 4. — P. 878–889.
15. Зуев В. В., Нахтигалова Д. П., Шелехов А. П., Шелехова Е. А., Павлинский А. В., Баранов Н. А., Кижнер Л. И. Применение метеорологического температурного профиломера МТР-5РЕ в аэропорту для определения пространственных зон возможного обледенения воздушного судна // Оптика атмосферы и океана. — 2015. — Т. 28, № 11. — С. 1029–1034.

V. V. Zuev, Professor, Chief Researcher,

E. S. Savelieva, Senior Researcher, e-mail: esav.pv@gmail.com,

A. V. Pavlinsky, Researcher, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk,

D. P. Mordus, Researcher, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk;
Forecaster of the 1st category, West Siberian Branch of Aviamettelecom Roshydromet, Novosibirsk

Comparative Analysis of Seasonal Frequency of Aircraft Icing in the Area of Saint-Petersburg and Novosibirsk

One of the most dangerous meteorological phenomena for aviation is the icing. Icing is the deposition of ice on aircraft surface, which occurs as a result of the crystallization of supercooled water droplets contained in the air (mainly in clouds or precipitation), in contact with the surface of the aircraft. A necessary condition for the icing to occur, in addition to the presence of supercooled water in the air, is negative air temperature. Based on crew reports weather data and the data from aerological radiosounding of air temperature and humidity, the seasonal frequency of aircraft icing in high-altitude layers from 0 to 6 km is studied for the areas of Saint-Petersburg and



Novosibirsk airfields, located in different climatic zones. The highest frequency of icing was observed in winter for the St. Petersburg airfield, and in autumn for the Novosibirsk airfield. For both areas, the highest probability of icing in winter is observed in the layer from 0 to 1 km, and in spring and autumn — in the layer from 0 to 3 km. During the summer period, the highest frequency of icing in the area of the Novosibirsk airfield was registered at heights from 2 to 3 km, and in the area of the St. Petersburg airfield — from 3 to 4 km. Vertical distribution of air humidity is the most determining factor for the occurrence of icing in winter and spring, in turn, the role of vertical distribution of air temperature increases in summer and autumn periods.

Keywords: aircraft icing, icing frequency, seasonal icing probability, probability height distribution, air temperature, air humidity, vertical profiles, zero-degree isotherm, atmospheric vapor content, climate conditions

References

1. **Penyaz I. M.** Analiz problem po voprosu o neobходимости povysheniya bezopasnosti poletov v usloviyah obledeneniya. *Problemy bezopasnosti poletov*. 2018. No. 11. P. 13—17.
2. **Ivanova A. R.** Obledeneniye dvigatelej samoletov v ledyanykh kristallakh: puti resheniya problem. *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*. 2018. Vol. 368, No. 2. P. 95—109.
3. **Zuev V. V., Mordus D. P., Pavlinskij A. V.** Ocenka uspešnosti prognoza obledeneniya VS na osnove distancionnogo sposoba radiometrirvaniya atmosfery. *Optika atmosfery i okeana*. 2019. Vol. 32, No. 4. P. 329—331.
4. **Pozdnyakova V. A.** Prakticheskaya aviacionnaya meteorologiya. Ekaterinburg: Uralskij UTC GA, 2015. 128 p.
5. **Zuev V. V., Nahtigalova D. P., Shelehov A. P., Kizhner L. I., Pavlinskij A. V., Shelehova E. A., Baranov N. A.** Osobennosti obledeneniya vozdušnykh sudov v rajone Mezhdunarodnogo aeroporta goroda Tomska. *Optika atmosfery i okeana*. 2016. Vol. 29, No. 12. P. 1080—1085.
6. **Zuev V. V., Pavlinskij A. V., Mordus D. P., Ilin G. N., Bykov V. Yu., Nechepurenko O. E.** Rezultaty radiometricheskikh izmerenij parametrov atmosfery v rajone aeroporta Pulkovo (Sankt-Peterburg). *Trudy IPA RAN*. 2020. No. 52. P. 3—8.
7. **Ivanova A. R.** Opyt verifikacii chislennykh prognozov vlazhnosti i ocenka ih prigodnosti dlya prognoza zon obledeneniya vozdušnykh sudov. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2009. No. 6. P. 33—46.
8. **Stepanenko V. D.** Veroyatnost i intensivnost obledeneniya samoletov. St. Petersburg: Izd. GGO, 1994. 99 p.
9. **Prihodko A. A., Alekseenko S. V.** Obledeneniye aerodinamicheskikh poverhnostej: usloviya vozniknoveniya i metodika rascheta. *Aviacionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*. 2012. Vol. 93, No. 6. P. 37—47.
10. **Rybalkina A. L., Spirin A. S., Trusova E. I.** Umensheniye vliyaniya neblagopriyatnykh vneshnih uslovij v aeroportah mestnogo znacheniya. *Nauchnyj Vestnik MGTU GA*. 2018. Vol. 21, No. 3. P. 101—114.
11. **Bogatkin O. G.** Aviacionnaya meteorologiya. Uchebnik. St. Petersburg: Izd. RGGMU, 2005. 328 p.
12. **Shakina N. P., Skriptunova E. N., Ivanova A. R., Gorlach I. A.** O rezultatah ispytaniya metoda prognoza zon vozmožnogo obledeneniya vozdušnykh sudov. Informacionnyj sbornik № 37: Rezultaty ispytaniya novykh i usovershenstvovannykh tekhnologij, modelej i metodov gidrometeorologicheskikh prognozov / ed. by G. K. Veselovoj. Moscow: IG-SOCIN, 2010. 161 p.
13. **Schultz P., Politovich M. K.** Toward the improvement of aircraft-icing forecasts for the Continental United States. *Weather Forecast*. 1992. Vol. 7, No. 3. P. 491—500.
14. **Thompson G., Brientjes R. T., Brown B. G., Hage F.** Intercomparison of in-flight icing algorithms. Part I: WISP94 realtime icing prediction and evaluation program. *Weather Forecast*. 1997. Vol. 12, No. 4. P. 878—889.
15. **Zuev V. V., Nahtigalova D. P., Shelehov A. P., Shelehova E. A., Pavlinskij A. V., Baranov N. A., Kizhner L. I.** Primeneniye meteorologicheskogo temperaturnogo profilemera MTP-5PE v aeroportu dlya opredeleniya prostranstvennykh zon vozmožnogo obledeneniya vozdušnogo sudna. *Optika atmosfery i okeana*. 2015. Vol. 28, No. 11. P. 1029—1034.

УДК 34.03; 347.5

С. Ю. Николашин, канд. техн. наук, доц., e-mail: habirov.t@mail.ru,
Т. Р. Хабиров, ст. преп., Санкт-Петербургский университет
государственной противопожарной службы МЧС России

Анализ факторов, определяющих безопасность перевозок опасных грузов на морском транспорте

В статье рассмотрены следующие вопросы: правила организации перевозки опасных грузов морским транспортом и их транспортировки; основные факторы, оказывающие влияние на безопасную перевозку опасных грузов. Проанализированы нормативные документы, регламентирующие безопасную перевозку опасных грузов.

Ключевые слова: опасный груз, морская перевозка, факторы безопасности, маркировка груза

Введение

В соответствии со статистическими данными Министерства транспорта РФ среднегодовая перевозка опасных грузов составляет 800 млн т. Перевозка

данных грузов в основном осуществляется автомобильным, железнодорожным и водным транспортом. На сегодняшний день в России существуют серьезные проблемы с автомобильной и железнодорожной

транспортной инфраструктурой, в связи с этим в отдаленных регионах страны до сих пор основным видом для перевозки опасных грузов является водный (морской и речной) транспорт. При этом опасные грузы занимают особое место среди прочих грузов в транспортной сети.

Следует отметить, что сам по себе опасный груз не опасен, но в комплексе с определенными факторами могут наступить последствия, способные оказать негативное влияние на окружающую среду, здоровье населения, уничтожить материальные ценности. Поэтому в качестве основного требования, предъявляемого к перевозке морским транспортом опасного груза, выступает безопасность. В данном случае основными факторами безопасности являются:

- упаковка перевозимого груза;
- маркировка перевозимого груза;
- сопроводительная документация к грузу;
- требования к судну;
- квалификация сопровождающего груз персонала;
- охрана груза;
- внешние факторы, к которым относятся силы природы.

Перечисленные факторы должны быть учтены при первой же перевалке опасного груза в морском порту.

Исследования факторов, определяющих безопасность перевозок опасных грузов на морском транспорте

Определяя требования, предъявляемые к судну, следует иметь в виду, что не каждое морское судно может осуществлять перевозку опасных грузов. Судно на основании правил "Международной конвенции по охране человеческой жизни на море — СОЛАС 74" должно пройти специализированное освидетельствование, подтверждающее его пригодность к перевозке данного груза.

На основании данной конвенции судно должно иметь специальный сертификат, выдаваемый сроком на 5 лет — пункт II-2/54.3 Конвенции с поправками Российского морского регистра судоходства. В приложении к сертификату должен быть приложен план помещений судна и перечень классов опасных грузов, которые могут быть перевезены в каждом из данных помещений [1].

Весь персонал судна, на котором перевозится опасный груз, должен получить от капитана судна следующую информацию:

- характеристику, класс и причину опасности перевозимого груза;
- маркировку (знаки опасности) перевозимого груза;
- правила, в соответствии с которыми данный груз должен перевозиться;
- нормы технической безопасности, которые должен соблюдать персонал при перевозке груза;
- меры первой помощи в случае наличия пострадавших от перевозимого опасного груза.

Также данное судно должно быть оснащено:

- двумя автономными дыхательными аппаратами со 100 %-ным запасом баллона;

- газоанализатором, осуществляющим тестирование воздушной среды;

- шестикратной вентиляции трюмов.

Важным фактором, обеспечивающим безопасность перевозки опасного груза, является формирование программы радиационной защиты при перевозке опасных грузов, относящихся к 7-му классу. Эта программа формируется для каждого морского судна [2].

Следует отметить, что законодатель постоянно анализирует нормативно-правовые аспекты перевозки морским транспортом опасных грузов и вносит коррективы. Так, "Международный кодекс морской перевозки опасных грузов" был дополнен в 2019 г. следующими пунктами:

- перечень нормативных требований к контейнерам;
- перечень нормативных требований по мерам безопасности в процессе перевозки опасного груза;
- методы и правила маркировки;
- затаривание грузовых отсеков опасными грузами.

Помимо перечисленного выше, данный нормативно-правовой акт увеличил перечень веществ и оборудования, относящихся к опасным грузам. Данный перечень был дополнен: газами абсорбированными, гексафторидом урана, конденсаторами асимметрического типа, бракованной либо же совсем пустой и грязной упаковкой любого формата.

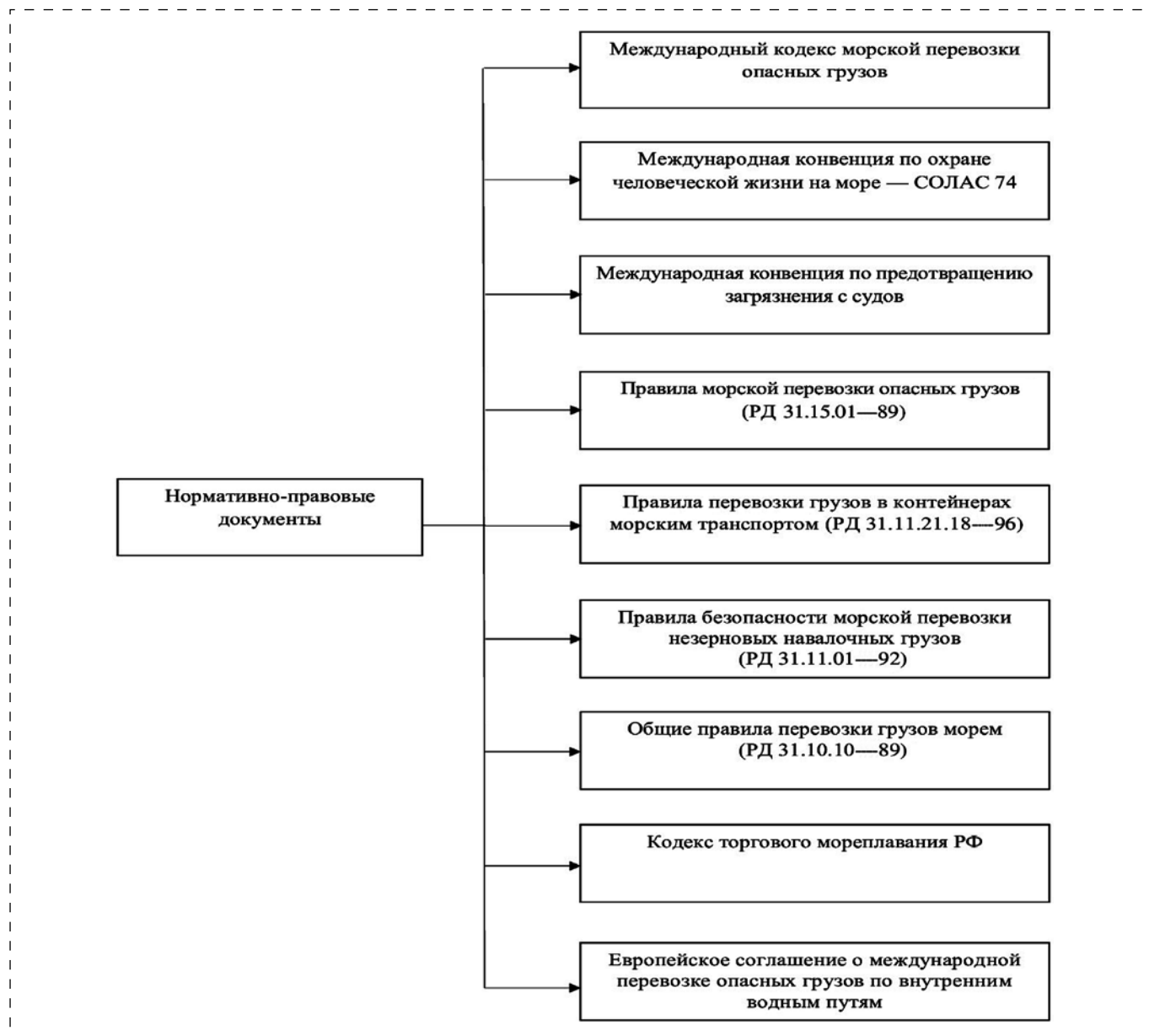
При перевозке опасных грузов морским транспортом грузоперевозчик руководствуется установленным перечнем нормативно-правовых документов, представленных на рисунке.

Работа в направлении минимизации внесения дополнений и корректировки действующего законодательства, регламентирующего перевозку опасных грузов морским транспортом, является важным фактором, обеспечивающим безопасность данного процесса.

Для того чтобы обеспечить безопасность судна при погрузке опасных грузов порт оцепляют, судну присваивают другое название, а также осуществляется дополнительная охрана судна.

Перевозимые опасные грузы должны сопровождаться описью, коносаментом и манифестом, при этом копии данных документов должны находиться в портах отхода и прихода у официальных лиц. Помимо данных документов, оформляется и широкий перечень сопутствующих. При этом сопроводительные документы были разработаны давно и используются достаточно длительное время, что и характеризует их неактуальность в связи с невозможностью учесть в них все технические характеристики перевозимого груза [3].

Особое внимание необходимо уделить маркировке опасного груза как одному из наиболее значимых факторов, обеспечивающих безопасность перевозки опасного груза. Так, обязанностью отправителя является опломбирование защитного контейнера, а также его наружной упаковки; обеспечение персонала соответствующей защитной одеждой и оборудованием.



Документы, регламентирующие безопасную перевозку опасного груза морским транспортом

Ярким примером нарушения маркировки груза является пожар на судне "Yantian Express" в январе 2019 г., когда вместо гранулированного кокса в декларации был указан просто кокс, вследствие чего на судне случился пожар, который ликвидировали более двух недель.

Особое внимание необходимо уделить радиационному грузу, он должен содержать сведения о предельно допустимых мощностях эквивалентных доз излучения (мбэр/ч) в зависимости от категории упаковки.

Перечисленные факторы, безусловно, оказывают влияние на безопасность перевозки опасных грузов, но статистика аварий на морском транспорте при

перевозке опасных грузов свидетельствует о том, что основным фактором является "человеческий фактор", а именно более 70 % всех аварий происходит по вине человека.

Неквалифицированные специалисты, нарушающие правила эксплуатации транспортных средств и правила перевозки опасных грузов, способны своими действиями нанести огромный вред окружающей среде. В данном случае необходимо особое внимание уделять обучению специалистов, которые в дальнейшем будут допущены к морской перевозке опасных грузов [4].

Работа в данном направлении ведется, а именно на базе нескольких учебных заведений РФ

студенты проходят практику на тренажерах, а по окончании учебы им выдается сертификат, в соответствии с которым они имеют право осуществлять перевозку опасных грузов в упаковке.

Еще одним фактором безопасности перевозки опасных грузов выступает портовая инфраструктура. Большинство портов не снабжены необходимым оборудованием, способным безопасно осуществлять перевалку опасных грузов на морской транспорт, что существенно увеличивает возможность возникновения рисков.

Заключение

На сегодняшний день в Российской Федерации особое внимание уделяется разработке мер, направленных на минимизацию негативных факторов, оказывающих влияние на безопасную перевозку опасных грузов морским транспортом.

Так, наиболее значимыми на данный момент мерами государственного регулирования в данной сфере являются:

— внесение изменений в ГОСТ 19433—88 "Грузы опасные. Классификация и маркировка" и ГОСТ 26319—84 "Грузы опасные. Упаковка";

— разработка регламента обращения с опасными грузами на каждом этапе транспортировки, в том числе на этапе перевалки, транспортировки, оформления документов;

— утверждение проекта технического регламента "О безопасности морского транспорта и связанной с ним инфраструктуры";

— формирование требований, регламентирующих организацию лицензирования погрузочно-разгрузочной деятельности применительно к опасным грузам в морских портах и на внутреннем водном транспорте.

Особое внимание следует уделить портовой инфраструктуре. Мерами обеспечения безопасности может быть формирование специализированных терминалов, либо выделение отдельных портов на территории РФ с целью перевалки опасных грузов 1-го класса опасности (взрывчатые вещества и изделия) и 7-го класса (радиоактивные материалы).

В заключение следует отметить, что необходим комплекс мер для организации безопасности перевозки опасных грузов на морском транспорте.

Список литературы

1. **Международная конвенция** по охране человеческой жизни на море — СОЛАС 74.
2. **Правила** морской перевозки опасных грузов (РД 31.15.01—89).
3. **Соколов Ю. И.** Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов // Проблемы анализа риска. — 2009. — Т. 6, № 1. — С. 38—74.
4. **Меры безопасности** при ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами. — М., 2012. — 46 с.

S. Y. Nikolashin, Associate Professor, e-mail: habirov.t@mail.ru,

T. R. Khabirov, Senior Lecturer, Saint-Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia

Analysis of Factors that Determine the Safety of Transportation of Dangerous Goods by Sea

The article deals with the following issues: rules for the organization of sea transportation of dangerous goods by sea and rules for their transportation. The main factors affecting the safe transport of dangerous goods. Regulatory documents regulating the safe transportation of dangerous goods are analyzed.

Keywords: dangerous cargo, sea transportation, safety factors, cargo marking

References

1. **International Convention** for the safety of life at sea — SOLAS 74.
2. **Rules** for the carriage of dangerous goods by sea (RD 31.15.01—89).

3. **Sokolov Yu. I.** Questions of safety of transportation of dangerous goods. *Problems of risk analysis*. 2009. Vol. 6, No. 1. P. 38—74.
4. **Security measures** for the elimination of emergency situations with dangerous goods. Moscow, 2012. 46 p.

УДК 614.849

И. К. Бакиров, канд. техн. наук, доц.,
Д. И. Гилемханова, студент, e-mail: dinka199853@gmail.com,
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Анализ методик расчета величин пожарного риска в Российской Федерации

Приведены данные анализа действующих методик оценки пожарного риска. Показаны выявленные недостатки. Рассмотрены пути усовершенствования методики определения расчетных величин пожарного риска и предложены некоторые изменения и дополнения.

Ключевые слова: пожарный риск, недостатки оценки пожарного риска, определение расчетных величин пожарного риска, пожар

Введение

Среди чрезвычайных ситуаций наиболее распространены пожары. Одной из важнейших целей в безопасности жизнедеятельности объектов защиты становится снижение пожарного риска до уровня, утвержденного нормативными положениями, установленными в Федеральном законе № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. [1].

Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска устанавливают порядок определения расчетных величин, и на сегодняшний день утверждены и действуют две методики [2–4]:

1) для зданий, сооружений и строений различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденная Приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382;

2) для производственных объектов, утвержденная Приказом МЧС России от 10.07.2009 г. № 404.

Разработкой методик может заняться любое юридическое и физическое лицо [2]. При определении пожарного риска по утвержденным в МЧС России методикам возникают вопросы и сомнения. Расчет пожарного риска, как правило, объемный и трудоемкий. Методики в зависимости от назначения объектов имеют разные подходы.

Цель исследования: сопоставление методик, обозначение различий и выявление недостатков.

Анализ методик расчета

Для расчета пожарного риска зданий, сооружений и строений различных классов функциональной пожарной опасности [3] необходимы

значения вероятности присутствия людей в здании, эвакуации людей, спасения людей, коэффициенты, учитывающие соответствие установок автоматического пожаротушения и системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, а также статистические данные частоты возникновения пожара в здании в течение года.

Расчет пожарного риска производственных объектов в соответствии с методикой [4] решает две основные задачи:

- 1) по оценке пожарного риска для работника объекта при его нахождении на территории объекта;
- 2) по оценке пожарного риска для работника объекта при его нахождении в здании объекта.

Для расчета риска работника на территории объекта необходимы такие данные, как величина потенциального риска в i -й области территории объекта, условная вероятность поражения человека в определенной точке территории в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций.

В качестве данных в расчете пожарного риска для работника в здании необходимы величины потенциального риска в i -м помещении здания, условной вероятности поражения человека при его нахождении в i -м помещении при реализации j -го сценария пожара, вероятности эвакуации людей, находящихся в i -м помещении здания, при реализации j -го сценария пожара, вероятности эвакуации людей, находящихся в i -м помещении здания, по эвакуационным путям при реализации

j -го сценария пожара, вероятности эффективной работы технических средств по обеспечению пожарной безопасности i -го помещения при реализации j -го сценария пожара.

К недостаткам методики расчета пожарного риска зданий, сооружений и строений различных классов функциональной пожарной опасности или объектов непроизводственного назначения [3] предлагается отнести перечисленные ниже.

1. Данные о частоте возникновения пожаров в течение года не всегда имеются, поэтому в методике допускается использование значения частоты $Q_{\text{п}} = 4 \cdot 10^{-2}$ для каждого здания, но это сомнительное решение. Частота $Q_{\text{в}}$ как промежуточный показатель расчета, используемая при нахождении расчетной величины индивидуального пожарного риска, определяется по формуле

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}}(1 - R_{\text{ап}})P_{\text{пр}}(1 - P_{\text{э}})(1 - P_{\text{пз}}), \quad (1)$$

где $Q_{\text{п}}$ — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении 1 к Методике [3]; $R_{\text{ап}}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения; $P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании; $P_{\text{э}}$ — вероятность эвакуации людей; $P_{\text{пз}}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

2. При определении вероятности присутствия людей в здании в методике расчета не установлен порядок определения общей вероятности присутствия для разных категорий людей с разной продолжительностью нахождения в здании. Посетитель или работник такого объекта может находиться внутри 10 мин, 2 ч, 8 ч или круглосуточно и иметь фактически разную вероятность присутствия на объекте в разное время, особенно на таких объектах, как гостиницы, мотели, магазины. Вероятность присутствия людей согласно методике [3] устанавливается по формуле

$$P_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{функц}}}{24}, \quad (2)$$

где $t_{\text{функц}}$ — время нахождения людей в здании, ч.

Пожарный риск на таких объектах фактически из-за небольшого количества времени пребывания людей в здании может не достигнуть нормативного значения, но по расчету показывать значения выше нормативного, например, огромный торговый центр, в котором охранник присутствует

круглосуточно, а посетители в течение 3...8 ч, однако вероятность присутствия будет определена равной 1.

3. Согласно статистике причин пожаров за 10 месяцев 2019 г. неосторожное обращение с огнем стало причиной 46 950 пожаров в зданиях и сооружениях [5], из них неизвестно сколько из-за алкогольного или наркотического состояния людей, но вероятность этого факта не учитывается в расчетах. Мало того, что такое состояние может способствовать возникновению пожара, так и эвакуация значительно замедляется, т. е. расчетное время эвакуации людей увеличивается.

Недостатки есть и в методике расчета пожарного риска производственных зданий [4]. Основные из них перечислены ниже.

1. Рассмотрение большого количества сценариев развития пожара на этапе "дерева событий", от чего объем и сложность расчетов становятся значительными, не учитываются реальные особенности объектов, а полученные величины занижаются из-за усредненных данных. Сценарии определяются по формулам расчета потенциального пожарного риска в определенной точке (a) на территории объекта и в селитебной зоне — формула (3) и расчета потенциального риска в i -м помещении здания или пожарного отсека здания, объекта — формула (4).

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) Q_j, \quad (3)$$

где J — число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий); $Q_{dj}(a)$ — условная вероятность поражения человека в определенной точке территории a в результате реализации j -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию; Q_j — частота реализации в течение года j -го сценария развития пожароопасных ситуаций.

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j Q_{dij}, \quad (4)$$

где Q_{dij} — условная вероятность поражения человека при его нахождении в i -м помещении при реализации j -го сценария пожара.

2. Вероятность ложного срабатывания систем пожарной автоматики не учитывается, хотя согласно исследованиям таких срабатываний на нефтеперерабатывающих заводах г. Уфы за 6 лет, например, оказалась 80,5 % от общего числа срабатываний.



3. Не учитывается степень подготовки персонала к действиям при пожаре и проведение инструктажей и пожарно-технических минимумов. Хотя при нахождении условной вероятности поражения человека в определенной точке территории — формула (5) и в случае присутствия в помещении — формула (6) этот фактор можно было бы учитывать как играющий важную роль в фактической величине пожарного риска.

$$Q_{dj}(a) = 1 - \prod_{k=1}^h (1 - Q_k Q_{dk}(a)), \quad (5)$$

где h — число рассматриваемых опасных факторов; Q_k — вероятность реализации k -го опасного фактора; Q_{dk} — условная вероятность поражения k -м опасным фактором.

$$Q_{dij} = (1 - P_{эij})(1 - D_{ij}), \quad (6)$$

где $P_{эij}$ — вероятность эвакуации людей, находящихся в i -м помещении здания, при реализации j -го сценария пожара; D_{ij} — вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в i -м помещении при реализации j -го сценария пожара.

Заключение

Одним из основных различий методик определения расчетных величин пожарного риска является то обстоятельство, что расчет пожарного риска производственных объектов [4] позволяет вычислить потенциальный, индивидуальный и социальный пожарные риски не только при нахождении работника в здании (на объекте), но и на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта. По методике [3] для производственных объектов защиты предусмотрен расчет пожарного риска только в зданиях.

Другим различием методик оценки пожарного риска является такое обстоятельство: для производственных объектов защиты не предусмотрена возможность расчета потенциального и социального пожарных рисков. Но как быть в ситуации, когда в административном или общественном здании есть помещения с высокой категорией пожарной и взрывопожарной опасности производственного назначения, например, цех по переработке зерна, совмещенный с административными помещениями?

К сожалению, в этих методиках не предусмотрена возможность расчетов помещений

складского назначения с высокой категорией по пожарной и взрывопожарной опасности, а в методике [4] предусмотрена возможность использования формул из методики [3] только при определении времени эвакуации и блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара, а остальные показатели необходимо рассчитывать по методике для производственных зданий [4], несмотря на то что эти помещения могут быть непромышленного назначения.

В целях усовершенствования данных методик предлагаются перечисленные ниже меры.

1. Рассматривать возможность использования альтернативных методов для расчетов. Например, использовать приведенную ниже формулу, разработанную в одном из научных исследований [6] для расчета индивидуального пожарного риска методики [3] в виде:

$$Q_v = Q_p \left(\frac{P_{уф}}{N_n} \right) (1 - K_{ап}) P_{пр} (1 - P_э) (1 - K_{пз}), \quad (7)$$

где $P_{уф}$ — условная вероятность гибели людей при пожаре в здании или сооружении определенного класса функциональной пожарной опасности; N_n — номинальное число людей в здании, на которое оно рассчитано и которое зафиксировано в нормативно-технической документации; $K_{ап}$ — коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; $K_{пз}$ — коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

2. Внести дифференцированные критерии по нахождению вероятности присутствия людей на круглосуточно работающих объектах, с этой целью предлагается усовершенствовать формулу (2) или разработать новую, которая учитывала бы данную особенность.

3. Расчеты осуществлять с учетом особенностей поведения людей, находящихся под алкогольным (наркотическим) опьянением. С этой целью добавить в формулу для расчета вероятности эвакуации людей коэффициент, установленный методами, основанными на статистической информации. Так, например, в Башкирии в год погибает около 100–200 человек в состоянии алкогольного опьянения, а пьянство становится причиной около 300...400 пожаров в год.

4. При рассмотрении противопожарной системы учитывать параметры не только технической, но и функциональной надежности и анализировать количество ошибок и сбоев, таких как недовосторженное определение факта пожара, ложное срабатывание. Предлагается провести исследования и с учетом статистической информации ввести коэффициент ложных срабатываний в формулы, определяющие вероятность эффективного срабатывания технических средств по обеспечению пожарной безопасности.

5. Разработать такой подход к расчету пожарного риска, чтобы рассматривались наиболее часто возникающие сценарии развития пожара, что существенно упростит расчеты и уменьшит их объемы: объединять схожие сценарии в одну группу, исходя из равнозначной величины вероятности их возникновения [7].

6. Применять точные и полные статистические данные о частоте возникновения пожаров в зданиях и сооружениях, например, из сборника статистики пожаров [8], в котором информация обновляется и дополняется ежегодно, и который было бы объективнее использовать при расчете индивидуального пожарного риска.

7. Ввести в формулы расчетов (5), (6) коэффициенты, учитывающие подготовку персонала объекта к действиям во время пожара и организацию проведения инструктажей и пожарнотехнических минимумов. Такие коэффициенты учитывали бы при расчете пожарного риска вероятность поражения человека каким-либо опасным фактором за счет того, что персонал был не обучен реагировать на пожароопасные ситуации, или при реализации одного из сценариев пожара смог самостоятельно защититься от опасных факторов пожара, если он прошел такое обучение.

Надзорные органы нашей страны и в первую очередь надзорные органы МЧС России вот уже больше года работают и совершенствуют способы работы с учетом риск-ориентированного направления. Переход на риск-ориентированный подход в работе надзорных органов в области пожарной безопасности сопровождается их неэффективной работой и, как результат, относительно высоким показателем пожарного риска в России. Оценка

пожарного риска является важным элементом ответственности объектов защиты нормативным требованиям пожарной безопасности. Совершенствование методик оценки, которые бы учитывали факторы, объективно влияющие на безопасность жизнедеятельности объектов защиты, является актуальной задачей в области пожарной безопасности.

Список литературы

1. **Технический регламент** о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г.: принят Гос. Думой 04.07.2008 г.: одоб. Советом Федерации 11.07.2008 г. // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30.
2. **Постановление** Правительства РФ от 31.03.2009 № 272 "О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска" (вместе с "Правилами проведения расчетов по оценке пожарного риска"). URL: www.consultant.ru (дата обращения 25.09.2020).
3. **Методика** определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382; введ. 30.06.2009. URL: www.consultant.ru (дата обращения 25.09.2020).
4. **Методика** определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приложение к Приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404: зарегистрирован в Минюсте РФ 17 августа 2009 г., рег. № 14541. URL: www.consultant.ru (дата обращения 25.09.2020).
5. **Распоряжение** МЧС России от 20.12.2019 № 755 "Об утверждении Программы профилактики нарушений обязательных требований в области пожарной безопасности при осуществлении федерального государственного пожарного надзора на 2020 год". URL: www.consultant.ru (дата обращения 25.09.2020).
6. **Фирсов А. В., Харисов Г. Х.** Обоснование расчетной величины индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. — 2012. — № 5. — С. 36—47.
7. **Бакиров И. К.** Недостатки методик определения расчетных величин пожарного риска // Сборник трудов Всероссийской научной конференции "Экологические проблемы нефтедобычи". — Уфа: УГНТУ, 2010. — С. 16—17.
8. **Статистика** пожаров за 2018 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2018 году / Под общей редакцией Д. М. Гордиенко. — М.: ВНИИПО, 2019.



I. K. Bakirov, Associate Professor,
D. I. Gilemkanova, Student, e-mail: dinka199853@gmail.com, Ufa State Petroleum
Technological University

Comparison and Identification of Shortcomings of Methods for Calculating the Values of Fire Risk

The task of this work was to analyze the methods for calculating the values of fire risk in order to assess the effectiveness of measures to protect objects from the effects of fire and its dangerous factors. We presented the differences in existing fire risk assessment methods. We identified shortcomings, omissions and the complexity of each of them. And also based on the analysis of the efficiency of calculations, the possibilities of improvement are considered. Some changes and additions to the methods are proposed.

Keywords: fire risk, deficiencies in fire risk assessment, determination of the calculated values of fire risk, fire

References

1. **Tekhnicheskij reglament** o trebovaniyah pozharnej bezopasnosti: Feder. zakon No. 123-FZ ot 22.07.2008 g.: prinyat Gos. Dumoj 04.07.2008 g.: odobr. Sovetom Federacii 11.07.2008 g. *Sobranie zakonodatel'stva RF*. 2008. No. 30.
2. **Postanovlenie** Pravitel'stva RF ot 31.03.2009 N 272 "O porjadke provedeniya raschetov po ocenke pozharnogo riska" (vmeste s "Pravilami provedeniya raschetov po ocenke pozharnogo riska"). URL: www.consultant.ru (date of access 25.09.2020).
3. **Metodika** opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnej opasnosti: prikaz MCHS Rossii ot 30.06.2009 № 382; vved. 30.06.2009. URL: www.consultant.ru (date of access 25.09.2020).
4. **Metodika** opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob'ektah: prilozhenie k Prikazu MCHS Rossii ot 10 iyulya 2009 g. No. 404: zaregistririvan v Minyuste RF 17 avgusta 2009 g., reg. No. 14541. URL: www.consultant.ru (date of access 25.09.2020).
5. **Rasporyazhenie** MCHS Rossii ot 20.12.2019 No. 755 "Ob utverzhdenii Programmy profilaktiki narushenij obyazatel'nyh trebovanij v oblasti pozharnej bezopasnosti pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo nadzora na 2020 god". URL: www.consultant.ru (date of access 25.09.2020).
6. **Firsov A. B., Harisov G. H.** Obosnovanie raschetnoj velichiny individual'nogo pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnej opasnosti. *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij*. 2012. No. 5. P. 36—47.
7. **Bakirov I. K.** Nedostatki metodik opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska // Sbornik trudov Vserossijskoj nauchnoj konferencii "Ekologicheskie problemy nefte dobychi". Ufa: UGNTU, 2010. P. 16—17.
8. **Statistika** pozharov za 2018 god. Statisticheskij sbornik: Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 godu. Pod obshchej redakciej D. M. Gordienko. Moscow: VNIPO, 2019.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

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

Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 01.12.20. Подписано в печать 15.01.21. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ221.

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 "Авансд солишнз".

Отпечатано в ООО "Авансд солишнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru

The image shows a custom-built electronic circuit board, possibly a radio receiver or transmitter, mounted on a light-colored wooden surface. The board is populated with various components and labeled with numerous green and yellow labels.

Key components and labels include:

- Transformer:** A large black transformer with a label "CAVR" is mounted in the center.
- Power Supply:** A yellow power supply unit with a "QV" logo is on the left.
- Labels:** Numerous green and yellow labels with text and numbers are placed around the components. Examples include "105", "104", "103", "102", "101", "100", "99", "98", "97", "96", "95", "94", "93", "92", "91", "90", "89", "88", "87", "86", "85", "84", "83", "82", "81", "80", "79", "78", "77", "76", "75", "74", "73", "72", "71", "70", "69", "68", "67", "66", "65", "64", "63", "62", "61", "60", "59", "58", "57", "56", "55", "54", "53", "52", "51", "50", "49", "48", "47", "46", "45", "44", "43", "42", "41", "40", "39", "38", "37", "36", "35", "34", "33", "32", "31", "30", "29", "28", "27", "26", "25", "24", "23", "22", "21", "20", "19", "18", "17", "16", "15", "14", "13", "12", "11", "10", "9", "8", "7", "6", "5", "4", "3", "2", "1", "0".
- Resistors:** Several resistors are visible, including a large one labeled "10K" and another labeled "100K".
- Capacitors:** Several capacitors are visible, including a large one labeled "1000" and another labeled "100".
- Other Components:** A large, rectangular, silver-colored metal component is visible on the right side, labeled "b".

The board is labeled with "a" and "b" in the bottom right corner.

Figure 1 consists of two schematic diagrams, (a) and (b), illustrating the experimental setup. Diagram (a) shows a sample (orange square) placed in a container (orange U-shape) on a blue base labeled 'BW-SEN P1'. Diagram (b) shows a sample (orange square) placed in a container (orange U-shape) on a green base labeled 'BW-HTGH P2'.

ВЕРСИИ	ВЕРСИИ	ПОСЛЕДН	ИЗМЕНЕ	ИЗМ	Рез
P1	P2	P3	ИЗ-МЕН+	Вкл.	...
			Пользователь: 0		

Издательство «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» выпускает научно-технические журналы

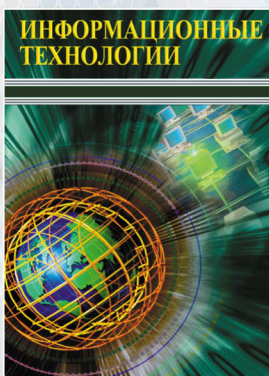


Научно-практический и учебно-методический журнал

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В журнале освещаются достижения и перспективы в области исследований, обеспечения и совершенствования защиты человека от всех видов опасностей производственной и природной среды, их контроля, мониторинга, предотвращения, ликвидации последствий аварий и катастроф, образования в сфере безопасности жизнедеятельности.

Подписной индекс по Объединенному каталогу
«Пресса России» – 79963



Ежемесячный теоретический
и прикладной научно-
технический журнал

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития основных направлений в области разработки, производства и применения информационных технологий.

Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 72656

Междисциплинарный
теоретический и прикладной
научно-технический журнал

НАНО- и МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития нано- и микросистемной техники, рассматриваются вопросы разработки и внедрения нано микросистем в различные области науки, технологии и производства.



Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 79493



Ежемесячный теоретический
и прикладной
научно-технический журнал

МЕХАТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

В журнале освещаются достижения в области мехатроники, интегрирующей механику, электронику, автоматику и информатику в целях совершенствования технологий производства и создания техники новых поколений. Рассматриваются актуальные проблемы теории и практики автоматического и автоматизированного управления техническими объектами и технологическими процессами в промышленности, энергетике и на транспорте.

Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 79492

Теоретический
и прикладной
научно-технический журнал

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

В журнале освещаются состояние и тенденции развития основных направлений индустрии программного обеспечения, связанных с проектированием, конструированием, архитектурой, обеспечением качества и сопровождением жизненного цикла программного обеспечения, а также рассматриваются достижения в области создания и эксплуатации прикладных программно-информационных систем во всех областях человеческой деятельности.



Подписной индекс по
Объединенному каталогу
«Пресса России» – 22765

Адрес редакции журналов для авторов и подписчиков:
107076, Москва, Стромьинский пер., 4. Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ".
Тел.: (499) 269-55-10, 269-53-97. E-mail: antonov@novtex.ru