



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.
ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.
ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.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.
ЧЕРЕШИНЕВ 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.
БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
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.
КАЧУРИН Н. М., 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.
ПАЛЯ Я. А., д.с.-х.н., проф.
(Польша)
ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
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(218)
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Лозбин А. С., Моисеев Ю. Б., Рыженков С. П., Страхов А. Ю. Проблемные вопросы оценки эффективности средств противоударной защиты экипажей транспортных средств 3

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ

Доценко В. А., Власова В. В., Мосийчук Л. В. Качество и безопасность пищевых продуктов 9
Ихлов Б. Л. Стимулирующее и угнетающее действие на живые системы слабого электромагнитного поля 22
Васендин Д. В., Ставский Е. А., Марченко Ю. В., Ставский К. Е. Оценка защитной эффективности материалов медицинской специальной одежды 27

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Кирпичников В. Ю., Сятковский А. И., Дроздова Л. Ф., Шашурин А. Е. Экспериментальное исследование эффективности вибропоглощающего покрытия 33

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Макарова Н. М. Экологическая безопасность системы обращения с отходами на объектах по хранению и уничтожению химического оружия 40
Катин В. Д., Булгаков С. В. Проблемы повышения экологической безопасности нефтеперерабатывающих производств и пути их решения 44

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Шавалеев М. Р., Дальков М. П., Барбин Н. М., Пешков А. В. Мобильная установка получения компрессионной пены для тушения пожаров 49
Дарманян А. П., Веселова Н. М., Нехорошев Д. Д., Мороз В. П. Анализ статистики пожаров с использованием математических и статистических методов 53
Чешко И. Д., Мокряк А. Ю., Мокряк А. В. Усовершенствование методики экспертного исследования оплавлений медных проводников после пожара 59

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

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)
DURNEV R.A., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
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.)
BELINSKIY S. O.,
Cand. 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.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
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. (Phis.-Math.)
PALJA Ja. A. (Poland),
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
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(218)
2019

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

Lozbin A. S., Moiseev Ju. B., Ryzhenkov S. P., Strakhov A. Yu. Problematic Issues of Assessing the Effectiveness of Means of Anti-Shock Protection Human Life 3

HEALTH PROTECTION

Docenko V. A., Vlasova V. V., Mosiychuk L. V. Quality and Safety of Food 9
Ikhlov B. L. Stimulate and Suppressive Effects of Electromagnetic Field 22
Vasendin D. V., Stavskiy E. A., Marchenko Yu. V., Stavskiy K. E. Evaluation of the Protective Effectiveness of Medical Supplies Special Clothing 27

INDUSTRIAL SAFETY

Kirpichnikov V. Yu., Sjatkovskij A. I., Drozdova L. F., Shashurin A. E. Experimental Study of Effectiveness of Vibration Absorbing Coating 33

ENVIRONMENT PROTECTION

Makarova N. M. Environmental Safety of the Waste Management System for the Storage and Destruction of Chemical Weapons 40
Katin V. D., Bulgakov S. V. Problems of Improving Environmental Safety of Oil Refineries and Solutions 44

FIRE SAFETY

Shvaleev M. R., Dalkov M. P., Barbin N. M., Peshkov A. V. Mobile Unit Obtain Compression of Foam for Extinction Fire 49
Darmanian A. P., Veselova N. V., Nechoroshev D. D., Moroz V. P. Analysis of Fires Using Mathematical and Statistical Methods 53
Cheshko I. D., Mokryak A. Yu., Mokryak A. V. Improvement of the Methodology Expert Research Arc Residue of Melting Copper Conductors after Fire 59

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

УДК 57.043, 614.822

А. С. Лозбин, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., e-mail: alex@lozbin.ru,
Ю. Б. Моисеев, д-р мед. наук, проф., вед. науч. сотр.,
С. П. Рыженков, канд. мед. наук, зам. начальника центра,
А. Ю. Страхов, зам. начальника отдела — начальник лаборатории,
Научно-исследовательский испытательный центр авиационно-космической
медицины и военной эргономики ЦНИИ ВВС Минобороны России, Москва

Проблемные вопросы оценки эффективности средств противоударной защиты экипажей транспортных средств

Статья посвящена разбору методических подходов к различным способам оценки эффективности средств противоударной защиты (ПУЗ) экипажей транспортных средств. Рассмотрены особенности физиологических испытаний с участием добровольцев, а также достоинства и недостатки экспериментов с использованием антропоморфных манекенов. Учены характерные особенности математических моделей динамической реакции тела человека на ударную перегрузку. По результатам сравнительного исследования определяется место каждого из приведенных выше подходов к комплексной оценке эффективности средств противоударной защиты. Сформированы и обоснованы предложения по совершенствованию этих методик и применения их для оценивания более широкого круга ударных перегрузок.

Ключевые слова: ударные перегрузки, противоударная защита экипажей транспортных средств, физиологические испытания, антропоморфный манекен, математическая модель кинематики тела человека, аттестация средств противоударной защиты

Ударные перегрузки (УП) относятся к агрессивным факторам механической природы, нередко приводящим к травмированию и даже гибели людей. Ударные перегрузки, потенциально опасные для жизни и здоровья, чаще всего проявляются в аварийных ситуациях. К числу таких ситуаций принадлежат транспортные аварии (дорожно-транспортные происшествия с автомобилями, крушения поездов, авиационные происшествия), падения людей с большой высоты, подрывы людей и транспортных средств и т. д.

Для сохранения жизни и здоровья людей в таких случаях создаются различные средства противоударной защиты (ПУЗ). Как правило, это довольно сложные технические системы, состоящие из многих элементов. Например, в состав системы противоударной защиты членов экипажа вертолетов входят следующие элементы: энергопоглощающее шасси, сминаемый по определенному закону корпус вертолета (коллективная защита), амортизационное кресло, привязная система, защитный шлем (индивидуальная защита) [1].

Эффективность подобных средств во многом зависит от методов их оценки. Эти методы могут

существенно различаться на разных этапах создания защитных средств (эскизно-техническое проектирование, габаритный и действующий макет, опытный образец, серийный образец и т. п.). При этом необходимо учитывать, что часть элементов защиты одновременно выполняет штатные функции, непосредственно с защитой не связанные (например, амортизационное кресло является рабочим местом члена экипажа вертолета, транспортного самолета и т. п.).

Немаловажное значение для эффективности защиты имеет правильность использования соответствующих технических средств. Так, недостаточно надежно подогнанная под размерные характеристики конкретного человека система фиксации не сможет в момент ударного воздействия предотвратить неоправданно большое инерционное смещение тела и соударение с окружающими предметами. Отмеченный недостаток может быть обусловлен как конструктивными недостатками, так и неправильной эксплуатацией, в том числе за счет необученности пользователя.

К настоящему времени сложилось несколько принципиальных подходов к оценке



эффективности средств ПУЗ. Исторически первым подходом являлись натурные и полунатурные испытания с участием добровольцев. Несмотря на очевидные его преимущества, нельзя не отметить существенные недостатки, сопровождающие эксперименты с участием человека.

Во-первых, это непосредственная угроза здоровью и даже жизни испытуемых. Часто средства ПУЗ рассчитаны на защиту человека от УП высоких, заведомо травмоопасных значений. Испытания новых образцов и типов ПУЗ, особенно на крайних режимах воздействия, всегда сопряжены с определенным риском отказов техники и, как следствие, неприемлемым воздействием на человека.

Кроме того, требования к защитной эффективности средств ПУЗ предусматривают хоть и небольшой (в странах НАТО — 0,10 или 0,05 — в нашей стране), но риск получения серьезного повреждения. Это означает, что такие испытания всегда сопровождаются реальным риском не только для здоровья, но и для жизни испытуемого. Исследования последних десятилетий показали, что даже относительно небольшие по интенсивности УП, заведомо не вызывающие острых повреждений организма, могут приводить к микротравмам, которые накапливаясь, способны привести к развитию патологии [2].

Во-вторых, физиологические испытания недостаточно информативны в отношении определения уровня безопасности. Эта причина имеет несколько аспектов. Первое — устойчивость человека к неблагоприятному действию УП характеризуется широкой вариабельностью [3], поэтому оценка безопасности только в физиологических экспериментах могла бы потребовать проведения многочисленных испытаний с привлечением большого числа разных испытуемых для того, чтобы получить статистически значимые, достоверные результаты. В настоящее время проведение таких испытаний невозможно ни по этическим, ни по финансовым, ни по организационным причинам. Второе — в ходе физиологических испытаний с людьми невозможно зарегистрировать ряд показателей, которые являются основой для расчета вероятности того или иного повреждения, например, риска перелома позвоночника.

В то же время полностью отвергать физиологические испытания в ходе аттестации эффективности средств ПУЗ нельзя. Основной задачей таких испытаний должна стать субъективная оценка условий ударного воздействия в случае применения испытываемого средства ПУЗ в сочетании с конкретными типами привязной системы, летного обмундирования, специального снаряжения и т. п. Важным условием проведения

физиологических испытаний должно стать обеспечение максимальной безопасности испытуемого. Для этого данные испытания проводятся уже после того, как средства ПУЗ успешно проверены в технических экспериментах, и их безопасность доказана. Интенсивность ударного воздействия не должна превышать 0,5...0,7 от максимальных значений, заявленных в требованиях к ПУЗ.

Кроме того, ряд испытаний с участием человека проводится в статических условиях, без ударного воздействия. В таких испытаниях решается ряд частных задач, связанных с удобством использования человеком элементов защиты, например, возможностью самостоятельно быстро и правильно отрегулировать длину ремней привязной системы применительно к собственным антропометрическим характеристикам. Немаловажную роль играет изучение удобства размещения на рабочих местах, особенно на креслах: дискомфорт способствует нарушению оптимальной позы для восприятия ударного воздействия. Нарушение такой позы в условиях УП "голова-таз" повышает риск травмы в 1,5 раза и более [1].

Еще один важный аспект, который нельзя пропустить без участия добровольцев, касается возможности и времени быстрого покидания транспортного средства после аварии. Нередко от этого зависит жизнь человека, например, в случае возникновения пожара на самолете или вертолете после аварийной посадки. Покидание многоместного летательного аппарата может быть сопряжено с большими сложностями, особенно если после посадки полностью сработали амортизаторы кресел (их ход может достигать 300 мм), и находившийся в кресле человек окажется практически на полу в неудобной и непривычной позе. Учитывая изложенное, испытания с участием добровольцев могут применяться на завершающем этапе создания средств ПУЗ.

Еще одним распространенным подходом к оценке эффективности средств ПУЗ является использование в испытаниях физических аналогов тела человека — антропоморфных манекенов (рис. 1). Их модели, созданные в настоящее время, достаточно совершенны: они имитируют массогабаритные характеристики различных категорий людей (манекены детей, манекены легкой женщины, среднего и тяжелого мужчины и т. п.) и относительно неплохо воспроизводят кинематику тела человека (манекены семейства "Гибрид", "Евросид" и др.). Такие манекены могут использоваться либо как устройство для моделирования нагрузки на элементы ПУЗ, либо как измерительно-моделирующее устройство, которое измеряет ряд показателей, используемых для оценки эффективности защиты.

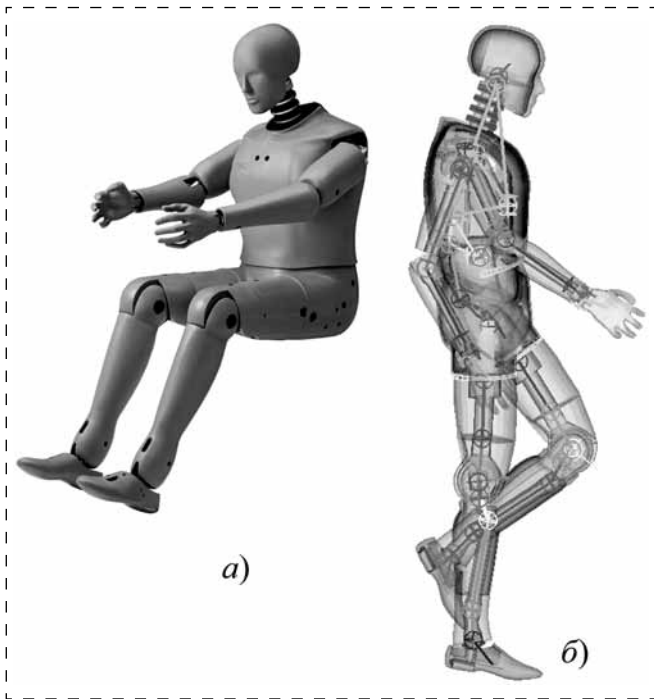


Рис. 1. Внешний вид манекена "Гибрид III" (а) и схема его внутренних связей (б)

Измерительные антропоморфные манекены снабжены комплексом регистрирующей аппаратуры, позволяющей в процессе испытаний измерять десятки характеристик. Сейчас подавляющее большинство испытаний, в том числе сертификационных, осуществляется с использованием антропоморфных манекенов. На наш взгляд, это правильное и перспективное направление.

Применяемые измерительные манекены позволяют с определенной точностью воспроизводить кинематику тела человека в ходе его инерционного движения под влиянием перегрузки и благодаря этому позволяют оценить риски соударения с элементами интерьера. Шестикомпонентный датчик (рис. 2), размещенный у основания головы манекена, показывает сжимающие, растягивающие и сдвиговые усилия в шее, а также сопровождающие их моменты сил, вызванные инерционным движением головы. Эти параметры характеризуют опасность или безопасность для человека этого движения. Поясничный датчик усилия измеряет компрессионную силу, возникающую при продольном ударном воздействии. При необходимости бедро и голень манекена могут быть дополнительно оснащены датчиками усилия для оценки безопасности соответственно удара коленом о препятствие в результате инерционного смещения нижней конечности или удара по пятке смещающимся полом.

Таким образом, с помощью современных измерительных манекенов в принципе можно моделировать кинематическую и динамическую реакцию тела человека на ударное воздействие любого вектора и давать комплексный количественный прогноз его травмобезопасности. Это обстоятельство делает натурные или полунатурные динамические испытания с использованием измерительных антропоморфных манекенов магистральным направлением в оценке эффективности ПУЗ.

Вместе с тем необходимо учитывать, что существующие манекены, несмотря на очевидные достижения при их разработке, все же далеко не в полной мере отражают все особенности реакции тела человека на ударное воздействие. Это касается как кинематических характеристик, особенно в сегменте "голова-шея-область верхней части туловища", так и силовых показателей. Есть оправданные сомнения в отношении критериев травмобезопасности человека, особенно применительно к оценке повреждений головы [4]. Важным обстоятельством является правомочность прямого использования этих показателей без учета физических особенностей манекена как измерительного устройства.

Например, показатель НИС (headinjurycriterion — показатель повреждения головы) создавался для описания связи физических характеристик ударного воздействия с риском травмы еще до того, как был создан измерительный манекен. Вместе с тем, расчетная величина НИС зависит от того, в каком месте головы манекена и как расположены датчики ускорений, а также от механических характеристик головы манекена.

По мнению авторов, место их размещения в голове манекенов семейства "Гибрид" выбрано



Рис. 2. Шестикомпонентный датчик для измерения сил и моментов



достаточно произвольно. Кроме того, голова человека как биомеханическая конструкция (система из 24 костей, связанных с различной прочностью — от малоподвижных соединительнотканых швов до подвижных полноценных суставов; мягкие ткани с различными биомеханическими характеристиками; система полостей, заполненных жидкостью, и др.) по своим механическим характеристикам существенно отличается от жесткой головы манекена, и при ударе также будут заметно различны деформации и напряжения в голове человека и голове манекена.

Сходные проблемы наблюдаются и в отношении других областей манекенов. Для того чтобы преодолеть эти противоречия необходимы дополнительные целенаправленные исследования, в том числе с участием добровольцев. Игнорирование отмеченных обстоятельств ведет к тому, что ПУЗ будут создаваться не для защиты человека, а для удовлетворения требований, вытекающих из характеристик антропоморфных измерительных манекенов.

Широкое развитие получает направление, связанное с математическим моделированием реакции человека на ударное воздействие. Данный подход базируется на том факте, что в основе подавляющего большинства негативных эффектов (разрывы мягких тканей, переломы костей, раздражение нервных окончаний) лежат напряжения и деформации тканей человека, вызванные ударной перегрузкой [3].

В настоящее время существует широкий спектр математических моделей, имитирующих кинематику тела человека и напряжения его внутренних структур [4], вызванных ударной перегрузкой. В качестве исходных данных для моделирования используются характеристики перегрузки, измеренные либо на элементах ПУЗ (например, в тех или иных узлах кресла), либо на теле манекена в процессе натурных или полунатурных испытаний. Однако реальное применение в оценке результатов испытаний нашла только одна модель — математическая модель динамической реакции тела человека на ударное воздействие, разработанная около 50 лет назад Дж. Бринкли [5].

Эта модель в той или иной модификации используется как у нас в стране, так и за рубежом для оценки результатов аварийного катапультирования из самолета. Ее достоинствами являются однозначная зависимость вероятности повреждения от безразмерной величины, получаемой при обработке характеристик ударного ускорения (так называемой единицы DRI); связь параметров модели с экспериментальными данными,

характеризующими биомеханическую реакцию тела человека на механическое воздействие; относительная простота, не требующая длительного времени и вычислительных мощностей для проведения расчетов.

Вместе с тем, эта модель не учитывает таких условий, как изменение позы; наличие дополнительного снаряжения, увеличивающего нагрузку на позвоночник, что, безусловно, снижает сферу ее использования. Кроме того, использование этой модели не позволяет оценить риски, связанные с кинематическим действием ударной перегрузки — инерционного смещения частей тела. В расчетах должны быть учтены также распределения вероятностей реализации ударных перегрузок, сопровождающих воздействие взрывных и динамических факторов на транспортные средства.

Таким образом, все существующие подходы имеют свои достоинства и недостатки, не позволяющие однозначно остановиться на каком-либо одном при оценке эффективности ПУЗ. Каждый из этих подходов должен найти свое место в процессе создания средств защиты. Так, математическое моделирование, по мнению авторов, целесообразно использовать на этапе проектирования элементов ПУЗ для ориентировочной, предварительной оценки их защитных свойств. Испытания с применением измерительных антропоморфных манекенов наиболее эффективны на этапах отработки элементов защиты и в ходе сертификации. Участие добровольцев необходимо для оценки эргономических свойств средств защиты.

В заключение хотелось бы остановиться еще на одном дискуссионном вопросе. Господствующий в настоящее время подход к аттестации средств ПУЗ основан на оценке результатов ограниченного числа испытаний, имитирующих некоторые отдельные, единичные характерные условия аварийных ситуаций. Так, например, в соответствии с российскими авиационными правилами, соответствующими в этом отношении международным требованиям, динамическая прочность кресел пассажиров самолетов и вертолетов проверяется в двух стендовых (полунатурных) испытаниях, в одном из которых вектор перегрузки направлен под углом 60° к оси крепления кресла к полу (косой вертикальный удар), а в другом — вдоль этой оси с небольшим (10° вбок) отклонением (горизонтальный удар).

Для имитации реакции тела человека на удар и вызванных ею силовых нагрузок на элементы крепления и конструкции кресла используется антропоморфный манекен "Гибрид-III", моделирующий размерные показатели 50-перцентильного

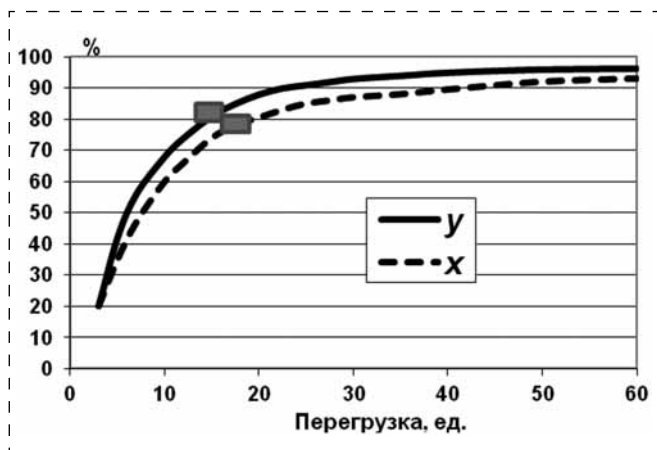


Рис. 3. Распределение перегрузок (x — горизонтальных, y — вертикальных), сопровождающих аварийную посадку вертолетов [1]

(среднего) мужчины. Характеристики ударной перегрузки задаются исходя из типа летательного аппарата согласно авиационным Правилам [6–8]. Так, для вертолетных кресел, в соответствии с Правилами [8] они составляют 30 ед. для какого вертикального удара (при этом вдоль оси позвоночника человека, сидящего в кресле, эта величина составит 15 ед.) и 18,4 ед. для горизонтального. Прямоугольники на рис. 3 соответствуют предельным значениям ударной перегрузки, проверяемым в испытаниях. Таким образом, проверенные в испытаниях воздействия охватывают примерно 80 % ударных перегрузок, возникающих при аварийной посадке, однако примерно 20 % самых тяжелых УП с точки зрения обеспечения защиты не проверяются.

Аналогичным образом соотносятся пространственные положения системы "кресло — манекен" с характеристиками телесного угла, в котором осуществляются реальные аварийные посадки вертолетов. Иными словами, выбор пространственного положения системы "кресло — манекен" сделан также достаточно произвольно. Еще один вопрос касается массы манекена. Масса среднего (50-перцентильного) антропоморфного манекена Гибрид-III составляет 77 кг, т. е. положительные результаты испытаний гарантируют защитную эффективность по показателю сохранения целостности конструкции и крепления кресла к элементам интерьера только людям с массой тела 77 кг и меньше, т. е. только половине всех мужчин. В отношении мужчин с большей массой тела (77 кг и больше) такое заключение сделать нельзя, так как силовые нагрузки на элементы крепления и конструкции кресла при ударном воздействии окажутся больше, чем это было проверено в условиях испытаний.

Выводы

Таким образом, подход, ориентированный только на оценку результатов конкретных аттестационных испытаний, при всей своей важности и незаменимости не дает нужного представления о защитной эффективности ПУЗ. Исходя из результатов исследования, более широкий круг ударных перегрузок можно оценить расчетным путем при учете:

- распределений вероятностей реализации ударных перегрузок, сопровождающих аварийные приземления вертолетов, транспортных самолетов, воздействие взрывной волны на наземные транспортные средства;
- вероятностей реализации динамических нагрузок, действующих на конструкцию кресла и его крепления к интерьеру которые определяются характеристиками ударной перегрузки и массой человека в снаряжении, что требует учета вероятности распределения такой массы в популяции;
- показателей переносимости человеком ударных перегрузок;
- прочностных характеристик конструкции кресла и элементов его крепления (получаются в ходе предварительных испытаний);
- свойств амортизаторов амортизационного кресла (получаются в ходе предварительных испытаний) и т. п.

Такая комплексная методика оценки в настоящее время отсутствует и нуждается в целенаправленной разработке. По мнению авторов, результаты ее применения вместе с итогами стендовых испытаний позволят дать полноценную всеобъемлющую характеристику защитных свойств ПУЗ.

Список литературы

1. **Эргономические технологии** разработки и испытательных вертолетов "Ми" / Под общ. ред. А. Г. Самусенко, Г. П. Ступакова, А. В. Чунтула. — М.: ОАО "МВЗ им. Миля", МОО "Ассоциация журналистов...", 2012. — 288 с.
2. **Моисеев Ю. Б.** Дегенеративно-дистрофические изменения позвоночника как осложнение ударных воздействий на летный состав // Актуальные проблемы спортивной морфологии и генетики: Материалы III междунар. науч. конф., посвященной памяти проф. П. А. Акифьева. — М., 2009. — С. 124–125.
3. **Ступаков Г. П., Гозулов С. А., Казейкин В. С.** Ударные перегрузки // Человек в космическом полете. — М.: Наука, 1997. — Т. III. — Кн. 2. — Гл. 14. — С. 68–98.
4. **Рабинович Б. А.** Безопасность космонавта при посадочном ударе спускаемого аппарата на грунт. — М., 2014. 278 с.
5. **Гирке Х. Е., Бринкли Дж. В.** Ударные ускорения // Основы космической биологии и медицины. — М.: Наука, 1975. — Т. II. — Кн. 1. — Гл. 6. — С. 232–264.
6. **Авиационные правила.** Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. — М.: ОАО "Авиаиздат", 2009. — 266 с.
7. **Авиационные правила.** Часть 27. Нормы летной годности винтокрылых аппаратов. — М.: ОАО "Авиаиздат", 2002. — 102 с.
8. **Авиационные правила.** Часть 29. Нормы летной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории. — М.: ОАО "Авиаиздат", 2003. — 144 с.



A. S. Lozbin, Senior Researcher, e-mail: alex@lozbin.ru, **Ju. B. Moiseev**, Associate Professor, Leading Researcher, **S. P. Ryzhenkov**, Deputy Chief of Center, **A. Yu. Strakhov**, Deputy Chief of Department — Chief of Laboratory, Research and Testing Center (Aerospace Medicine and Military Ergonomics) CRI Air Force Ministry of Defence, Moscow

Problematic Issues of Assessing the Effectiveness of Means of Anti-Shock Protection Human Life

Article describes methodical approaches for different methods of assessing the effectiveness of means of anti-shock protection (MAP) for aircraft crewmembers. Article features peculiarities of physiological trials involving volunteers, as well as advantages and disadvantages of experiments using anthropomorphic mannequins. The paper takes into account the characteristic features of mathematical models of dynamic response of the human body to impact load (IL). Results of the comparative study define roles of each of aforementioned approaches in comprehensive assessment of MAP. In conclusion of article we form and justify suggestions for enhancement of those methods and use for evaluation of wider range of IL.

Keywords: shock overload, means of anti-shock protection for helicopter crewmembers, physiological tests, anthropomorphic dummy, mathematical model of kinematics of the body of the man, certification of anti-shock protection means

References

1. **Ehrgonomicheskie tekhnologii** razrabotki i ispytaniy vertoletov "Mi" / Pod obshch. red. A. G. Samusenko, G. P. Stupakova, A. V. Chuntula. Moscow: OAO "MVZ im. Milya", MOO "Associaciya zhurnalistov...", 2012. 288 p.
2. **Moiseev Yu. B.** Degenerativno-distroficheskie izmeneniya pozvonochnika kak oslozhnenie udarnyh vozdeystvij na letnyj sostav. *Aktual'nye problemy sportivnoj morfologii i genetiki: Materialy III Mezhdun. nauch. konf., posvyashchennoj pamyati prof. P. A. Akif'eva*. Moscow, 2009. P. 124—125.
3. **Stupakov G. P., Gozulov S. A., Kazejkin V. S.** Udarnye peregruzki. *Chelovek v kosmicheskom polete*. Moscow: Nauka, 1997. Vol. III. Kn. 2. P. 68—98.
4. **Rabinovich B. A.** Bezopasnost' kosmonavta pri posadochnom udare spuskaemogo apparata na grunt. Moscow, 2014. 278 p.
5. **Girke H. E., Brinkli Dj. V.** Udarnye uskoreniya. *Osnovy kosmicheskoy biologii i mediciny*. Moscow: Nauka, 1975. Vol. II. Kn. 1. P. 232—264.
6. **Aviacionnye pravila**. Chast' 25. Normy letnoj godnosti samoletov transportnoj kategorii. Moscow: OAO "Aviaizdat", 2009. 266 p.
7. **Aviacionnye pravila**. Chast' 27. Normy letnoj godnosti vintokrylyh apparatov. Moscow: OAO "Aviaizdat", 2002. 102 p.
8. **Aviacionnye pravila**. Chast' 29. Normy letnoj godnosti vintokrylyh apparatov transportnoj kategorii. Moscow: OAO "Aviaizdat", 2003. 144 p.

Поздравление

Специалиста в области авиационной эргономики и кибернетики,
доктора технических наук, профессора, дважды лауреата премии Правительства РФ
в области науки и техники,
ведущего научного сотрудника Научно-исследовательского испытательного
центра авиационно-космической медицины и военной эргономики
ЦНИИ ВВС Минобороны России,
члена редакционной коллегии журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Кукушкина Юрия Александровича

Поздравляем с присвоением почетного звания
"Заслуженный деятель науки Российской Федерации"!
Желаем дальнейших творческих успехов.

Редакционный совет, Редакционная коллегия, Редакция журнала

В. А. Доценко, д-р мед. наук, проф., Главный диетолог, e-mail: docen@bk.ru, Комитет по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга,
В. В. Власова, канд. мед. наук, доц., гл. специалист-эксперт, Управление Роспотребнадзора по г. Санкт-Петербургу, **Л. В. Мосийчук**, д-р мед. наук, доц., Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, Санкт-Петербург

Качество и безопасность пищевых продуктов

Приведены эколого-гигиенические проблемы качества и безопасности питания человека. Рассмотрена нормативно-правовая основа санитарно-эпидемиологической охраны качества и безопасности пищевых продуктов. Представлены материалы о стандартизации и сертификации пищевых продуктов. Предложены пути повышения качества и безопасности пищевых продуктов. Указывается информация о дисциплинарной, административной и уголовной ответственности лиц, виновных в производстве и реализации среди населения пищевых продуктов, не соответствующих требованиям санитарного законодательства.

Ключевые слова: качество, безопасность, пищевые продукты, эколого-гигиеническая концепция, нормативно-правовая основа, сертификация, стандартизация, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность

1. Общие положения

В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации № 29-ФЗ от 2 января 2000 г. "О качестве и безопасности пищевых продуктов" "Пищевые продукты — продукты в натуральном или переработанном виде, употребляемые человеком в пищу (в том числе продукты детского питания, продукты диетического питания), бутилированная питьевая вода, алкогольная продукция (в том числе пиво), безалкогольные напитки, жевательная резинка, а также продовольственное сырье, пищевые добавки и биологически активные добавки" [1]. В этом же законе определено качество пищевых продуктов как совокупность характеристик пищевых продуктов, способных удовлетворять потребности человека в пище при обычных условиях их использования. При этом отмечено, что безопасность пищевых продуктов — состояние обоснованной уверенности в том, что пищевые продукты при обычных условиях их использования не являются вредными и не представляют опасности для здоровья нынешнего и будущих поколений.

В Федеральном законе Российской Федерации № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г. [2] "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" указывается, что пищевые продукты, пищевые добавки, продовольственное сырье, а также контактирующие с ними материалы и изделия в процессе их производства, хранения, транспортировки и реализации населению должны соответствовать

санитарно-эпидемиологическим требованиям (в редакции Федерального закона № 248-ФЗ от 19 июля 2011 г.) [3]. Не соответствующие санитарно-эпидемиологическим требованиям и представляющие опасность для человека пищевые продукты, пищевые добавки, продовольственное сырье, а также контактирующие с ними материалы и изделия немедленно снимаются с производства или реализации (в редакции Федерального закона № 248-ФЗ от 19 июля 2011 г.) [3]. При этом снятые с производства или реализации пищевые продукты, пищевые добавки, продовольственное сырье, а также контактирующие с ними материалы и изделия должны быть использованы их владельцами в целях, исключающих причинение вреда человеку, или уничтожены [1].

2. Эколого-гигиенические проблемы качества и безопасности питания человека

В питании человека используются разнообразные продукты, которые являются источниками белков, жиров, углеводов, витаминов, минеральных веществ и множество других биологически активных веществ с различными органолептическими и физиологическими свойствами. Однако, несмотря на многочисленные свойства, их можно условно систематизировать по преимущественному использованию в питании человека (табл. 1).

Продукты могут подразделяться на натуральные (овощи, фрукты, ягоды, орехи, мясо, рыба и др.)



Классификация пищевых продуктов по их назначению

Предназначение пищевых продуктов			
Пластические	Энергетические	Биорегуляторные	Возбуждающие аппетит
Мясо и мясопродукты. Рыба и рыбопродукты. Молоко и молочные продукты. Яйца и яичные продукты	Хлебобулочные, макаронные и крупяные изделия. Кондитерские изделия, сахар, мед и др. Жиры и жировые продукты	Овощи, фрукты, ягоды и их соки. Печень животных и рыб. Икра рыб и зародыши растений. Биологически активные добавки к пище (БАДы): нутрицевтики, парафармацевтики. Пробиотики и пребиотики	Пряности (перец, горчица, лавровый лист и др.). Пряные овощи (лук, чеснок, петрушка и др.). Прочие вкусовые вещества

и искусственные, полученные на основе белков и других пищевых веществ природного происхождения (искусственная икра белковая, крабовые палочки и др.). В искусственных продуктах можно регулировать химический состав, структуру, внешний вид, запах, вкус и другие свойства, что важно для создания специальных продуктов диетического и лечебно-профилактического питания.

Отдельную группу составляют диетические продукты, которые специально предназначены для больных людей. Эти продукты условно подразделяют на две группы. Первая группа диетических продуктов используется при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, нарушениях акта жевания и глотания, в послеоперационном периоде. Эти продукты имеют высокую степень измельчения, в них мало клетчатки, экстрактивных веществ, натрия хлорида (поваренной соли), они не содержат специй.

В эту группу продуктов входят мелко размельченные крупы, гомогенизированные (особо протертые) консервы из овощей, фруктов, мяса, рыбы, энпиты — сухие растворимые в воде концентраты высокой питательной ценности и др. Вторая группа диетических продуктов предназначена для людей, страдающих нарушениями обмена веществ, атеросклерозом, сахарным диабетом, ожирением, недостаточностью почек и др. В этих случаях ограничивают некоторые пищевые вещества (жиры с насыщенными жирными кислотами, сахар, натрия хлорид, пурины и др.) и увеличивают содержание витаминов, полиненасыщенных жирных кислот, лецитина, микроэлементов, сахарозаменителей (сорбит, ксилит, сахарин, аспартам и др.) и других нормализующих обменные процессы пищевых веществ. К таким диетическим продуктам относятся: различные хлебобулочные изделия (булочки с лецитином и морской капустой, безбелковый и бессолевой хлеб и др.), кондитерские изделия, фруктовые пюре, компоты, соки, варенье с ксилитом или сорбитом вместо сахара, безбелковые макаронные изделия, кисломолочные продукты и сливочное масло,

обогащенные растительными маслами, колбасные изделия с белково-минеральными обогатителями и др. Особо следует выделить диетические продукты, предназначенные для больных с наследственными нарушениями обмена веществ. В таких продуктах исключены или резко ограничены непереносимые организмом больного человека пищевые вещества, например, некоторые аминокислоты (фенилаланин), белки (глютен) или лактоза. Определенная условность такой группировки диетических продуктов объясняется тем, что некоторые продукты используются при заболеваниях, включенных в обе группы: хлеб зерновой и докторский, кисломолочные продукты, обогащенные растительными маслами, и др. Некоторые диетические продукты одновременно являются и продуктами детского питания, например, гомогенизированные консервы.

В санитарно-эпидемиологическом отношении имеет значение классификация пищевых продуктов в зависимости от устойчивости их при хранении и скорости порчи. По этой классификации все продукты разделены на три группы: особо скоропортящиеся, скоропортящиеся и несекоропортящиеся. Так, к особо скоропортящимся продуктам относятся мясные, молочные, рыбные, овощные полуфабрикаты, кулинарные и кондитерские изделия и др. (паштетно-ливерные изделия, студни и зельцы, заливные блюда, вареные колбасы, молоко, творог и др.), к скоропортящимся — мясо, рыба, сырокопченые колбасы и др. К устойчивой группе, т. е. несекоропортящимся продуктам относятся сухие продукты, имеющие влажность менее 13 %. Особо скоропортящиеся и скоропортящиеся продукты (с массовой долей влаги более 13 %) разрешается хранить только в условиях охлаждения (не выше +6°C) и строго ограниченное время. Несекоропортящиеся продукты (мука, сахар и др.) допускается хранить в неохлаждаемых, хорошо вентилируемых складах.

В настоящее время существует классификация пищевых продуктов, основанная на учете общих характерных признаков и особенностей их

использования в питании населения. Так, можно выделить следующие группы: молоко и молочные продукты; мясо и мясопродукты; рыба, рыбные продукты и морепродукты; яйца и продукты их переработки; масличное сырье и жировые продукты; зерновые продукты; плодоовощная продукция; сахар и кондитерские изделия; напитки; биологически активные добавки к пище (БАДы).

Продукты всех этих групп делят на виды по их происхождению или способу получения. Некоторые продукты делят на сорта и категории с учетом их качества, в соответствии с требованиями стандарта. Например, вид коровьего масла — сливочное несоленое, сорта высший и 1-й, говядина первой и второй категории — по упитанности, яйца свежие 1-й и 2-й категории — по массе и качеству.

При определении степени безопасности продуктов питания, кроме оценки загрязненности их вредными чужеродными химическими и биологическими контаминантами, устанавливают также степень загрязнения вредными химическими примесями, насекомыми-вредителями и др. Качество продукта зависит также от изменения его доброкачественности за счет признаков микробной (гниение, брожение, плесневение) и физико-химической (окисление, прогоркание, осаливание) порчи. Одним из основных критериев оценки качества продовольственного сырья и пищевых продуктов являются показатели пищевой ценности, включающие содержание основных пищевых веществ (белки, жиры, углеводы, витамины, макро- и микроэлементы), и энергетическая ценность продукции. Способность пищевой продукции удовлетворять физиологические потребности человека определяется ее пищевой и биологической ценностью. Под биологической ценностью обычно понимают показатель качества пищевого белка, отражающего степень соответствия его аминокислотного состава потребностям

организма в аминокислотах для синтеза собственного белка.

Обычно о биологической ценности белка судят по степени содержания в нем незаменимых аминокислот, по показателю чистой утилизации белка (ЧУБ), по коэффициенту эффективности белка (КЭБ) и по другим показателям. Однако о биологической ценности продуктов питания можно судить и по содержанию в них незаменимых макро- и микроэлементов и степени их усвоения, а также по наличию биологически активных соединений. Что касается потребительской ценности продуктов питания, то, являясь составной частью общей пищевой ценности, она характеризуется комплексом показателей и главным образом своими товарными качествами (органолептическими и дегустационными показателями), химическим составом и энергетической ценностью, степенью перевариваемости, насыщаемости и приедаемости, возможностью расширения ассортимента блюд, пригодностью для хранения и др. (табл. 2).

Важными показателями качества продуктов являются их органолептические свойства — внешний вид, консистенция, цвет, запах, вкус. Изменение органолептических качеств продукта указывает обычно на их порчу — изменение доброкачественности продукта, ухудшение биологической ценности (уменьшение содержания витаминов, незаменимых жирных кислот и др.) и возможное накопление токсичных веществ химической (вредных продуктов распада белков, разложения углеводов, окисления жиров) и микробиологической природы. Так, при плесневении продуктов возможно образование биологически опасных микотоксинов. Органолептическим изменениям скоропортящихся продуктов может способствовать размножение потенциально-патогенной и патогенной микрофлоры.

Инфицирование продуктов питания (патогенными микроорганизмами, вирусами, гельминтами

Таблица 2

Показатели качества пищевых продуктов

Безопасность продуктов		Пищевая ценность	
Безвредность	Доброкачественность	Биологическая ценность	Потребительская ценность
Вредные чужеродные химические соединения. Патогенные микробы. Токсигенные штаммы грибов. Личинки гельминтов. Вредные механические примеси. Насекомые-вредители	Гниение. Окисление, прогоркание, осаливание. Брожение. Плесневение	Содержание незаменимых аминокислот, % от общего белка или от общего содержания аминокислот. Содержание природных биологически активных веществ. Незаменимые макроэлементы. Микроэлементы (витамины, макро- и микроэлементы). Усвояемость	Товарные качества (внешний вид, цвет, запах, консистенция и др.; органолептические и дегустационные показатели). Ассортимент. Перевариваемость. Приедаемость. Насыщаемость. Удобоваримость. Энергетическая ценность. Пригодность для потребления



и др.) может происходить на всех этапах производства, переработки, хранения, транспортировки и реализации среди населения как от источников инфекции (человек, животные, в том числе грызуны), так и на загрязненных объектах производственной и окружающей среды (почва, вода, воздух, оборудование, инвентарь). При этом выживаемость патогенных микробов в инфицированных продуктах питания различна (табл. 3).

Инфицирование продуктов питания в результате антропогенного загрязнения окружающей среды, а также нарушения санитарно-эпидемиологических и противозаразительных норм и правил на различных этапах движения продуктов питания от объектов производства до их потребления в пищу могут вызвать пищевые отравления микробной природы (пищевые токсикозы или токсикоинфекции), инфекции (брюшной тиф, паратифы А и В и другие сальмонеллезы, дизентерию, бруцеллез, туберкулез, ящур, туляремию и др.) и гельминтозы (тениидоз, трихинеллез, дифиллоботриоз, описторхоз, аскаридоз и др.).

Важным показателем безопасности продуктов питания, кроме особенностей их микробного обсеменения, является также степень загрязненности вредными чужеродными химическими веществами-ксенобиотиками [4]. Загрязненность продуктов питания вредными чужеродными химическими веществами (пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами, нитратами и нитритами, нитрозаминами, синтетическими химическими соединениями, полициклическими ароматическими углеводородами, микотоксинами и др.) во многом зависят от экологического состояния региона их производства и, в частности, от качества почвы, водоемов и атмосферного воздуха.

В настоящее время доказано, что ксенобиотики из окружающей среды в организм человека поступают в основном с пищевыми продуктами. Так, например, нитраты и нитриты поступают в организм человека преимущественно с овощами и картофелем (около 70 % от суточного поступления этих веществ), а остальные попадают с водой, мясными и молочными продуктами и пр. Радионуклиды, особенно долгоживущие, поступают в организм человека в незначительном количестве с водой (примерно 5 %) и с вдыхаемым воздухом (1 %), а в основном (около 94 %) — с пищевыми продуктами растительного и животного происхождения.

Стойкие в окружающей среде пестициды (ядохимикаты) поступают с продуктами питания в 95 % случаев, а с водой — в 4,7 %, с атмосферным воздухом — только 0,3 % и совсем незначительное их количество проникает в организм через кожу. Следует подчеркнуть, что чужеродные химические вещества попадают внутрь организма по цепочке "почва-растительность-человек" или "почва-растительность-животные-человек". При этом основная миграция ксенобиотиков по пищевой цепи имеет место во всех биологических видах наземной и водной экосистем. Вместе с тем наблюдается значительная кумуляция ксенобиотиков в водной пищевой цепи. Это объясняется тем, что гидробионты (рыбы, моллюски, ракообразные и др.) не только лишены механизма, защищающего их от накопления вредных чужеродных химических веществ, но и энергично их кумулируют. Степень загрязнения чужеродными химическими веществами увеличивается с ростом трофического положения отдельных видов экосистем. Так, например, концентрация

Таблица 3

Выживаемость микробов (число микроорганизмов в поле зрения) в различных продуктах питания

Возбудитель	Молоко, кефир	Мороженое	Масло сливочное	Сыр	Творог	Мясо и мясо-продукты	Овощи, ягоды	Хлеб	Пиво
Брюшного тифа и паратифов А и В	35...150	До 840	26...212	10...36	8...12	50	5...15	3...15	3...5
Другие сальмонеллезы	2...4	—	23	—	—	60...90	—	—	—
Дизентерии Зонне и Флекснера	8...45	42	11...45	—	6...16	5...17	5...17	9...25	—
Холеры	1...116	—	6...32	1...2	—	—	2...10	1...26	—
Бруцеллеза	5...273	До 7 лет	25...67	15...44	—	14...460	—	—	—
Туберкулеза	14...18	До 6 1/2 лет	До 300	До 260	—	—	—	—	—
Туляремии	7...90	104	—	—	1...4	31...93	—	14	—
Ящура	1...47	—	8...45	—	—	35...49	—	—	—

ксенобиотиков в тканях хищных рыб, птиц выше, чем их концентрация в тканях нехищных видов, которые употребляются в пищу.

В настоящее время глобальные промышленные загрязнения в некоторых экологически опасных регионах привели к тому, что даже фоновое содержание ксенобиотиков в различных продуктах питания часто близко к утвержденным допустимым уровням и даже могут их превышать (табл. 4).

Данные, представленные в табл. 3, указывают на необходимость усиления санитарно-эпидемиологического надзора за охраной окружающей среды, совершенствования технологии производства и очистки выбросов, перехода на безотходные или малоотходные технологические процессы, правильного проведения агрохимических мероприятий в сельском хозяйстве. В связи с этим в Постановлении Главного государственного санитарного врача РФ № 25 и Главного государственного инспектора РФ по охране природы № 03-19/24-3483 от 10.11.1997 "Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации" указывается, что методика оценки риска может быть с успехом использована в деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор для целей социально-гигиенического мониторинга, санитарно-эпидемиологической экспертизы, подготовки докладов и обоснования приоритетных оздоровительных мероприятий в планах действий по гигиене окружающей среды и оценке их эффективности.

В соответствии с приказом Минздрава РФ за № 234 от 22.07.2002 г. "О дальнейшем развитии и совершенствовании работы по ведению социально-гигиенического мониторинга" в НИИ питания РАМН разработана компьютерная унифицированная программа "Системы учета результатов мониторинга за безопасностью пищевых продуктов", позволяющая получить статистические

данные о контаминации пищевых продуктов химическими веществами, внесенными в СанПиН 2.3.2.1078-01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов" [6], по конкретной территории, с обобщением всей имеющейся информации по региону, субъекту Российской Федерации и в целом по России. С помощью программы унифицированы данные мониторинга качества пищевых продуктов, что позволяет использовать их для последующей оценки риска влияния на здоровье населения загрязнения химическими веществами продуктов питания.

В настоящее время практически можно осуществить расчет факторов риска на основе простой формулы оценки суммарного эффекта различных ксенобиотиков [5]. Так, расчет факторов риска рекомендуется проводить по следующей формуле оценки степени нагрузки чужеродными контаминантами суточного рациона питания человека:

$$\frac{C_1 \text{ (свинец)}}{МДУ_1 \text{ (свинец)}} + \frac{C_2 \text{ (цезий-137)}}{МДУ_2 \text{ (цезий-137)}} + \frac{C_3 \text{ (ДДТ)}}{МДУ_3 \text{ (ДДТ)}} + \frac{C_4 \text{ (нитраты)}}{МДУ_4 \text{ (нитраты)}} + \dots + \frac{C_n}{МДУ_n} \leq 1,$$

где C — средний уровень регламентируемого контаминанта в группе продуктов, мг/кг; $МДУ$ — максимально допустимый уровень регламентируемого контаминанта в продукте, мг/кг, согласно СанПиН 2.3.2.1078-01.

На основе расчета фактического суточного потребления продуктов питания на душу населения (путем балансового метода, методом анкетно-опросным, методом интервью за 24 ч и др.) можно рассчитать реальные нагрузки на человека вредных контаминантов (табл. 5).

Анализ "примерного" расчета указывает на необходимость приоритетной разработки профилактических мероприятий по охране молока и хлебопродуктов на всех этапах пищевой цепи — почвы, кормов и др., а также выяснения

Таблица 4

Содержание ксенобиотиков в продуктах питания, мг/кг [5]

Продукт	Фоновое содержание			ПДК [6]		
	Ртуть	Кадмий	Свинец	Ртуть	Кадмий	Свинец
Рыбные продукты	0,013...0,5	0,012...0,18	0,45...0,75	0,2...0,7	0,2	1,0...2,0
Мясные продукты	0,007...0,05	0,009...0,03	0,078...0,21	0,03...0,2	0,05...1,0	0,5...1,0
Молочные продукты	0,003...0,4	0,08...0,3	0,03...0,24	0,005...0,03	0,03...0,2	0,05...0,3
Овощи	0,5	0,005...0,8	0,04...0,2	0,02	0,03	0,5
Ягоды	0,6	—	0,55	0,02	0,03	0,4
Фрукты	0,002	0,005...0,23	0,15	0,02	0,03	0,4
Зерновые	0,138...0,6	0,015...0,43	—	0,03	0,1	0,5
Хлебопродукты	0,005	0,13	0,2	0,01...0,02	0,05...0,1	0,3...1,0



Расчеты нагрузки на человека вредных соединений с пищей

Группа продуктов	Средний уровень нагрузки контаминанта при употреблении 1 кг продукта, мг/сут	Фактическое суточное потребление продуктов на душу населения, кг/сут	Реальная нагрузка на человека контаминантов, мг/сут
Мясо и мясопродукты	0,52 (7)	0,12	0,07 (5)
Молоко и молокопродукты	0,32 (8)	0,66	0,38 (1)
Рыба и рыбопродукты	0,54 (5)	0,03	0,02 (8)
Зерно и хлебопродукты	0,53 (6)	0,29	0,17 (2)
Сахар и кондитерские изделия	0,63 (3)	0,1	0,06 (6)
Масло и жировые продукты	0,55 (4)	0,04	0,03 (7)
Овощи и плоды	0,76 (2)	0,22	0,13 (3)
Картофель	0,82 (1)	0,2	0,12 (4)

Примечание. В скобках указано ранжирование продуктов по фактору риска отравлений

критической контрольной точки опасного фактора на всем пути их движения от места получения сырья, переработки до реализации среди населения этих продуктов питания.

Кроме охраны окружающей среды, необходимо совершенствование технологии производства, хранения, переработки, транспортировки и реализации продуктов питания, для уменьшения содержания чужеродных, непищевых компонентов в пище и тем самым снижения степени опасности поражений организма человека в результате экологических нарушений в виде инфекции, интоксикаций, злокачественных опухолей, аллергозов, аномалий развития, мутационных изменений и других заболеваний. Важно не только уменьшить содержание в пище вредных чужеродных химических и биологических компонентов, но и сохранить в них как главные пищевые вещества (белки, углеводы, жиры, витамины, микроэлементы и др.), так и ряд природных, биологически активных пищевых компонентов.

В связи с этим перспективны эколого-гигиенические безотходные технологии производства молочной, мукомольной, мясо-рыбной, консервной и других отраслей пищевой промышленности, необходимые для получения продуктов с высокой пищевой и биологической ценностью.

Во-первых, это дает человеку возможность рациональнее использовать главные пищевые вещества (нутриенты) как источник энергии и структурных компонентов отдельных органов и систем организма.

Во-вторых, будет способствовать сохранению природных пищевых компонентов, таких как пищевые волокна, флэворные вещества (вкусовые, ароматические, цветовые), целебные фармакологические соединения и другие компоненты, являющиеся биорегуляторами и биостимуляторами важнейших процессов жизнедеятельности человека.

В-третьих, современными технологическими процессами можно добиться разрушения

антиалиментарных веществ — специфических антагонистов обычных пищевых веществ. К антиалиментарным веществам относятся ингибиторы протеина (сои, гороха, фасоли, пшеницы, риса, овоингибитор куриного яйца, молозива, некоторых желез внутренней секреции животных); авидины, ниацитин и ниациноген, линатин; деминерализующие факторы, подавляющие утилизацию минеральных элементов и, в первую очередь, кальция, железа, цинка — инозитолгексафосфорная (фитин) и шавелевая кислоты и др.

В-четвертых, такими современными технологическими процессами можно было бы достичь разрушения или существенного уменьшения таких фармакологических соединений, которые обладают токсичными свойствами для организма человека (гистамин, серотонин, тирамин, ДОФА, фазин, амигдалин и др.).

В-пятых, рационально сохранять в продуктах питания полезные для организма человека микроорганизмы (молочнокислые бактерии, пищевые дрожжи и др.), которые повышают усвоение пищевых веществ, обогащают рационы биологически активными веществами, особенно витаминами, и оказывают благоприятное действие на эндэкологию (внутреннюю экологию) микроорганизмов кишечника человека, снижая тем самым его эндогенную интоксикацию вредными продуктами синтеза гнилостной микрофлоры.

В-шестых, важно с гигиенических позиций не допустить в процессе хранения, технологической обработки продуктов и реализации их среди населения вторичного их загрязнения чужеродными вредными непищевыми компонентами.

В-седьмых, особо перспективны технологии получения продуктов здорового питания на основе включения незаменимых нутриентов в "пищевые цепи" экосистем (обогащение незаменимыми

аминокислотами почвы, обогащение витаминами и микроэлементами корма для домашних животных и др.), что будет способствовать более лучшей биологической адаптации человека к этим жизненно важным компонентам пищи.

Таким образом, проводимая в настоящее время организация рационального питания различных групп населения, профилактического питания работающих с особо вредными условиями труда, а также лечебного (диетического) питания лиц с различными заболеваниями отдельных органов и систем организма должна быть основана на эколого-гигиенической концепции здорового питания человека. Данная концепция направлена как на охрану внутренней среды человека, ее "чистоту", так и на нормализацию процессов его жизнедеятельности, которые тесно связаны с окружающей средой, составляя в природе единую и взаимосвязанную экологическую систему.

3. Нормативно-правовая основа санитарно-эпидемиологической охраны качества и безопасности пищевых продуктов

Мероприятия по соблюдению санитарно-эпидемиологических требований при производстве, хранении, транспортировке, переработке и реализации продуктов питания высокой пищевой ценности и безопасности пищевых продуктов является мероприятием по охране жизни и здоровья населения.

Высокое качество продуктов в России обеспечивается соблюдением требований Федерального закона № 29-ФЗ от 02.01.2000 г. "О качестве и безопасности пищевых продуктов" [1], технических регламентов Таможенного союза (особенно технические регламенты Таможенного союза ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции" [7], ТР ТС 022/2011 "Пищевая продукция в части ее маркировки" и др.) [8], ГОСТов, ОСТов, ТУ, санитарных правил и норм, гигиенических требований и иных требований санитарного законодательства, которые обязательны для всех организаций, всех форм собственности (для физических и юридических лиц), производящих и поставляющих продовольственные товары.

В соответствии с законом № 29-ФЗ и санитарным законодательством в Российской Федерации разрабатывается и проводится единая государственная политика и государственное регулирование в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, которая включает следующие положения:

— государственное нормирование в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, материалов и изделий;

— разработка и реализация федеральных целевых и научно-технических программ обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, материалов и изделий;

— организация и осуществление государственной регистрации пищевых продуктов, материалов и изделий;

— установление порядка и осуществление лицензирования отдельных видов деятельности по изготовлению и обороту пищевых продуктов;

— организация и проведение обязательной сертификации отдельных видов пищевых продуктов, материалов и изделий, а также услуг, оказываемых в сфере розничной торговли и общественного питания;

— организация и проведение государственного надзора и контроля за качеством и безопасностью пищевых продуктов, осуществление мониторинга;

— принятие федеральных законов и иных нормативных актов Российской Федерации;

— осуществление международного сотрудничества Российской Федерации в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов.

Государственное нормирование в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов заключается в том, что все требования к пищевой ценности и безопасности пищевых продуктов, условиям их разработки, постановки на производство, изготовления и оборота устанавливаются соответствующими санитарными правилами и нормами.

Гигиенические нормативы безопасности пищевых продуктов в микробиологическом и радиационном отношении, а также по содержанию химических загрязнителей устанавливает Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции" [7], СанПиН 2.3.2.1078-01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов" [6]. В соответствии с этими документами в пищевых продуктах нормируется содержание следующих основных опасных химических загрязнителей: токсичных элементов (свинца, мышьяка, кадмия, ртути, олова), содержание пестицидов (гексахлорциклогексана, ДДТ и его метаболитов; 2,4-Д — кислоты, ртутьорганических пестицидов в зерне и продуктах его переработки). Остальные пестициды нормируются в соответствии с гигиеническим нормативом содержания пестицидов в объектах окружающей среды. Нормируется содержание микотоксинов — афлатоксинов (B_1 и M_1), патулина, Т-2 токсина, vomitоксина, зеараленона.

В продуктах животного происхождения контролируется содержание антибиотиков и стимуляторов роста (в том числе гормональных



препаратов). Содержание бензапирена нормируется в зерне, копченых мясных и рыбных продуктах; N-нитрозоаминов в мясных и рыбных продуктах, пивоваренном солоде; полихлорированных бифенилов и гистамина в рыбе, нитратов в плодоовощной продукции. Радиационная безопасность пищевых продуктов определяется ее соответствием допустимым уровням удельной активности радионуклидов цезия-137 и стронция-90.

Для оценки микробиологической безопасности пищевых продуктов используются нормативы по следующим пяти группам микроорганизмов:

1) санитарно-показательные микроорганизмы, к которым относятся число мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (кМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек (БГКП), энтерококки, бактерии семейства *Enterobacteriaceae*;

2) условно-патогенные микроорганизмы, к которым относятся *E. coli*, *S. Aureus*, бактерии рода *Proteus*, *V. Cereus*, сульфитредуцирующие клостридии, *Vibrio Parahemoliticus*;

3) патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и *Listeria Monocitogenes*, бактерии рода *Yersinia*;

4) микроорганизмы порчи (дрожжи и плесневые грибы);

5) микроорганизмы заквасочной микрофлоры и пробиотические микроорганизмы (в продуктах с нормируемым уровнем биотехнологической микрофлоры и в пробиотических продуктах).

Кроме того, нормируются паразитологические показатели безопасности мяса, рыбы, ракообразных, моллюсков, земноводных и продуктов их переработки. При этом предъявляются гигиенические требования к пищевой ценности отдельных групп пищевых продуктов массового потребления традиционной технологии — колбасных изделий, мясных консервов, молочных продуктов, рыбных продуктов, жировых продуктов, фруктовых и овощных соков. Также учитываются критерии пищевой ценности продуктов детского питания и продуктов питания для беременных и кормящих женщин. Пищевая ценность продуктов детского питания должна соответствовать функциональному состоянию организма ребенка с учетом его возраста.

Продукты массового потребления с измененным химическим составом (продукты с заданными свойствами) могут подразделяться на низкожировые (содержание жира снижено на 1/3 по сравнению с традиционными), низкокалорийными (калорийность менее 40 ккал/100 г), обогащенными (содержание обогатителя — витаминов, микроэлементов, ПНЖК и др. — составляет

30-50 % от суточной потребности). Изменение пищевой ценности диетических продуктов связано с возможностью использования их в лечебном и профилактическом питании (продукты с повышенным содержанием белка, пищевых волокон, либо с избирательно пониженным содержанием пищевых веществ, в том числе сахарозы, холестерина, натрия и др.).

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 022/2011 "Пищевая продукция в части ее маркировки" [8] сведения о пищевой ценности должны указываться при маркировке расфасованных пищевых продуктов на этикетке (вкладыше). Сведения о содержании белков, жиров, углеводов и энергетической ценности приводятся в случае, если их количество в 100 г пищевого продукта составляет не менее 2 %, а для минеральных веществ и витаминов не менее 5 % от рекомендуемого суточного потребления.

Следует отметить, что ТР ТС 022/2011 устанавливает требования к пищевой продукции в части ее маркировки в целях предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей, относительно обеспечения реализации прав потребителей на достоверную информацию о пищевой продукции [8].

В соответствии со ст. 4 ТР ТС 022/2011 маркировка упакованной пищевой продукции должна содержать следующие сведения:

- наименование пищевой продукции;
- состав пищевой продукции;
- количество пищевой продукции;
- дату изготовления пищевой продукции;
- срок годности пищевой продукции;
- условия хранения пищевой продукции, которые установлены изготовителем или предусмотрены техническими регламентами Таможенного союза на отдельные виды пищевой продукции; для пищевой продукции, качество и безопасность которой изменяется после вскрытия упаковки, защищавшей продукцию от порчи, указывают также условия хранения после вскрытия упаковки;
- наименование и место нахождения изготовителя пищевой продукции или фамилия, имя, отчество и место нахождения изготовителя, а также в случаях, установленных техническим регламентом Таможенного союза, наименование и место нахождения уполномоченного изготовителем лица, наименование и место нахождения организации-импортера или фамилия, имя, отчество и место нахождения индивидуального предпринимателя-импортера (наименование и место нахождения импортера);

- рекомендации и (или) ограничения по использованию, в том числе приготовлению пищевой продукции в случае, если ее использование без данных рекомендаций или ограничений затруднено, либо может причинить вред здоровью потребителей, их имуществу, привести к снижению или утрате вкусовых свойств пищевой продукции;
- показатели пищевой ценности продукции;
- сведения о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов [9];
- единый знак обращения продукции на рынке государств — членов Таможенного союза.

В интересах охраны здоровья населения разработан также ряд соответствующих нормативных документов в виде санитарных правил (СанПиН), государственных нормативов и гигиенических норм (ГН), регламентирующих применение пищевых добавок, полимерных материалов, предельно допустимые остаточные количества пестицидов в пищевых продуктах, а также нормативы по оценке радиационной безопасности пищевых продуктов. Кроме того, обязательными для исполнения организациями, юридическими лицами и частными предпринимателями является соблюдение всех гигиенических нормативов при технологическом процессе производства пищевых продуктов, регламентируемых соответствующими санитарно-эпидемиологическими правилами. Это в первую очередь относится к производству пищевых продуктов, играющих особо важную роль в питании населения и имеющих большое санитарно-эпидемиологическое значение (молоко и молочные продукты, мясные продукты, кремовые кондитерские изделия и др.).

Одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих высокое качество пищевых продуктов, является стандартизация качества пищевых продуктов — установление и применение комплекса обязательных норм, правил и требований в процессе производства и оборота пищевых продуктов. Осуществление стандартизации обеспечивается нормативно-техническими документами. К нормативным документам относятся:

- межгосударственные стандарты (ГОСТ), которые введены в действие в РФ в качестве государственных стандартов и включены в соответствующий указатель;
- государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р);
- отраслевые стандарты (ОСТ);
- технические условия (ТУ).

Государственные, межгосударственные и отраслевые стандарты и технические условия на

пищевой продукт устанавливают требования к исходному сырью, требования в отношении внешнего вида, формы, органолептических, физико-химических свойств и бактериологических показателей продукта. В этих документах содержатся требования к упаковке, маркировке, методам отбора проб, правилам приемки и методам исследований, которые являются обязательными для оценки качества и безопасности данного продукта, а также требования к условиям транспортировки и хранения. Таким образом, государственный стандарт — это форма закона, унифицирующего как государственные требования к продукту, так и методику исследования его качества и безопасности.

В настоящее время стандарт требуется как документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правила нанесения маркировки на этикетки. Важно подчеркнуть новое в стандартах то, что все требования к продуктам стали трактовать как "минимально необходимые" и добровольные для исполнения.

Технические документы — это технологические инструкции (ТИ), рецептуры и другие документы, в соответствии с которыми осуществляются изготовление пищевых продуктов, расфасовка, упаковка, хранение и реализация пищевых продуктов.

Технические условия — нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс требований к конкретной пищевой продукции, который разрабатывается на конкретный вид пищевой продукции предприятием-производителем в том случае, если отсутствуют утвержденные стандарты, т. е. на новые виды продукции, а также при дополнении или изменении требований к сырью, пищевому продукту, рецептуре, технологии его изготовления, установленных в уже действующих стандартах.

Кроме стандартов на пищевой продукт существуют группы стандартов по методам исследования пищевых продуктов, методам отбора проб пищевых продуктов; стандарты на термины и определения, используемые в пищевых отраслях; стандарты по составлению нормативно-технической документации на пищевые продукты, а также стандарты по сертификации производств и систем качества.



Одним из таких стандартов является ГОСТ Р 51705.1—2001 Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП [10]. Данный стандарт устанавливает основные требования к системе управления качеством и безопасностью при производстве пищевых продуктов на основе принципов ХАССП (НАССР — *Hasard analysis and control critical points* — Анализ рисков и критические контрольные точки), изложенных в V директиве Совета Европейского сообщества 93/43.

За соответствием качества пищевой продукции и технологических процессов осуществляется как государственный, так и ведомственный (производственный) надзор. Обеспечение качества вырабатываемой продукции осуществляют производственные лаборатории и службы контроля качества предприятия. Порядок проведения контроля за качеством и безопасностью пищевых продуктов определяется программой производственного контроля.

Система производственного контроля с учетом международных принципов ХАССП должна, во-первых, предусматривать выявление всех возможных опасных факторов, которые могут присутствовать в производственных процессах, и во-вторых, предусматривать составление блок-схем производственного процесса с указанием критических контрольных точек. Критическая контрольная точка — это точка производственного процесса, в отношении которой необходима организация лабораторных исследований (испытаний) или измерений, так как изменение параметров физических, химических, биологических (микробиологических) или иных факторов технологического процесса или объектов производственного контроля (сырья или пищевых продуктов) в этом месте, может представлять потенциальную опасность для человека и среды его обитания. Критическая контрольная точка — это место проведения контроля для идентификации опасного фактора и (или) управления риском, сопряженным с производством продуктов питания, начиная с получения сырья до выпуска готовой продукции.

В настоящее время универсальными, признанными мировым сообществом являются стандарты, разработанные международной организацией по стандартизации (*International Standard Organisation* — ISO). Стандарты ИСО применимы к любым предприятиям, независимо от их сферы деятельности, в том числе и к пищевым объектам. Они подтверждают качество не только выпускаемой предприятием продукции, но и различных аспектов работы предприятия, в том числе соответствие международным требованиям

процесса организации производственного контроля, функционирования систем качества, способности предприятия стабильно производить качественную продукцию.

Новым направлением повышения качества и безопасности пищевых продуктов, требований к процессам производства, усиления ответственности изготовителя и совершенствования стандартизации явилось принятие Федерального закона № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г. "О техническом регулировании", вступившим в силу 1 июля 2003 г. [11]. Основными принципами, заложенными в техническом регулировании, являются следующие:

1. Применение единых требований к продукции, процессам производств, хранения, перевозки, реализации и утилизации (это очень важно, так как выбор требований, формируемых в области охраны качества и безопасности пищевых продуктов различными службами Роспотребнадзора, ветеринарной, фитосанитарной, Госстандарта и др., не имел единой стратегии и методических подходов, иногда требования дублировались или вступали в противоречия с другими).

2. Формирование всех обязательных требований (санитарно-эпидемиологических, ветеринарно-санитарных, фитосанитарных, технологических, противорадиационных, противопожарных и т. д.) в едином документе — техническом регламенте.

3. Применение единых правил и методов исследований (испытаний) и измерений, единых систем и правил аккредитации.

Технические регламенты создаются с учетом действующих санитарных правил и норм, ветеринарных, фитосанитарных правил, ГОСТов и другой нормативной и технической документации. После выхода конкретного технического регламента соответствующая ему прежняя нормативная документация отменяется.

Требования и положения, входящие в технический регламент, должны выбираться с учетом риска причинения вреда здоровью и окружающей среде и обеспечения по крайней мере минимально необходимых требований, обеспечивающих различные виды безопасной продукции и процессов одновременно в отношении комплекса неблагоприятных факторов: биологических, химических, механических, термических, электрических и электромагнитных, радиационных, пожарных, взрывоопасных и др. Предусмотрено создание общих регламентов качества и безопасности пищевой продукции (для всей продукции, производств и т. д.), а также специальных регламентов, приемлемых лишь для отдельных видов продукции и

производств, либо для отдельных групп населения, например групп риска — детей, подростков, беременных женщин, больных и инвалидов, пожилых, спортсменов и др. В настоящее время приняты технические регламенты Таможенного союза:

ТР ТС 005/2011 "О безопасности упаковки";

ТР ТС 035/2014 "Технический регламент на табачную продукцию";

ТР ТС 007/2011 "О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков";

ТР ТС 015/2012 "О безопасности зерна";

ТР ТС 023/2011 "Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей";

ТР ТС 024/2011 "Технический регламент на масложировую продукцию";

ТР ТС 027/2012 "О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания";

ТР ТС 029/2012 "Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств";

ТР ТС 033/2013 "О безопасности молока и молочной продукции";

ТР ТС 034/2013 "О безопасности мяса и мясной продукции".

В соответствии с техническими регламентами вопросы обеспечения качества пищевых продуктов в обязательном порядке должны решаться на всех этапах их получения, обработки, хранения и реализации.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. за № 1364-Р утверждена "Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года" [12], ориентированная на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний, увеличение продолжительности и повышение качества жизни населения, стимулирование развития производства и обращения на рынке пищевой продукции надлежащего качества. Стратегия является основой для формирования национальной системы управления качеством пищевой продукции. Сложившаяся в Российской Федерации система нормативно-правового регулирования отношений в области обеспечения качества и безопасности пищевой продукции была связана с унификацией и гармонизацией национальных норм безопасности пищевой продукции с международными стандартами и выполнением обязательств Российской Федерации как члена Всемирной торговой организации и Евразийского экономического союза.

Однако несовершенство правовых и организационных механизмов в отношении качества пищевой продукции приводит к тому, что на

Российском рынке имеет место оборот продукции, не отвечающей потребностям большинства населения, а также фальсифицированной пищевой продукции. Потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами является причиной снижения качества жизни и развития ряда заболеваний населения, в том числе за счет необоснованно высокой калорийности пищевой продукции, снижения пищевой ценности, избыточного потребления насыщенных жиров, дефицита микронутриентов и пищевых волокон. Целями Стратегии является обеспечение качества пищевой продукции как важнейшей составляющей укрепления здоровья, увеличения продолжительности и повышения качества жизни населения; содействие и стимулирование роста спроса и предложения на более качественные пищевые продукты и обеспечение соблюдения прав потребителей и прав на приобретение качественной продукции [12]. Цели рассматриваемой Стратегии могут быть осуществлены путем реализации следующих задач.

- Совершенствование и развитие нормативной базы в сфере качества пищевой продукции, включая правовые аспекты, связанные с эффективными компенсационными механизмами защиты прав потребителей.
- Совершенствование и развитие методологической базы для осуществления соответствия показателей качества пищевой продукции.
- Обеспечение мониторинга качества пищевой продукции.
- Совершенствование государственного регулирования в области качества пищевой продукции, в том числе в части обеспечения государственного контроля (надзора), и применения мер административной ответственности за соблюдение изготовителем (исполнителем, продавцом, лицом, выполняющим функции иностранного изготовителя) требований к качеству пищевой продукции.
- Создание единой информационной системы прослеживаемости пищевой продукции.
- Разработка и внедрение системы управления качеством пищевой продукции.
- Создание механизмов стимулирования производителей к выпуску пищевой продукции, отвечающей принципам качества и принципам здорового питания.
- Создание условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества.
- Возрождение в Российской Федерации производства пищевых ингредиентов.
- Актуализация действующих нормативов содержания в пищевой продукции пищевых



добавок, вкусоароматических веществ, биологически активных веществ, остатков лекарственных препаратов для ветеринарного применения и средств защиты растений.

- Приоритетное развитие научных исследований в области питания населения, в том числе в области профилактики наиболее распространенных неинфекционных заболеваний и разработки технологий производства, направленных на повышение качества пищевой продукции.

- Продвижение принципов здорового питания. Таким образом, концепция государственного регулирования в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов заключается в формировании законодательной и нормативно-правовой базы, проведении стандартизации и сертификации продукции, усилении государственного надзора и производственного контроля, увеличении производства пищевых продуктов высокой пищевой и биологической ценности, а также в осуществлении постоянного мониторинга за состоянием питания и здоровья населения.

За производство, хранение, транспортировку, переработку и реализацию пищевых продуктов, не соответствующих требованиям санитарного законодательства, виновные должностные и юридические лица, а также граждане должны нести дисциплинарную, административную или уголовную ответственность в соответствии с Федеральным законом № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г. [2] "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения". В соответствии со ст. 236 Уголовного кодекса Российской Федерации устанавливается следующая ответственность:

- Нарушение санитарно-эпидемиологических правил, повлекшее по неосторожности массовое заболевание или отравление людей, наказывается штрафом в размере от ста до двухсот минимальных размеров оплаты труда, или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного до двух месяцев, либо лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до трех лет, либо ограничением свободы на срок до трех лет, либо лишением свободы на срок до двух лет.
- То же деяние, повлекшее по неосторожности смерть человека, наказывается ограничением свободы на срок до пяти лет, или лишением свободы на тот же срок.

При этом вред, причиненный жизни, здоровью или имуществу гражданина, либо имуществу юридического лица вследствие недостатков пищевых продуктов, материалов и изделий, а также

недостатков услуг, оказываемых в сфере общественного питания в части их качества и безопасности, подлежит возмещению в соответствии с Федеральным законом № 29-ФЗ от 2 января 2000 г. "О качестве и безопасности пищевых продуктов" [1].

В связи с этим юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны выполнять санитарно-эпидемиологические правила по соблюдению качества и безопасности пищевых продуктов. При этом правильная организация и проведение производственного контроля на всех пищевых объектах, начиная от производства, переработки, транспортировки и реализации среди населения, является важным фактором в обеспечении качественной и безопасной пищевой продукции для человека.

Список литературы

1. **Федеральный закон** № 29-ФЗ от 2 января 2000 "О качестве и безопасности пищевых продуктов" (с изменениями и дополнениями).
2. **Федеральный закон** № 52-ФЗ от 30 марта 1999 "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" (с изменениями и дополнениями).
3. **Федеральный закон** № 248-ФЗ от 19 июля 2011 "О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в связи с реализацией положений Федерального закона "О техническом регулировании" (с изменениями и дополнениями).
4. **Доценко В. А.** Практическое руководство по санитарному надзору за предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания и торговли: Учебное пособие. 4-е изд. — СПб.: Гиорд, 2013. — 832 с.
5. **Доценко В. А.** Эколого-гигиеническая концепция питания человека // Гигиена и санитария. — 1990. — № 7. — С. 13—17.
6. **СанПиН 2.3.1078-01** Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
7. **Решение** комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 № 880 "О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции" (ТР ТС 021/2011).
8. **Решение** комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 881 "О принятии технического регламента Таможенного союза "Пищевая продукция в части ее маркировки" (ТР ТС 022/2011).
9. **Доценко В. А., Власова В. В., Мосийчук Л. В.** Качество и безопасность продуктов из ГМО в питании населения // Безопасность жизнедеятельности. — 2013 — № 12. — С. 6—11.
10. **ГОСТ Р 51705.1—2001** Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования.
11. **Федеральный закон** № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 "О техническом регулировании" (с изменениями и дополнениями).
12. **Распоряжение** Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 № 1364-р "Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года".

V. A. Docenko, Professor, Chief dietetic, e-mail: docen@bk.ru, Health Committee of Government of Saint-Petersburg, **V. V. Vlasova**, Chief Specialist-expert, Rospotrebnadzor, Saint-Petersburg, **L. V. Mosiychuk**, Associate Professor, Northwestern State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint-Petersburg

Quality and Safety of Food

In this article ecological and hygienic problems of quality and safety of human nutrition are described. The regulatory and legal basis for sanitary and epidemiological protection of food quality and safety is considered. Information about standardization and certification of food products is presented. Ways to improve the quality and safety of food are suggested. Information on the disciplinary, administrative and criminal liability of those responsible for the production and sale of food products that do not meet the requirements of sanitary legislation among the population is indicated.

Keywords: quality, safety, food, ecological and hygienic conception, regulatory and legal basis, certification, standardization, disciplinary administrative and criminal liability

References

1. **Federal'nyj zakon** No. 29-FZ ot 2 yanvarya 2000 "O kachestve i bezopasnosti pishchevyh produktov"(s izmeneniyami i dopolneniyami).
2. **Federal'nyj zakon** No. 52-FZ ot 30 marta 1999 "O sanitarno-ehpidemiologicheskom blagopoluchii naseleniya" (s izmeneniyami i dopolneniyami).
3. **Federal'nyj zakon** No. 248-FZ ot 19 iyulya 2011 "O vnesenii izmenenij v ot del'nye zakonodatel'nye akty RF v svyazi s realizatsiej polozhenij Federal'nogo zakona " O tekhnicheskome regulirovanii"(s izmeneniyami i dopolneniyami).
4. **Docenko V. A.** Prakticheskoe rukovodstvo po sanitarnomu nadzoru za predpriyatiyami pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti, obshchestvennogo pitaniya i trgovli: Uchebnoe posobie. 4-e izd. Saint-Petersburg: Giord, 2013. 832 p.
5. **Docenko V. A.** Ehkologo-gigienicheskaya koncepciya pitaniya cheloveka. *Gigiena i sasanitariya*. 1990. No. 7. P. 13—17.
6. **SanPiN 2.3.1078-01** "Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov".
7. **Reshenie** komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 No. 880 "O prinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza "O bezopasnosti pishchevoj produkcii" (TR TS 021/2011).
8. **Reshenie** komissii Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011 No. 881 "O prinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza "Pishchevaya produkcija v chasti ee markirovki" (TR TS 022/2011).
9. **Docenko V. A., Vlasova V. V., Mosijchuk L. V.** Kachestvo i bezopasnost' produktov iz GMO v pitanii naseleniya. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2013. No. 12. P. 6—11.
10. **GOST R 51705.1—2001** Sistemy kachestva. Upravlenie kachestvom pishchevyh produktov na osnove principov HASSP. Obshchie trebovaniya.
11. **Federal'nyj zakon** No. 184-FZ ot 27 dekabrya 2002 "O tekhnicheskome regulirovanii" (s izmeneniyami i dopolneniyami).
12. **Rasporyazhenie** Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29 iyunya 2016 No. 1364-r "Strategiya povysheniya kachestva pishchevoj produkcii v Rossijskoj Federacii do 2030 goda".



Информация

**Выставка-конференция систем видеонаблюдения
и пожарно-охранной сигнализации**

Security Ural

23—25 апреля 2019 • Россия, Екатеринбург • МВЦ "Екатеринбург-ЭКСПО"

Разделы выставки

Системы видеонаблюдения
Системы контроля доступа, сигнализации и оповещения
Системы противопожарной защиты

<https://www.security-ural.ru/>



УДК 504.75.055+577.32+537.876.4

Б. Л. Ихлов, вед. инженер-исследователь, e-mail: boris.ichlov@gmail.com,
ОКБ "Маяк", Пермь

Стимулирующее и угнетающее действие на живые системы слабого электромагнитного поля

Объяснен механизм угнетения болезнетворных бактерий слабым электромагнитным полем и механизм стимулирования выживаемости бактерий, связанный с активацией генов, понижающей число гибнущих бактерий. Предложена общая форма модифицированного уравнения Ферхюльста и найдено его общее решение, учитывающее влияние негативного внешнего воздействия и эффект стимулирования. Отмечено, что слабое электромагнитное поле может быть использовано в санитарных процедурах, модифицированное уравнение Ферхюльста может помочь при составлении программ лечения.

Ключевые слова: бактерии, выживаемость, ДНК, СВЧ, резонанс, гормезис, стабилизация, гены, уравнение Ферхюльста, санитария

Введение

В зависимости от частоты, плотности потока мощности электромагнитного поля (ЭМП) и времени его экспозиции воздействие ЭМП может приводить к подавлению роста клеток, их гибели, но может оказывать и стимулирующий эффект, т. е. приводить к резкому повышению числа микроорганизмов. Например, деление кишечной палочки *E. coli* под воздействием ЭМП с частотами 8,55 и 9,22 ГГц ускоряется примерно на 30 %. Однако в тех же опытах на частоте излучения 10,33 ГГц получено снижение скорости деления клеток [1].

В некоторых экспериментах [2] получено повышение выживаемости *E. coli* на 70...87 % при одновременном воздействии слабого СВЧ и дневного света в течение одного цикла клеточного деления. В тех же экспериментах при облучении в течение 6 циклов клеточного деления получено резкое, до 20 %, снижение выживаемости бактерий. В других экспериментах [3] получено повышение выживаемости *E. coli* при кратковременном воздействии слабого СВЧ ЭМП.

При облучении микроорганизмов широкополосным видимым светом выявлен стимулирующий эффект. Объектом воздействия служили клетки кишечной палочки *E. coli*, штамм М-17 [4].

Под действием сверхвысокой частоты (СВЧ) 9,372 ГГц с использованием плотности потока мощности (ППМ) от 3,4 до 27,2 мВт/см² при времени экспозиции 60 мин была также выявлена стимуляция микроорганизмов [5, 6].

Эффект воздействия ионизирующих излучений на микроорганизмы зависит от величины поглощенной дозы: в малых дозах проявляется

стимулирующее действие [7]. Данный эффект носит название гормезиса — стимуляции какой-либо системы организма внешними воздействиями, имеющими силу, недостаточную для проявления действия вредных факторов. Гормезис могут вызывать токсины, лекарства, вредные агенты окружающей среды и физические факторы воздействия. Гормезис может быть вызван электромагнитными полями разного диапазона частот, не только сверхвысоких частот (СВЧ).

Стимулирование или подавление активности живых систем под действием ЭМП имеет общий характер. Например, установлено повышение двигательной активности более крупного одноклеточного, инфузории, спиростомы *Spirostotnum ambiguum* при воздействии слабого ЭМП с частотами 8,82...9,95 ГГц при ППМ 0,2 мВт/см² и временем воздействия 1...10 мин. При повышении частоты ЭМП до 10,4 ГГц и времени экспозиции до 20...30 мин наблюдали снижение двигательной активности [8].

Воздействие интенсивными пикосекундными импульсами 0,5 ТГц при напряженности 220 кВ/см и 70 кВ/см в клетках человеческой кожи, задействованных в опухолевых и воспалительных процессах, вызывает благоприятные согласованные изменения в активации множества генов [9].

Эффекты воздействия СВЧ ЭМП проявляются на всех уровнях: молекулярном, генетическом, системном, популяционном. Например, рой пчел или стая рыб более чувствительны к ЭМП, чем одиночные особи.

Воздействие переменного магнитного поля на голову пожилых крыс приводило к тому, что грубая шерсть сменялась мягкой и густой, глаза становились ярко-розовыми, кожа — мягкой и

эластичной, от молодых облученные особи отличались только по размеру. У самок наблюдался возврат к нормальному половому циклу. Для поддержания эффекта достаточно было повторить сеанс облучения [10]. И наоборот, ряд сверхвысоких частот мобильной связи может оказывать негативное воздействие на ДНК человека [11]. С другой стороны, ЭМП радиочастотного диапазона способно активировать определенный ген, что вызывает у мышей тепловой шок [12].

В то же время не исключена вероятность, что некоторые СВЧ ЭМП нетеплового уровня могут, наоборот, быть полезны. Так, ранее предполагали, что феномен акселерации связан с широким внедрением радио [13]. В тех странах, где мобильная связь распространяется особенно интенсивно, в Германии, Дании, Великобритании, с периода начала распространения, с 1984—1987 гг., наблюдается ускорение роста продолжительности жизни в сравнении с другими странами. Не исключена вероятность, что СВЧ ЭМП определенных видов мобильной связи может активировать некоторые гены ДНК человека и стабилизировать гибнущие клетки.

Целью эксперимента было показать, что слабое СВЧ ЭМП может либо угнетать, либо стимулировать численность болезнетворных микобактерий, в зависимости от времени экспозиции.

Материалы и методы

Использованы подобные по структуре палочке Коха *Mycobacterium tuberculosis* — бактерии *M. avium* 104 (*subsp. hominissuis*), выделенные из крови ВИЧ-инфицированных, а также палочка Коха *Mycobacterium tuberculosis H₃₇R_V* (*Pasteur*) ATCC 25618. Штамм *M. avium* 104 у здорового человека вызывает микобактериоз, а у ВИЧ-инфицированных — гибель.

Пробирка с опытным штаммом подвергалась облучению, пробирка с контрольным штаммом помещалась рядом, но облучению не подвергалась. Опытный и контрольный штаммы изолировались от воздействия дневного света. Культивирование штаммов бактерий производилось на яичной среде Финна II. Эксперимент со штаммами бактерий велся по методике, изложенной в работе [14].

Для облучения бактерий использовался СВЧ-генератор Agilent Technologies E82570 1, подбиралась плотность потока мощности 2,5 мВт/см², не вызывающая нагрева бактериальных культур.

Величина частоты ЭМП генератора теоретически определялась по определенной методике [2], а именно: устанавливалась частота, равная собственной (резонансной) частоте крутильных

колебаний спирали различных ДНК. Дело в том, что при совпадении частоты генератора с резонансной частотой крутильных колебаний спирали ДНК молекула ДНК возбуждается, что мешает репликации (удвоению) ДНК, следовательно, и делению клетки, вследствие чего клетка погибает. Такая частота ω (ТГц) обратно пропорциональна квадратному корню из числа пар нуклеотидов ДНК клетки:

$$\omega = 21,75/\sqrt{BP},$$

где BP — число пар нуклеотидов в ДНК.

Нуклеотидная последовательность хромосомной ДНК штамма *M. avium* 104 состоит из 5 475 491 пар нуклеотидов [15], соответственно, резонансная частота крутильных колебаний молекулы ДНК *M. avium* 104 — 9,3 ГГц.

Длина ДНК *Mycobacterium tuberculosis H₃₇R_V* — 4 411 529 пар нуклеотидов, соответствующая резонансная частота — 10,36 ГГц.

Максимальное время экспозиции выбиралось равным шести циклам клеточного деления. Дело в том, что в неблагоприятных условиях (под действием ЭМП) клетка может откладывать деление, но, как показано в работе [2], не может это делать более 6 раз. Поскольку цикл клеточного деления у *M. avium* 104 составляет примерно 1 ч, то максимальное время экспозиции выбиралось равным 6 ч. Цикл клеточного деления *Mycobacterium tuberculosis H₃₇R_V* составляет более 18 ч [15], поэтому максимальное время экспозиции 114 ч, т. е. более 108 ч (18 × 6).

В первом эксперименте с микобактерией *M. avium* 104, результаты которого приведены в табл. 1, облучение велось при 25 °С. Одна опытная пробирка подвергалась облучению 2 ч, вторая — 3 ч, третья — 4 ч и т. д. Определялась выживаемость: число бактерий в опытной пробирке делилось на число бактерий в контрольной пробирке, результат умножался на 100 %. Проводилось три серии экспериментов, данные усреднялись. Обнаружено, что после 6 ч облучения число болезнетворных бактерий в опытных пробирках падает до нуля.

В дополнительных двух сериях экспериментов, проводившихся при 23 °С (результаты приведены в табл. 2), обнаружено, что на первом клеточном цикле (экспозиция равна 1 ч) число бактерий в опытных пробирках резко возрастает.

Таблица 1

Зависимость выживаемости *M. avium* от времени экспозиции

Экспозиция, ч	2	3	4	5	6
Выживаемость, %	121	103	28,3	5	0



Таблица 2

Зависимость выживаемости *M. avium* от времени экспозиции при дополнительных двух сериях экспериментов

Экспозиция, ч	1	3	5
Выживаемость, %	173,6	100,9	12,5

Таблица 3

Зависимость выживаемости *H_{37R_V}* от времени экспозиции

Экспозиция, ч	19	72	114
Выживаемость, %	172,7	125,0	0

В двух сериях экспериментов с палочкой Коха *Mycobacterium tuberculosis H_{37R_V}* получены аналогичные результаты, приведенные в табл. 3.

Таким образом показано, что облучение слабым СВЧ ЭМП приводит к резкому снижению численности микобактерий на шестом цикле клеточного деления (экспозиция равна 6 ч) и к резкому повышению выживаемости микобактерий на первом цикле клеточного деления. То, что гормезис при действии СВЧ ЭМП на первом клеточном цикле проявляется и у *M. avium* 104, и у *Mycobacterium tuberculosis H_{37R_V}*, причем одинаково, говорит о том, что механизм данного типа гормезиса — единый.

Не противоречащим эксперименту и логике предположением может быть следующее: на первом клеточном цикле СВЧ ЭМП заставляет часть бактерий, готовых к делению, отложить деление. Ту же часть бактерий, которые должны были погибнуть и не могли удваиваться, СВЧ ЭМП стабилизирует. Стабилизация касается ДНК, которая ускоряет метаболизм клетки.

Как показано в работе [8], облучение клеток кишечной палочки *E. coli* ЭМП СВЧ повышает активность ряда генов. Возможно, именно это приводит к резкому снижению смертности бактерий при воздействии поля в течение первого цикла клеточного деления. На втором клеточном цикле активация генов прекращается [8], и продолжающееся действие СВЧ ЭМП приводит к снижению выживаемости.

Поскольку данные экспериментов с облучением для разного вида бактерий практически одинаковы, явление гормезиса легко моделируется путем видоизменения, описывающего динамику выживаемости стандартного уравнения Ферхюльста:

$$\frac{dN}{dt} = rN(1 - N/K), \quad (1)$$

где N — число бактерий; r — коэффициент, характеризующий скорость размножения; K — максимально возможная численность популяции; t — текущее время.

Здесь член rN^2/K отражает конкурентную борьбу за ресурсы.

При максимуме числа бактерий (правая часть уравнения равна 0) рост бактериальной культуры прекращается. График зависимости числа бактерий от времени сначала возрастает по экспоненте, затем выходит на плато, когда число вновь появившихся клеток совпадает с числом отмерших.

По аналогии с демографией введем коэффициенты рождаемости и смертности. Тогда коэффициент r в уравнении (1) есть разность между рождаемостью и смертностью, причем смертность увеличивается еще и за счет конкурентного члена rN^2/K . В случае воздействия кратковременного внешнего угнетающего фактора смертность может увеличиваться, т. е. коэффициент r , характеризующий скорость размножения, уменьшается. Если же внешний фактор на время повышает выживаемость, как в опытах с микобактериями, коэффициент r в конкурентном члене возрастает. Такой процесс можно моделировать следующим уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = [r + \theta(\tau - t)f]N - rN^2/K,$$

где θ — функция Хевисайда; f — величина, характеризующая число стабилизирующихся клеток; τ — время включения прибора.

В общем случае постоянные коэффициенты в уравнении Ферхюльста, характеризующие смертность и рождаемость, превращаются в функции от времени, само же уравнение приобретает вид уравнения Риккати:

$$\frac{dN}{dt} = [r + c(t)]N - b(t)N^2, \quad (2)$$

где c — зависящий от времени коэффициент, характеризующий либо угнетение, либо стимуляцию бактерий ЭМП; b — коэффициент "конкурентный", зависящий от времени; $b = r/K$.

Обозначим $a = r + c(t)$, тогда

$$\frac{dN}{dt} = a(t)N - b(t)N^2. \quad (3)$$

Зависимость функций a и b от времени t определяется природой бактерий, внешним воздействием и ресурсным лимитирующим фактором и определяется из экспериментальных данных.

Решение уравнения (3) имеет вид:

$$N(t) = \frac{e^{\int_1^t a(x)dx}}{C_1 - \int_1^t b(y) \left(-e^{\int_1^y a(z)dz} \right) dy}, \quad (4)$$

где C_1 — константа интегрирования.

Из уравнения (4) следует, что далеко не всякие коэффициенты a и b могут дать всплеск выживаемости на первом цикле деления и гибель бактерий на шестом цикле деления. Например, такое внешнее воздействие, как повышение температуры, вызывает не всплеск (гормезис), а почти равномерное повышение выживаемости бактерий. Если же, скажем, культуру кишечных палочек быстро нагреть до $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, она погибнет еще в начале первого цикла клеточного деления.

Заключение

Из изложенного выше можно сделать следующие выводы.

1. Явление резкого снижения выживаемости патогенных бактерий типа палочки Коха под действием слабого резонансного электромагнитного поля можно использовать в санитарных и профилактических мероприятиях.

2. Повышение выживаемости бактерий под действием слабого электромагнитного поля можно использовать, например, для увеличения массы бактериальных культур, необходимых в различных сферах: фармакологии, медицине, пищевой промышленности. Модифицированное уравнение Ферхюльста позволит установить характеристики и время внешних воздействий для гормезиса.

Список литературы

1. Гераськин С. А., Казьмин Г. В. Оценка последствий воздействия физических факторов на природные и аграрные экологические системы // Экология. — 1995. — № 6. — С. 419—423.
2. Ихлов Б. Л., Мельниченко А. В., Ощепков А. Ю. Действие высокочастотного электромагнитного поля на микроорганизмы // Вестник новых медицинских технологий. — 2017. — Т. 24. — № 2. — С. 141—146.

3. Козьмин Г. В., Егорова В. И. Устойчивость биоценозов в условиях изменяющихся электромагнитных свойств биосферы // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2006. — № 3. — С. 61—72.
4. Лазерные технологии в сельском хозяйстве / Под ред. А. В. Будаговского, И. Б. Ковша. — М.: Техносфера, 2008. — 272 с.
5. Мониц В. А., Малиновская С. Л., Махрова Т. В., Малиновский Д. С. Особенности воздействия низкоинтенсивных электромагнитных излучений различных диапазонов на микроорганизмы // Вестник Нижегородского ун-та. — 2010. — № 2. — С. 435—438.
6. Tiphlova O. A., Karu T. J. Stimulation of Escherichia coli division by low-intensity monochromatic visible light // Photochem. Photobiol. — 1988. — Vol. 48. — № 1. — P. 467—471.
7. Чиж Т. В., Козьмин Г. В., Полякова Л. П., Мельникова Т. В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности // Вестник РАЕН. — 2011. — № 4. — С. 44—49.
8. Антипов С. С. Влияние ЭМИ СВЧ на регуляторные системы Escherichia coli: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Пушкино, 2007. — 109 с.
9. Intense THz pulses down regulate genes associated with skin cancer and psoriasis: a new therapeutic avenue? / L. V. Titova, A. K. Ayesheshim, A. Golubov, R. Rodriguez-Juarez, R. Woycicki, F. A. Hegmann et al. // Sci Rep. — 2013. — Vol. 3. P. 2363.
10. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Г., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. — Ростов-на-Дону: РГУ, 1979. — 128 с.
11. Ихлов Б. Л. Инфразвук, микроволны и профилактика заболеваний // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 2. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=26194> (дата обращения 16.01.2018).
12. BIOELECTROMAGNETICS Current Concepts. Ed. S. N. Ayrapetyan, M. S. Markov. — Munich, Germany, 2006. — P. 331—354.
13. Пресман А. С. Электромагнитные поля и живая природа. — М.: Наука, 1968. — 288 с.
14. Маслов Ю. Н., Одинцова О. В. Экономичный метод количественного учета микроорганизмов // Пермский медицинский журнал. — 1997. — № 1. — С. 99—102.
15. Бородулин Б. Е., Бородулина Е. А. Фтизиатрия. — М.: Academia, 2006. — 240 с.

B. L. Ikhlov, Leading Engineer-Researcher, e-mail: boris.ikhlov@gmail.com,
Special Construct Bureau "Lighthouse", Perm

Stimulate and Suppressive Effects of Electromagnetic Field

The purpose of the work is to investigate the effect of a weak electromagnetic field on pathogenic mycobacteria. For various pathogenic types of mycobacteria, M. avium 104 (subsp. hominissuis), and also for the Koch bacillus, Mycobacterium tuberculosis H₃₇R_V (Pasteur) ATCC 25618, a dramatic decrease in survival was observed in the sixth cycle of cell division when irradiated with resonant ultrahigh frequencies of the electromagnetic field. The intensity of the field was selected in such a way as not to cause heating of the bacteria. At the same time, a significant increase in survival was achieved at the first cycle of cell division of bacteria upon irradiation with the same parameters of the electromagnetic field. And for two types of mycobacteria obtained close results.

The mechanism of oppression of pathogenic bacteria by a weak electromagnetic field is explained, connected with interruption of the process of doubling of DNA helices, which leads to the death of the dividing cell. So frequency that equals to the natural (resonant) frequency of the torsional oscillations of the spirals of different



DNA was set. The frequency was determined theoretically by the method previously obtained.

The mechanism of stimulating the survival of bacteria, associated with the activation of genes, which reduces the number of perishing bacteria, is explained. An analogy of the evolution of bacterial cultures with demography has been made. On this basis, the general form of the modified Verhulst equation, taking into account the effect of the negative external action and the stimulation effect, is obtained, the solution of the modified equation is obtained. Conclusion: a weak electromagnetic field can be used in sanitary procedures, the modified Verhulst equation can help in the design of treatment programs.

Keywords: bacteria, survival, DNA, microwaves, resonance, hormesis, stabilization, gene expression, Verhulst equation, sanitation

References

1. Geraskin S. A., Kazmin G. V. Assessment of the effects of physical factors on natural and agrarian ecological systems. *Ecology*. 1995. No. 6. P. 419–423.
2. Ikhlov B. L., Melnichenko A. V., Oschepkov A. Yu. Effect of high-frequency electromagnetic field on microorganisms. *Vestnik novikh medicinskih tehnologii*. 2017. Vol. 24. P. 141–146.
3. Kozmin G. V., Egorova V. I. Stability of biocenoses in conditions of changing electromagnetic properties of the biosphere. *Biomed. tehnologii i radioelectronica*. 2006. No. 3. P. 61–72.
4. **Laser technology** in agriculture. Ed. A. V. Budagovskii, I. V. Kovsh. Moscow: Technosphaera, 2008. 272 p.
5. Monich V. A., Malinovskaya S. L., Makhrova T. V., Malinovsky D. S. Features of low-intensity electromagnetic radiation of various ranges on microorganisms. *Vestnik Nizhegorodskogo Universiteta*. 2010. No. 2. P. 435–438.
6. Tiphlova O. A., Karu T. J. Stimulation of *Escherichia coli* division by low-intensity monochromatic visible light. *Photochem. Photobiol.* 1988. Vol. 48. No 1. P. 467–471.
7. Chizh T. V., Kozmin G. V., Polyakova L. P., Melnikova T. V. Radiation treatment as a technological device in order to increase the level of food security. *Vestnik RAEN*. 2011. No. 4. P. 44–49.
8. Antipov S. S. The influence of EMP microwave on the regulatory systems of *Escherichia coli*: Avtoref. dis. kand. biol. nauk. Pushchino, 2007. 109 p.
9. Intense THz pulses down regulate genes associated with skin cancer and psoriasis: a new therapeutic avenue? L. V. Titova, A. K. Ayesheshim, A. Golubov, R. Rodriguez-Juarez, R. Woycicki, F. A. Hegmann et al. *Sci Rep*. 2013. Vol. 3. P. 2363.
10. Garkavi L. Kh., Kvakina Ye. G., Ukolova M. A. Adaptation reactions and resistance of the organism. Rostov-na-Donu: RGU, 1979. 128 p.
11. Ikhlov B. L. Infrasonic, microwaves and disease prevention. *Sovremennye problemi nauki i obrazovaniya*. 2017. No. 2. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=26194> (date of access 01.16.2018).
12. **BIOELECTROMAGNETICS** Current Concepts. Ed. S. N. Ayrapetyan, M. S. Markov. Munich, Germany, 2006. P. 331–354.
13. Presman A. S. Electromagnetic fields and wildlife. Moscow: Nauka, 1968. 288 p.
14. Maslov Yu. N., Odintsova O. V. An economical method of quantitative counting of microorganisms. *Permskii Medicinskii Journal*. 1997. No. 1. P. 99–102.
15. Borodulin B. E., Borodulina E. A. Phthisiologiya. Moscow: Academia, 2006. 240 p.

Информация

Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2019 г.

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

Подписной индекс по Объединенному каталогу
"Пресса России" — 79963

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

Д. В. Васендин, канд. мед. наук, доц., доц. кафедры, e-mail: vasendindv@gmail.com, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, **Е. А. Ставский**, д-р мед. наук, зав. кафедрой, Новосибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, **Ю. В. Марченко**, вед. инженер, **К. Е. Ставский**, инженер, Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии "Вектор" Роспотребнадзора, п. Кольцово, Новосибирская область

Оценка защитной эффективности материалов медицинской специальной одежды

В целях исключения или снижения риска заражения возбудителями инфекционных заболеваний персонала микробиологических лабораторий, медицинского персонала, членов аварийно-спасательных и других бригад экстренного реагирования в зонах ЧС, эпидемических очагах рекомендуют использовать соответствующую защитную спецодежду, обладающую высокой фильтрующей эффективностью. С этой целью применяют различные виды защитной одежды многоразового и одноразового применения, изготовленной из натуральных, смешанных, синтетических волокон и нетканых материалов, обладающих различной эффективностью. Приведены данные сравнительной экспериментальной оценки защитной эффективности натуральных и нетканых материалов медицинской спецодежды с использованием тест аэрозолей, включая бактериальный. Установлено, что с повышением плотности исследованных материалов связано снижение их проницаемости для бактериального аэрозоля. Отмечено, что ламинирование, а также увеличение слойности приводит к резкому снижению бактериопроницаемости и, следовательно, к повышению защитных свойств материалов. Наиболее высокими защитными свойствами обладают нетканые материалы СМС, Тайвек Сонтара и ламинированные ткани Спанбонд. Полученные данные обеспечивают возможность объективного выбора соответствующего вида материала с необходимыми характеристиками и выпуска на его основе медицинской спецодежды, обладающей максимально высокой защитной эффективностью.

Ключевые слова: защитная одежда, тест аэрозоли, защитная эффективность, нетканые материалы медицинской специальной одежды

Введение. В России в начале 1980-х годов на основе накопленного опыта, результатов отечественных исследований и разработок, отечественных и зарубежных литературных данных была разработана и начала выпускаться для замены устаревших видов защитной медицинской одежды [1–3] более современная целевая специальная одежда для работы с микроорганизмами I–IV групп патогенности [1, 4–6].

Указанная одежда предназначалась для защиты персонала, участвующего в ликвидации последствий в очагах поражения биологической природы, вызванных эпидемическим распространением возбудителей инфекционных заболеваний человека или животных, защиты персонала предприятий микробиологической промышленности, микробиологических лабораторий научных учреждений, медицинского персонала лечебно-профилактических учреждений здравоохранения

(костюмы Комфорт, Биотехнолог, СКБ, Кварц и т. п.).

Характерными признаками указанных видов спецодежды являлись применение для их изготовления натуральных, смешанных или искусственных тканей, а также многоразовость использования спецодежды с соответствующими циклами обеззараживания и стирки [1, 4–7]. Позднее на основе нетканых материалов, полученных из различных термопластичных полимеров, начали производить защитную химическую спецодежду, а также одежду разового применения медицинского назначения [8]. Однако в отношении защитной эффективности нетканых материалов спецодежды для медицинских работников, членов аварийно-спасательных бригад при ликвидации последствий в эпидемических очагах при чрезвычайных ситуациях, для работы с патогенными биологическими агентами в микробиологических



лабораториях, в инфекционных отделениях и т. п. подобные данные в опубликованной литературе отсутствуют.

В связи с вышеизложенным **целью** настоящего **исследования** являлась сравнительная экспериментальная оценка защитной эффективности натуральных и нетканых материалов спецодежды с использованием тест аэрозолей, включая бактериальный.

Материалы и методы. В экспериментах изучали натуральные ткани защитной медицинской одежды (противочумные костюмы I—IV типов); нетканые материалы комплектов одежды защитной врача-инфекциониста № 1, 2, 7, 8 (Здравмедтехника, Россия), а также костюма "Вектор" для защиты от патогенных биологических агентов [4, 8].

Спанбонд (Spanbond) — нетканый полипропиленовый термоскрепленный материал является микропористым паропроницаемым изоляционным материалом, произведенным по технологии австрийской фирмы "Райфенхойзер" из очень тонких полипропиленовых волокон путем термоскрепления, устойчив к кислотам и щелочам. В опытах исследовали Спанбонд плотностью 15, 20, 25, 35, 50, 60 г/м². Нетканый материал Спанбонд для медицины и специальной защитной одежды соответствует требованиям нормативных документов: ГОСТ 26996—68; ТУ РБ 00204056.095—96; СанПиН 42-123-4240—86; Сертификат соответствия № РОСС ВУ.РБ01.В07265. № 4584715 [8].

СМС (SMS) — трехслойный нетканый материал (слой спанбонда — барьерный слой мультимедиа — слой спанбонда). В опытах исследовали материал СМС плотностью 20, 35, 42 г/м² [8].

"Тайвек" ("Tyvek") и "Сонтара-Ф808" ("Sontara-F808") — нетканые материалы производства фирмы "DuPont", Люксембург. Плотность материалов 35,0 г/м² и 64,0 г/м² соответственно [8].

Хлопчатобумажная ткань — в экспериментах испытывали в качестве материала сравнения хлопчатобумажную ткань артикул 262. Указанный вид ткани используется при изготовлении медицинской защитной одежды (халатов, пижам, белья и т. п.) [4, 8].

Ткань Петрянова ФПП-1-1,5 — слой ультратонких волокон органических полимеров, нанесенных на тканевую основу, используемую для производства респираторов и фильтров тонкой очистки воздуха [9].

Образцы тканей и материалов оценивали по физическим и биологическим мелкодисперсным тест аэрозолям в статических и динамических условиях в аэрозольной камере вертикального типа ДК-1 разработки и производства ГНЦ ВБ "Вектор" [9, 10].

При этом испытаниями тканей в статических режимах (без движения воздуха) моделировали седиментационно-диффузионные процессы проникновения частиц тест аэрозолей через образцы тканей. Эти процессы играют определяющую роль при защите больных и медицинского персонала с минимальной подвижностью, одетых в защитную одежду, изготовленную из этих тканей, а также при обеспечении сохранения стерильности хирургических материалов, инструментария, медицинских укладок и т. п. накрытых этими тканями.

Кроме того, оценкой тканей в динамических условиях моделировали процессы проникновения частиц тест аэрозолей через образцы тканей. Это происходит, например, при передвижении пешком медперсонала по территории эпидемического очага при чрезвычайных ситуациях, использовании средств защиты органов дыхания, а также вследствие воздействия ветра. В качестве физического тест аэрозоля для определения коэффициента проницаемости K_p использовали стандартный масляный туман из масла турбинного Т30 с радиусом аэрозольных частиц 0,14...0,17 мкм, генерируемый туманообразующей установкой в комплекте с нефелометром [11].

Биологический аэрозоль получали диспергированием бактериальной суспензии тест микроорганизма. В качестве биологического тест микроорганизма использовали культуру *Serratia marcescens*. Оценку бактериопроницаемости исследуемых образцов материалов и тканей проводили по бактериальным тест аэрозолям с концентрациями 10^3 , 10^4 , 10^5 и 10^6 КОЕ/л при времени экспонирования испытуемых образцов тканей в статических условиях 0...1,0; 1,0...5,0; 5,0...30 и 30...60 мин [8].

В динамическом режиме проводили непрерывное распыление микробной суспензии с заданной концентрацией ($5 \cdot 10^4$ КОЕ/л) в течение 10 мин, при этом отбор проб на фильтры начинали через 5 мин от начала диспергирования. Фракционно-дисперсный состав бактериального аэрозоля в динамическом режиме характеризовался следующими показателями: медианно-массовый аэродинамический диаметр частиц аэрозоля (ММАД) — 0,22 (0,11...0,46) мкм. Отбор проб биологического аэрозоля осуществляли с помощью четырех стандартных фильтродержателей. Указанные фильтродержатели были снаряжены последовательно установленными образцами испытуемой ткани и фильтрами АФА-БА-3. Каждый образец ткани испытывали четырехкратно. После отбора проб проводили смывы с образцов ткани и фильтров. В объединенных смывах, произведенных

раздельно с образцов ткани и фильтров, определяли содержание тест микроорганизма [8].

Анализ проб аэрозоля и статистическую обработку результатов проводили по общепринятым и ранее описанным методам [10–12].

Результаты и обсуждение. Полученные в ходе эксперимента результаты продемонстрировали различную степень проницаемости образцов натуральных и нетканых материалов по отношению к физическим и биологическим тестам аэрозолей как в статических, так и в динамических условиях (табл. 1).

Представленные в таблице данные показывают, что в статических условиях с повышением плотности исследуемых материалов происходит снижение их проницаемости. При этом для материалов Спанбонд плотностью 15, 20, 35, 50, 60 г/м²

показатели бактериальной проницаемости с 75,0 % (ткань плотностью 15 г/м²) снизились до 3,6 % (ткань плотностью 60 г/м²). Более высокую барьерную способность продемонстрировали материалы СМС плотностью 20, 35, 45 г/м², имевшие показатели проницаемости 2,6 %, 0,2 % и 0,03 % соответственно. Через материалы ламинированные Спанбонд плотностью 20 г/м², материалы "Тайвек" плотностью 35 г/м² и Сонтара плотностью 64 г/м², а также двухслойные материалы (Спанбонд-20 — ламинированный совместно со Спанбонд-35; СМС-20 и Сонтара, соответственно) даже за время экспонирования 30...60 мин не смог проникнуть бактериальный аэрозоль с концентрацией 10⁶ КОЕ/л. Хлопчатобумажная ткань, взятая в качестве ткани сравнения (контроля),

Таблица 1

Результаты определения бактериопроницаемости исследуемых тканей в статическом и динамическом режимах

Вид ткани	Коэффициент проскока исследуемых тканей K_n , %		
	В статическом режиме	В динамическом режиме	
		по бактериальному аэрозолю	по масляному туману
Спанбонд-15	75,08	78,46	41,9
Спанбонд-20	44,31	71,85	55,1
Спанбонд-35	11,9	56,46	24,5
Спанбонд-50	6,12	53,85	47,0
Спанбонд-60	3,65	48,77	17,1
Спанбонд-20 — ламинированный	0	53,85	Менее 1,0
Спанбонд-25 — ламинированный	0	61,54	1,3
СМС-20	2,68	69,23	2,7
СМС-35	<0,22	61,54	Менее 1,0
СМС-45	<0,03	56,46	Менее 1,0
Тайвек	0	5,64	Менее 1,0
Сонтара	<0,04	61,54	1,7
Спанбонд-20 — ламинированный совместно с Спанбонд-35*	0	32,78	Менее 1,0
Спанбонд-20—ламинированный совместно с СМС-20*	0	48,21	Менее 1,0
Спанбонд-20 — ламинированный совместно с Сонтара*	0	41,33	Менее 1,0
Хлопчатобумажная ткань	24,66	90,91	61,4

* Спанбонд-20 — ламинированный является внешним (наружным защитным слоем)



превосходила по барьерным свойствам (24,7 %) материалы Спанбонд низкой плотности.

Данные, приведенные в табл. 1, также демонстрируют, что с повышением плотности исследуемых материалов происходит снижение их проницаемости для физических тест аэрозолей в динамическом режиме испытаний. Однако при этих более жестких условиях, чем при статическом режиме, значения показателей проницаемости тканей получены более высокими. При этом для материалов Спанбонд плотностью 15, 20, 35, 50, 60 г/м² показатели проницаемости по масляному туману снизились с 78,5 % (ткань плотностью 15 г/м²) до 48,8 % (ткань плотностью 60 г/м²). По сравнению с ними нетканые материалы — ламинированные Спанбонд плотностью 20 г/м², материалы СМС плотностью 20, 35, 45 г/м² и Сонтара плотностью 64 г/м² по физическим тест аэрозолям показали более высокие барьерные свойства, но не столь резко отличающиеся как при статическом режиме.

Испытания двухслойных материалов (Спанбонд-20 — ламинированный совместно со Спанбонд-35; СМС-20 и Сонтара соответственно) продемонстрировали снижение коэффициентов проскока по сравнению с аналогичными показателями для каждого из указанных в отдельности материалов. Материал "Тайвек" плотностью 35 г/м² показал наиболее высокие барьерные свойства — 5,6 % по масляному туману. Хлопчатобумажная ткань обладала самыми высокими значениями коэффициентов проскока по масляному туману — 90,9 %. Результаты определения коэффициентов проскока исследуемых тканей по бактериальному аэрозолю в динамическом режиме также показали, что с повышением плотности исследуемых материалов происходит снижение их проницаемости для аэрозоля.

Согласно действующим нормативным требованиям только совместное применение средств защиты органов дыхания с комплектами защитной медицинской одежды может обеспечить безопасное проведение работ в эпидемических очагах, зонах чрезвычайных ситуаций, работах с возбудителями инфекционных заболеваний [4]. В табл. 2 представлены результаты определения в динамическом режиме защитной эффективности тканей и материалов медицинских масок, ватно-марлевой повязки, ткани Петрянова ФПП-15-1,5, используемой для изготовления бесклапанных (ШБ-1 РБ "Лепесток-200" и др.) респираторов или других их отечественных аналогов [8].

Представленные в табл. 2 данные показали, что ткань ШБ-1 "Лепесток-200" по своей защитной

Таблица 2

Коэффициенты проскока для материалов исследуемых средств защиты органов дыхания в динамическом режиме

Вид ткани	Коэффициент проскока, %	
	по масляному туману	по бактериальному аэрозолю
Трехслойная маска — СМС-42	18,75	Менее 1,0
Пятислойная маска — СМС-42	6,00	Менее 1,0
Трехслойная маска — Спанбонд-25	52,50	Менее 1,0
Пятислойная маска — Спанбонд-25	45,00	0,25
Ватно-марлевая повязка (ВМП)	0,86	Менее 1,0
Ткань Петрянова ФПП-15-1,5 (ШБ-1 "Лепесток-200")	0,73	Менее 0,1

фильтрующей эффективности превосходит требования ГОСТ Р 12.4.191—2011. Ватно-марлевая повязка противочумных комплектов, изготовленная согласно требованиям СП 1.3.1285-03 [1], и другие, указанные в табл. 2 медицинские маски, продемонстрировали в отношении бактериального аэрозоля также достаточно высокие показатели фильтрующей эффективности, что позволило использовать трехслойные маски в медицинской практике. При этом результаты испытаний показали, что увеличение числа слоев в маске более трех не оказывает на их защитную фильтрующую эффективность существенного влияния.

Результаты проведенных экспериментов выявили, в целом, различную степень проницаемости исследованных нетканых материалов для тест аэрозолей в статических и динамических условиях. При этом установлено, что с повышением плотности исследуемых материалов происходит снижение их проницаемости. Материалы СМС, Тайвек и Сонтара по своим защитным свойствам в отношении бактериального аэрозоля в статических и динамических условиях в десять и более раз превосходят не ламинированные материалы Спанбонд, а также хлопчатобумажную ткань.

Ламинирование тканей Спанбонд способствует резкому снижению бактериопроницаемости этого вида тканей и позволяет повысить их защитные свойства. В динамическом режиме

материалы СМС, Тайвек, Сонтара по показателям бактериопроницаемости ($K_n \leq 1,0 \%$) продемонстрировали более высокие защитные свойства, чем вискозно-полиэфирная ткань. Коэффициент проскока по бактериальному аэрозолю для указанного вида ткани, из которой изготавливали специальную защитную медицинскую одежду многоразового применения (СКБ, Биотехнолог и др.), составлял 10...12 % [7]. Двухслойные материалы (Спанбонд-20 — ламинированный совместно со Спанбонд-35; СМС-20 и Сонтара соответственно) показав высокие защитные свойства против бактериального аэрозоля ($K_n \leq 1,0 \%$), сделали возможным изготовление из них отдельных элементов костюма "Вектор" для защиты от патогенных биологических агентов, комплектов одежды защитной врача-инфекциониста №№ 1, 2, 7, 8 [8], подверженных риску наибольшего бактериального загрязнения и механического воздействия (бахилы, нарукавники, рукава, передняя часть костюма и др.) при работе в зонах чрезвычайных ситуаций, эпидемических очагах, микробиологических лабораториях и т. п. [4, 8].

Противочумные костюмы I—IV типов, противочумный костюм "Кварц-1М", хлопчатобумажно-полиэфирная ткань которого имеет высокие барьерные свойства, также применяются в указанных условиях. Однако будучи спецодеждой многоразового использования, они требуют соответствующих циклов обеззараживания (химического, автоклавирования), стирки [4, 8], что в условиях зон чрезвычайных ситуаций и эпидемических очагов требует привлечения дополнительных сил, времени и технических средств. Кроме того, указанные костюмы являются более дорогостоящими по сравнению с разовой спецодеждой из нетканых материалов.

Выводы

1. Экспериментальной оценкой проницаемости натуральных тканей и нетканых материалов одноразовой медицинской одежды Здравмедтех (Россия) в статических и динамических условиях с использованием тест аэрозолей, включая бактериальный, установлена различная степень их проницаемости. Показано, что с повышением плотности исследуемых материалов происходит снижение их проницаемости для бактериального аэрозоля. Ламинирование тканей Спанбонд, конструирование двух или трехслойных нетканых материалов

способствует резкому снижению бактериопроницаемости и повышению их защитных свойств.

2. Наиболее высокими защитными свойствами обладают нетканые материалы СМС, "Тайвек", Сонтара и ламинированные ткани Спанбонд. Указанные ткани по своим барьерным защитным свойствам превосходят натуральные и смешанные ткани (вискозно-полиэфирная ткань), используемые для изготовления защитной медицинской одежды многоразового применения.

Список литературы

1. **Безопасность** работы с микроорганизмами I—II групп патогенности (опасности). Санитарные правила. СП 1.3.1285-03. — М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2003. — 152 с.
2. **Дроздов С. Г., Гарин С. Г., Джиндоян Л. С., Тарасенко В. М.** Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях. — М.: Медицина, 1987. — 255 с.
3. **Stavskiy E. A., Cherny N. B., Chepurinov A. A., Netesov S. V.** Anthology of Some Biosafety Aspects in Russia (up to 1960) // Anthology of Biosafety V. BSL-4 Laboratories / Jonathan Y. Richmond, Ed. — Washington, 2002. — P. 29—92.
4. **Безопасность** работы с микроорганизмами I—II групп патогенности (опасности). Санитарные правила. СП 1.3.3118-13. — М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2013. — 196 с.
5. **Буянов В. В., Супрун И. П.** Средства индивидуальной защиты для работ в микробиологических и вирусологических лабораториях. — Черноголовка, М.: Редакционно-издательский отдел ИПХФ, 2001. — 324 с.
6. **Складнев А. А., Падалкин В. П., Вадимов В. М., Ефимов В. Е.** Производственная санитария в микробиологической промышленности. — М.: Лесная промышленность, 1980. — 200 с.
7. **Буянов В. В., Головченко Н. Н., Румянцева Н. П.** Выбор текстильных материалов для изготовления специальной одежды для персонала предприятий микробиологической промышленности // Биотехнология. — 1985. — № 4. — С. 84—87.
8. **Тридцать лет** после ликвидации оспы: исследования продолжаются / Под ред. Г. Г. Онищенко, И. Г. Дроздова. — Кольцово: Информ-Экспресс, 2010. — 284 с.
9. **Сравнительный анализ** методов определения эффективности фильтров для очистки воздуха с использованием аэрозолей диоктилфталата и турбинного масла / Л. А. Криницин, Е. А. Ставский, С. В. Нетесов, А. С. Едапин, В. А. Данияев, О. В. Пьянков, Л. Е. Булычев // Биотехнология. — 1999 — № 4. — С. 57—62.
10. **Лакин Г. Ф.** Биометрия. — М.: Высшая школа, 1980. — 293 с.
11. **Достижения** современной биотехнологии / Под ред. И. Г. Дроздова. — Новосибирск, 2008. — С. 23—30.
12. **Гапачко К. Г., Мисников О. П., Раевский К. К.** Средства и методы изучения микробных аэрозолей. — Л.: Медицина, 1985. — 175 с.



D. V. Vasendin, Associate Professor, e-mail: vasendindv@gmail.com, Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, **E. A. Stavskiy**, Head of Chair, Novosibirsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, **Yu. V. Marchenko**, Leading Engineer, **K. E. Stavskiy**, Engineer, State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector" of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region

Evaluation of the Protective Effectiveness of Medical Supplies Special Clothing

The work of medical personnel, members of emergency rescue and other emergency response teams in the areas of emergency, epidemic outbreaks, microbiological laboratories, etc. associated with the risk of infection by pathogens of various infectious diseases. To reduce the degree of risk or eliminating it staff and members of the teams working under these conditions must use appropriate protective clothing, with high filtering efficiency. For this purpose, use different types of protective clothing reusable and single use, made from natural, blended, synthetic fibres and nonwovens. On the basis of non-woven materials made of chemical and medical protective clothing. However, in relation to the protective effectiveness of nonwoven materials for medical workwear known data in the literature are practically absent. In this regard, conducted a comparative experimental evaluation of the protective effectiveness of natural and non-woven fabric, medical workwear using test aerosols, including bacterial. Tests in static and dynamic conditions nonwovens showed that increasing the density of these materials, laminating them, and increase them to the layering leads to a drastic reduction of bacterial permeability of nonwoven materials. These data provide the possibility of objective selection of an appropriate material with the necessary characteristics and production on its basis medical workwear, with the highest protective effectiveness.

Keywords: protective clothing, test aerosols, protective effectiveness, nonwovens medical special clothing

References

1. **Bezopasnost' raboty** s mikroorganizmami I—II grupp patogenosti (opasnosti). Sanitarnye pravila. SP 1.3.1285-03. Moscow: Ministerstvo zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii, 2003. 152 p.
2. **Drozdov S. G., Garin S. G., Dzhindoyan L. S., Tarasenko V. M.** Osnovy tekhniki bezopasnosti v mikrobiologicheskikh i virusologicheskikh laboratoriyah. Moscow, Medicina, 1987. 255 p.
3. **Stavskiy E. A., Cherny N. B., Chepurnov A. A., Netesov S. V.** Anthology of Some Biosafety Aspects in Russia (up to 1960). *Anthology of Biosafety V. BSL-4 Laboratories / Jonathan Y. Richmond. Ed.* Washington, 2002. P. 29—92.
4. **Bezopasnost' raboty** s mikroorganizmami I—II grupp patogenosti (opasnosti). Sanitarnye pravila. SP 1.3.3118-13. Moscow: Ministerstvo zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii, 2013. 196 p.
5. **Buyanov V. V., Suprun I. P.** Sredstva individual'noj zashchity dlya rabot v mikrobiologicheskikh i virusologicheskikh laboratoriyah. Chernogolovka, Moscow: Redakcionno-izdatel'skij otdel IPHF, 2001. 324 p.
6. **Skladnev A. A., Padalkin V. P., Vadimov V. M., Efimov V. E.** Proizvodstvennaya sanitariya v mikrobiologicheskoy promyshlennosti. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980. 200 p.
7. **Buyanov V. V., Golovchenko N. N., Rumyanceva N. P.** Vybor tekstil'nyh materialov dlya izgotovleniya special'noj odezhdy dlya personala predpriyatij mikrobiologicheskoy promyshlennosti. *Biotekhnologiya*. 1985. No. 4. P. 84—87.
8. **Tridcat' let** posle likvidacii ospy: issledovaniya prodolzhayutsya / Pod red. G. G. Onishchenko, I. G. Drozdova. Kol'covo: Inform-Ehkspres, 2010. 284 p.
9. **Sravnitel'nyj** analiz metodov opredeleniya ehffektivnosti fil'trov dlya ochistki vozduha s ispol'zovaniem aehrozolej dioktilfitalata i turbinnogo masla / L. A. Krinichin, E. A. Stavskij, S. V. Netesov, A. S. Edapin, V. A. Danyaev, O. V. P'yankov, L. E. Bulychev. *Biotekhnologiya*. 1999. No. 4. P. 57—62.
10. **Lakin G. F.** Biometriya. Moscow: Vysshaya shkola, 1980. 293 p.
11. **Dostizheniya** sovremennoj biotekhnologii / Pod red. I. G. Drozdova. Novosibirsk, 2008. P. 23—30.
12. **Gapochko K. G., Misnikov O. P., Raevskij K. K.** Sredstva i metody izucheniya mikrobnih aehrozolej. Leningrad: Medicina, 1985. 175 p.

УДК 534.23; 614.18

В. Ю. Кирпичников¹, д-р техн. наук, проф., **А. И. Сятковский**², главный специалист, **Л. Ф. Дроздова**¹, канд. техн. наук, проф., e-mail: drozdovalf@yandex.ru, **А. Е. Шашурин**¹, канд. техн. наук, доц.

¹ Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург

² ПАО "Пластполимер", Санкт-Петербург

Экспериментальное исследование эффективности вибропоглощающего покрытия

Представлены результаты исследования эффективности армированного вибропоглощающего покрытия (ВПП), состоящего из вибропоглощающей пленки ВПС-2,5П толщиной 0,5 мм и фольма-ткани в качестве армирующего слоя. Эффективность покрытия определяли по разнице уровней входной вибровозбудимости стальных пластин при ее отсутствии и наличии. Исследуемые ВПП рекомендованы для широкого использования на любых тонкостенных конструкциях для снижения вибрации и шумоизлучения.

Ключевые слова: вибрация, шум, профессиональные заболевания, эффективность, пластинчатые конструкции, вибропоглощающее покрытие, пленка и частотный диапазон

Введение

Вибрации любых конструкций и обусловленный ими воздушный шум ухудшают условия их обслуживания и могут быть причиной профессиональных заболеваний персонала, снижая его внимательность и способствуя тем самым возникновению аварийных ситуаций. Кроме того, повышенная и продолжительная вибрация может вызвать усталостные повреждения конструктивных элементов и также привести к аварийным ситуациям.

Успешное решение вопросов шумовиброзащиты как оборудования, изделий, так и обслуживающего персонала, является весьма сложной технической задачей, требующей оптимального сочетания необходимой степени виброизоляции и вибропоглощения с другими требованиями технологического, эксплуатационного и затратного характера. Причем условия этой оптимизации весьма жестко диктуются характеристиками виброзащищаемых изделий, необходимостью строгой привязки к конкретным условиям их применения с целью уменьшения уровней вибрации и шумоизлучения этих изделий. К защищаемым изделиям можно отнести технологическое оборудование предприятий, транспортные средства и различного рода инженерные сооружения.

Корпуса этих изделий и ограждения средств их противозумовой защиты (капотов, кожухов

и т. д.) представляют собой преимущественно пластинчатые конструкции. Основным направлением уменьшения вибрации и шумоизлучения таких конструкций является облицовка их пластинчатых элементов вибропоглощающим покрытием.

Испытанные образцы и метод экспериментального исследования

Для повышения вибропоглощения в конструкции используют, в частности, мягкие, жесткие и армированные вибропоглощающие покрытия (ВПП) [1, 2]. Наиболее широкое применение находят армированные ВПП, представляющие собой диссипативный слой вязкоупругого материала, на одну из поверхностей которого наносится армирующий слой металла. В качестве материала диссипативного слоя многие годы использовали мягкие резины.

В целях уменьшения толщины армированных ВПП при одновременном повышении их эффективности в последнее время вместо резины стали применять вибропоглощающую полимерную пленку типа ВПС производства ОАО "Пластполимер" (ТУ 4515-001-00203521-93), обладающую наибольшим поглощением колебательной энергии [3, 4]. Армирующий слой изготавливают преимущественно из металлических листов, что неизбежно приводит к увеличению изгибной жесткости

пластин и затрудняет, в частности, решение задачи придания им криволинейной формы. Однако для целого ряда практических приложений требуется армирующий слой, способный после нанесения вибропоглощающего покрытия "повторять" криволинейную форму демпфируемой поверхности.

Получены результаты экспериментального определения эффективности армированного ВПП, состоящего из вибропоглощающей пленки ВПС-2,5П толщиной 0,5 мм и фольма-ткани в качестве армирующего слоя. Использовалась фольма-ткань 280, представляющая собой стеклоткань с плотностью 280 г/м², покрытая алюминиевой фольгой толщиной 20 мкм (ТУ 5760-002-11844652—2016).

Сравнивались виброшумовые характеристики двух одинаковых стальных пластин без покрытия и с армированным ВПП указанного выше состава. Размеры пластин без покрытия в плане — 1 × 0,75 м, толщина — 0,7 мм.

Эффективность покрытия определяли по разнице уровней входной вибровозбудимости пластин при ее отсутствии и наличии. Под входной вибровозбудимостью подразумевается уровень виброускорения A в дБ относительно порогового значения 10^{-6} м/с² в точке возбуждения сосредоточенной силой F с амплитудой, равной 1 Н. Возбуждение вибрации осуществлялось миниатюрным вибромолотком с датчиком измерения уровня действующей силы. Измерения входной вибровозбудимости A/F , дБ, выполнялись в трех

частотных диапазонах: 0...200 Гц, 200...800 Гц и 800...12 000 Гц. В диапазоне низких частот эффективность покрытия определялась также с использованием расчетно-экспериментальных значений коэффициента потерь η колебательной энергии в необлицованной и облицованной покрытием пластинах. Значения η вычислялись по формуле $\Delta f_p/f_p$, где Δf_p — ширина максимума на уровне 3 дБ от его наибольшей величины на резонансной частоте f_p .

Испытания пластин выполнялись при их последовательном подвешивании за углы с помощью капронового троса на гаке грузового крана. Измерения входной вибровозбудимости выполнялись в шести точках, места нахождения которых указаны на рис. 1—5.

Результаты измерений

На рис. 1—5 кривыми 1, 1-2 и 1-5 изображены узкополосные ($\Delta f = 0,25$ Гц) спектры входной вибровозбудимости A/F , дБ, пластины без покрытия, а кривыми 2, 2-2 и 2-5 — спектры A/F , дБ, пластины с покрытием. Все приведенные на рис. 1—5 спектры A/F , дБ, соответствуют низкочастотному диапазону 0...200 Гц.

Из рис. 1—5 видим, что спектры входной вибровозбудимости обеих пластин содержат в диапазоне, ограниченном сверху частотой 200 Гц, достаточно большое число резонансных максимумов.

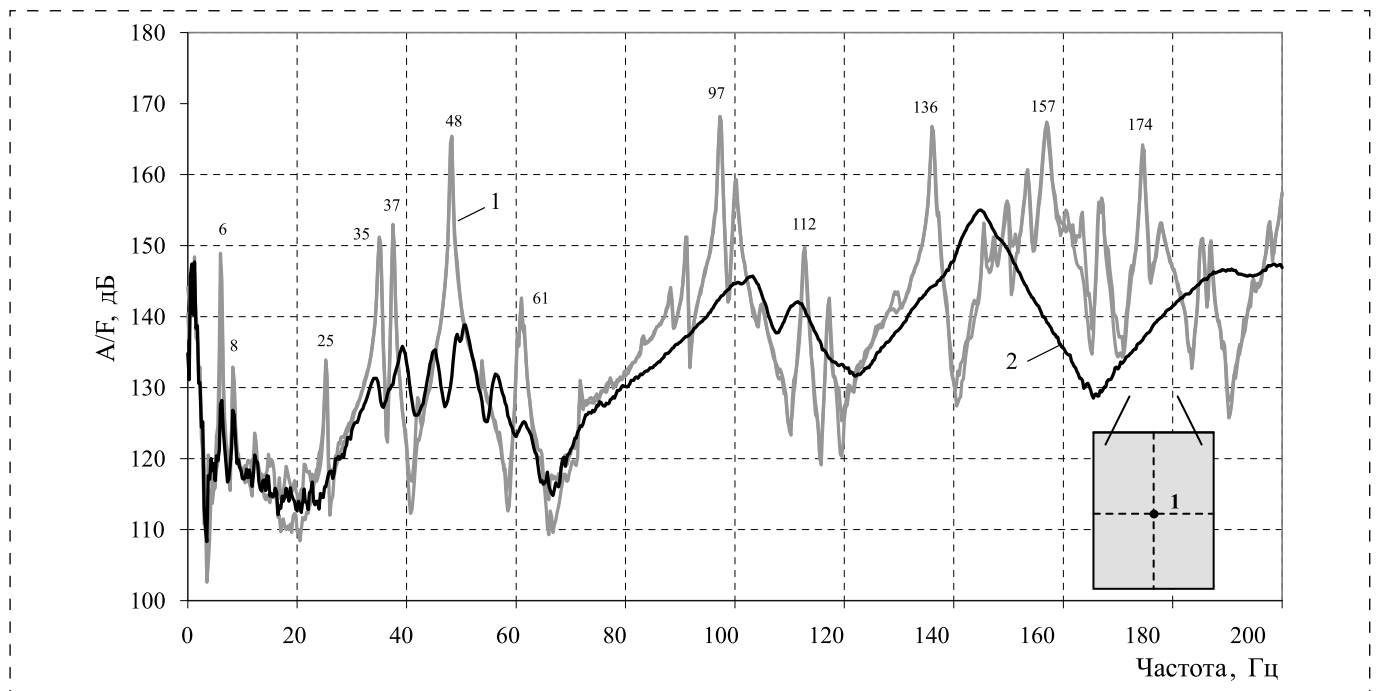


Рис. 1. Спектры входной вибровозбудимости (точка 1) пластин без покрытия (кривая 1) и с покрытием (кривая 2)

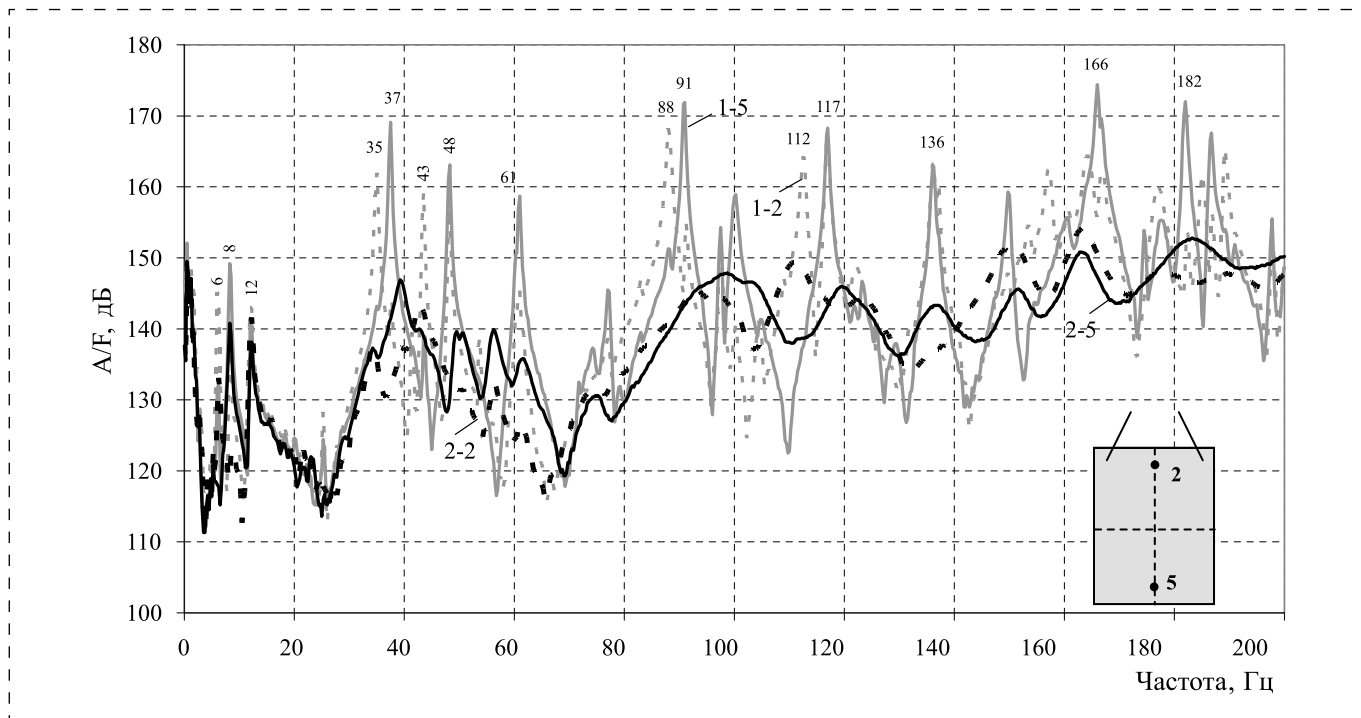


Рис. 2. Спектры входной вибровозбудимости (точки 2 и 5) пластин без покрытия (кривые 1-2 и 1-5) и с покрытием (кривые 2-2 и 2-5)

Наибольшие уровни A/F , дБ, пластины без покрытия зарегистрированы в точках 1, 2, 3 и 5 на резонансных частотах 37, 43, 48, 60, 88, 91, 97, 117, 136, 157, 166 и 182 Гц. Уровни резонансных максимумов на тех же или близких частотах в спектрах

вибровозбудимости пластины с покрытием оказались существенно (до 27 дБ) более низкими. Нанесение тонкого армированного покрытия на пластину привело к уменьшению уровней ее входной вибровозбудимости на указанных частотах

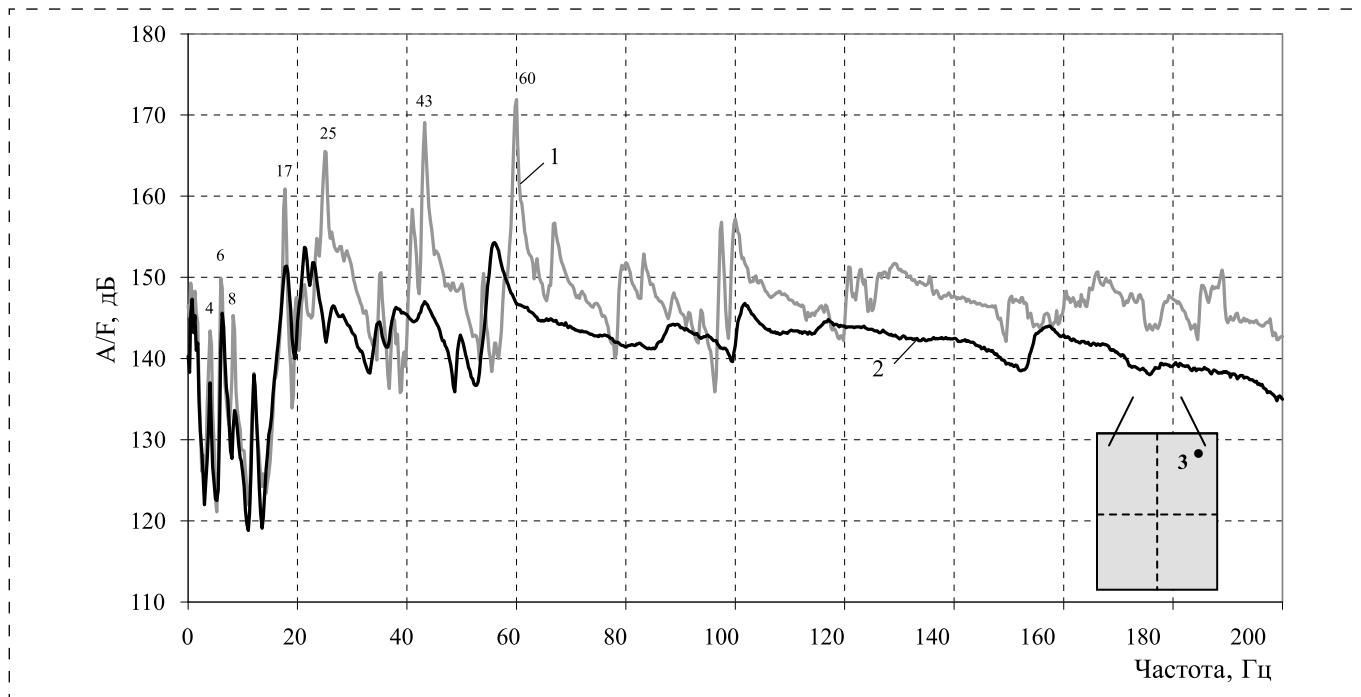


Рис. 3. Спектры входной вибровозбудимости (точка 3) пластин без покрытия (кривая 1) и с покрытием (кривая 2)

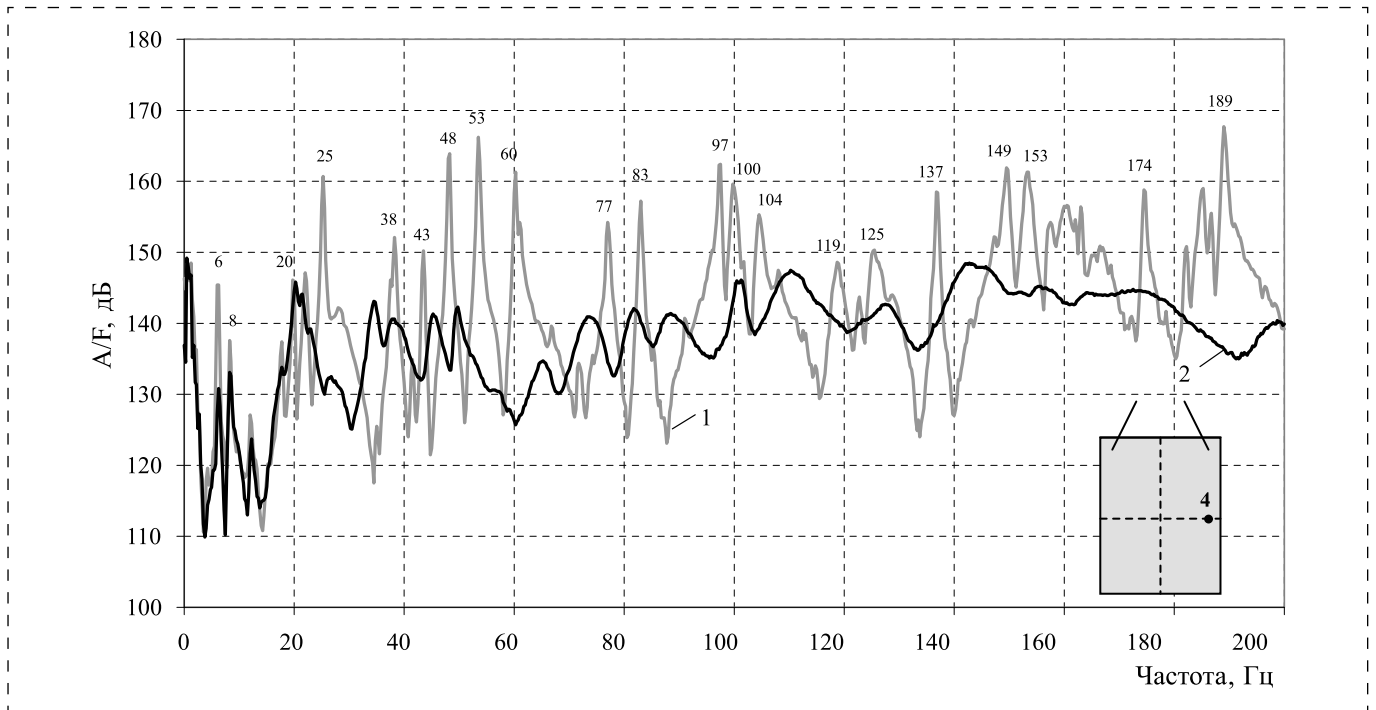


Рис. 4. Спектры входной вибровозбудимости (точка 4) пластин без покрытия (кривая 1) и с покрытием (кривая 2)

в среднем на величину порядка 20 дБ. Примерно такая же эффективность покрытия в низкочастотном диапазоне была получена расчетно-экспериментальным методом с определением коэффициента потерь η колебательной энергии в пластинах.

Средние по частоте значения η в "голой" (η_0) и облицованной (η_1) пластинах оказались равными $\sim 3 \cdot 10^{-3}$ и $4,50 \cdot 10^{-2}$, соответственно. Расчетная величина эффективности $\mathcal{D} = 20 \lg(\eta_1/\eta_0)$ покрытия составила ~ 23 дБ.

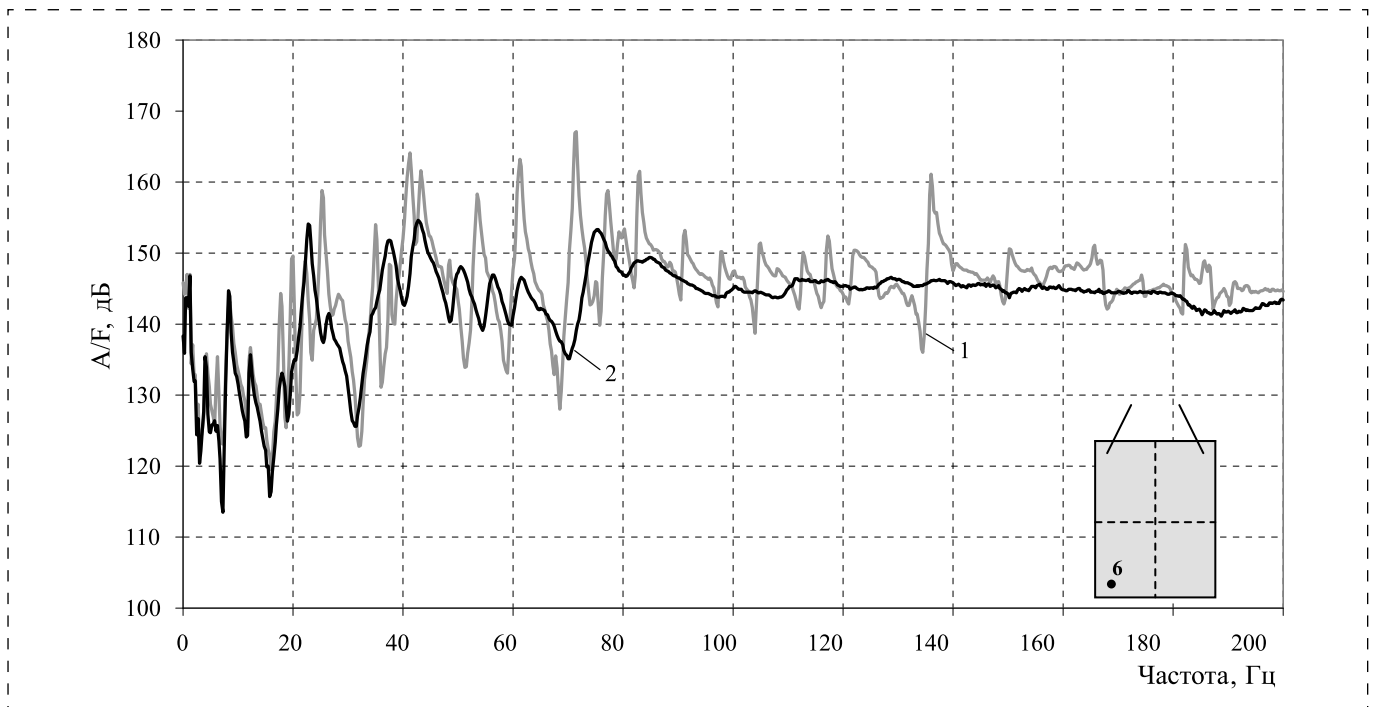


Рис. 5 Спектры входной вибровозбудимости (точка 6) пластин без покрытия (кривая 1) и с покрытием (кривая 2)

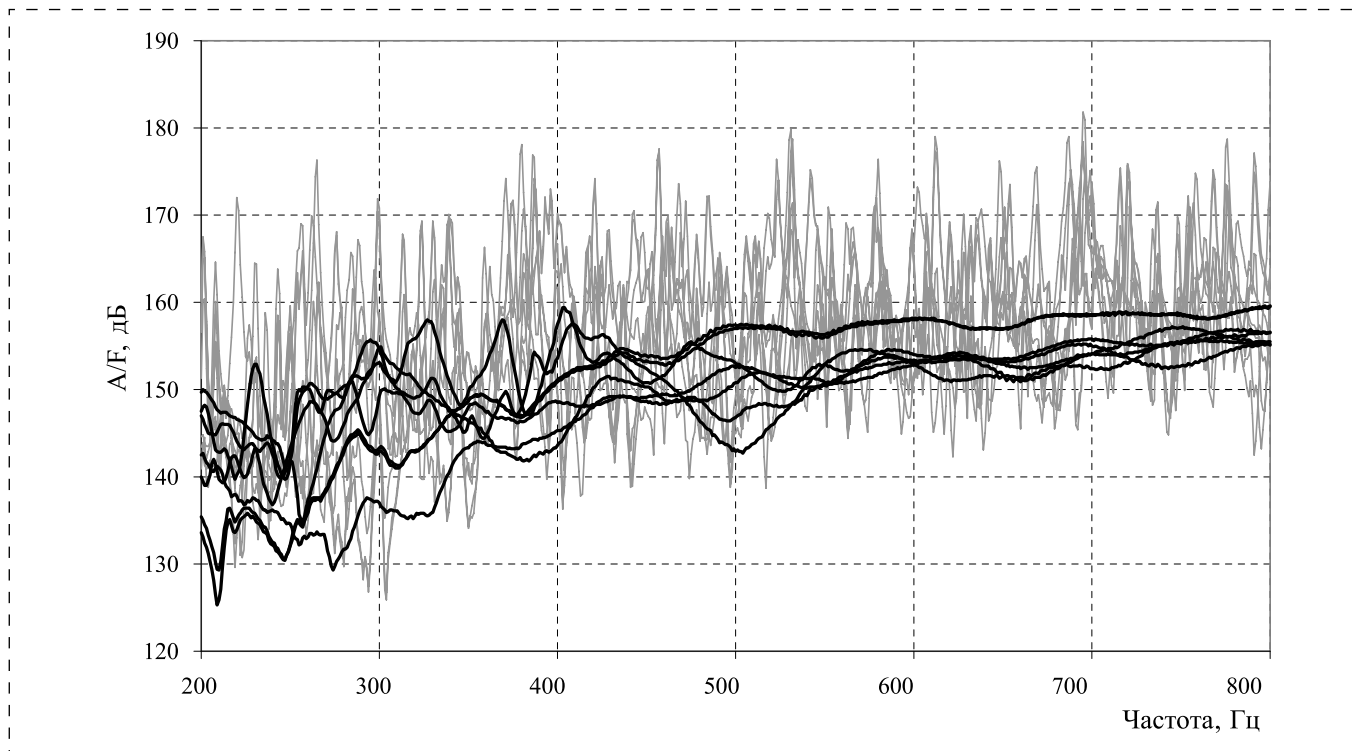


Рис. 6. Спектры входной вибровозбудимости пластины без покрытия (серые линии) и с покрытием (черные линии)

Спектры входной вибровозбудимости в тех же точках измерения, соответствующие частотным диапазонам 200...800 Гц и 890...12890 Гц, обобщены

на рис. 6 и 7, соответственно. Серые линии соответствуют спектрам входной вибровозбудимости пластины без покрытия, а черные — спектрам

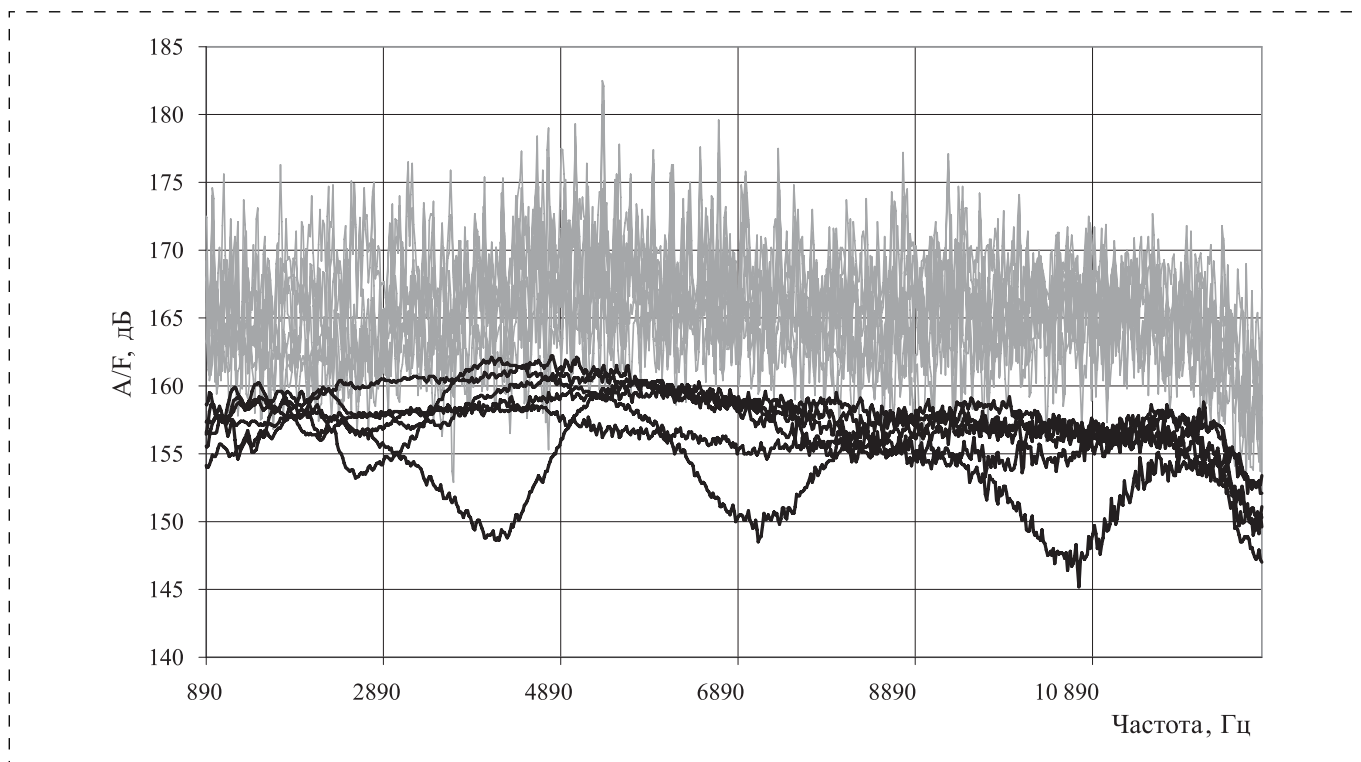


Рис. 7. Спектры входной вибровозбудимости пластины без покрытия (серые линии) и с покрытием (черные линии)

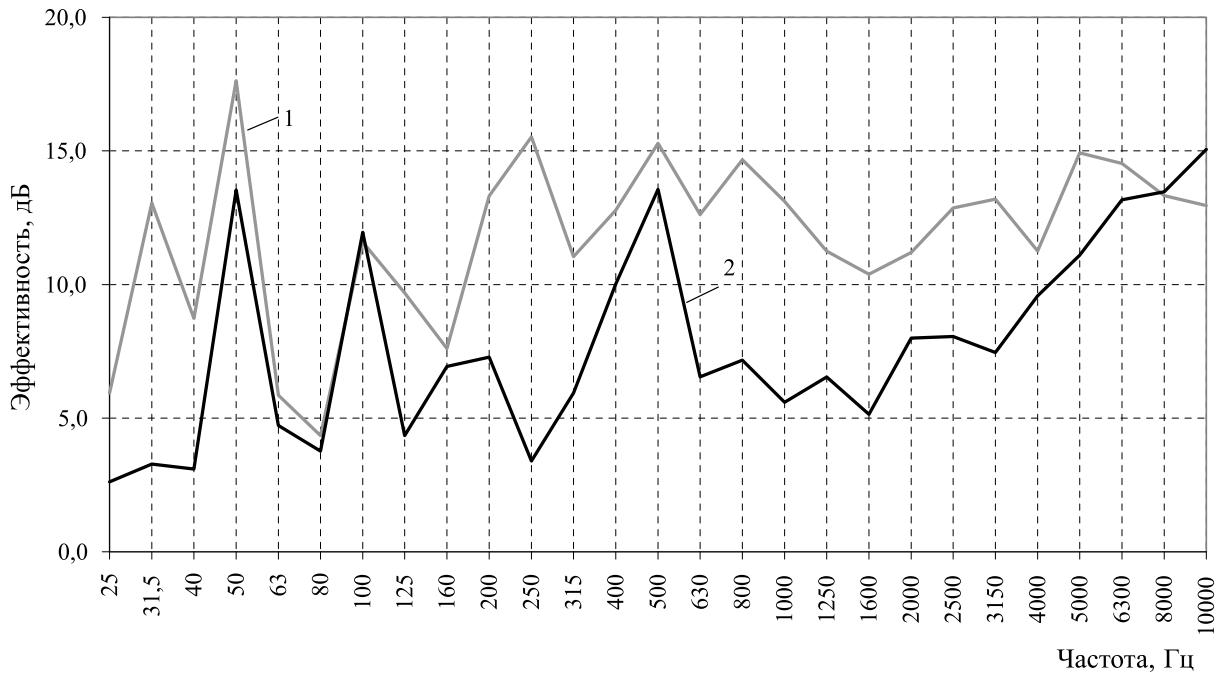


Рис. 8. Частотные характеристики эффективности ВПП по входной вибровозбудимости (кривая 1) и по звуковому давлению (кривая 2)

A/F , дБ, пластины с покрытием. В обоих частотных диапазонах средняя по резонансным частотам эффективность покрытия составила около 15 дБ.

Основные результаты исследования

На рис. 8 кривыми 1 и 2 изображены частотные характеристики эффективности тонкого армированного покрытия, полученные с использованием результатов измерений третьоктавных спектров входной вибровозбудимости в точке 1 (кривая 1) и звукового давления на расстоянии 1 м от той же точки (кривая 2). Средняя по двадцати семи третьоктавным полосам со среднегеометрическими частотами от 25 до 10 000 Гц величина эффективности по входной вибровозбудимости и звуковому давлению оказалась равной ~12 и ~7 дБ, соответственно.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о возможности значительного уменьшения уровней вибрации и звукоизлучения тонких пластин с помощью армированного вибропоглощающего покрытия малой толщины на основе

вибропоглощающей пленки ВПС-2,5П и армирующего слоя с небольшой изгибной жесткостью из фольма-ткани. Исследуемые ВПП могут быть рекомендованы для широкого использования на любых тонкостенных конструкциях для снижения шума и вибрации технологического оборудования предприятий, транспортных средств и различного рода инженерных сооружений.

Список литературы

1. Никифоров А. С. Акустическое проектирование судовых конструкций. — Л.: Судостроение, 1968. — 199 с.
2. Кирпичников В. Ю. Вибровозбудимость конструкций и пути ее уменьшения. — СПб.: ФГУП "Крыловский государственный научный центр", 2014. — 220 с.
3. Кирпичников В. Ю., Сятковский А. И. Уменьшение вибрации конструкций тонкими армированными покрытиями на основе полимерной ВПС пленки // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Защита от повышенного шума и вибрации". — СПб., 2017. — С. 382—389.
4. Кирпичников В. Ю., Кошечев А. П., Савенко В. В., Смольников В. Ю. Влияние места и способа установки резонирующего пластинчатого вибропоглотителя на его эффективность // Труды Крыловского государственного научного центра. Вып. 2 (380). — СПб., 2017. — С. 131—136.

V. Yu. Kirpichnikov¹, Professor, **A. I. Sjatkovskij²**, Chief Specialist,
L. F. Drozdova¹, Professor, e-mail:drozdovalf@yandex.ru,
A. E. Shashurin¹, Associate Professor
¹ Baltic State Technical University "VOENMEKH" named after D. F. Ustinov,
Saint-Petersburg
² JSC Plastpolymer, Saint-Petersburg

Experimental Study of Effectiveness of Vibration Absorbing Coating

Reducing vibration and noise constructions of technological equipment, vehicles and of engineering structures contributes to the reduction of occupational diseases of the attendants and emergency situations. The basic direction of vibration and noise reduction of these designs is facing their plate elements vibration absorbing coating (VAC). The authors experimentally investigated the effectiveness of VAC, consisting of reinforced vibration absorbing film VPS-2.5P 0.5 mm thick and folmatkan as a reinforcing layer. The effectiveness of the coating was determined by the difference of input levels vibration anxiety steel plates in his absence and presence. In the frequency band from 25 up to 10000 Hz value efficiency was ~12 and ~7 DB, respectively. Researched VAC can be recommended for widespread use on any thin-walled structures to reduce vibration and noise.

Keywords: vibration, noise, occupational diseases, effectiveness, plate elements, vibration absorbing coating, film and frequency range

References

1. **Nikiforov A. S.** Akusticheskoe proektirovanie sudovyh konstrukcij. Leningrad: Sudostroenie, 1968. 199 p.
2. **Kirpichnikov V. Yu.** Vibrovzbudimost' konstrukcij i puti eyo umen'sheniya. Saint-Petersburg: Krylovskij gosudarstvennyj nauchnyj centr, 2014. 220 p.
3. **Kirpichnikov V. Yu., Syatkovskij A. I.** Umen'shenie vibracii kon-strukcij tonkimi armirovannymi pokrytiyami na osnove poli-mernoj VPS plyonki. *Materialy VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Zashchita ot povyshennogo shuma i vibracii"*. Saint-Petersburg, 2017. P. 382—389.
4. **Kirpichnikov V. Yu., Koshcheev A. P., Savenko V. V., Smol'nikov V. Yu.** Vliyanie mesta i sposoba ustanovki rezoniruyushchego plastinchatogo vibropoglotitelya na ego ehffektivnost'. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo centra*. Vyp. 2 (380). Saint-Petersburg, 2017. P. 131—136.



Информация

25-я Международная выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты

19—22 марта 2019 • Москва • ЦВК "Экспоцентр" • Павильоны № 2, 8

Выставка технических средств охраны и оборудования для обеспечения безопасности и противопожарной защиты, Securika Moscow (MIPS) — ведущее деловое событие в России и СНГ.

Мероприятие собирает ключевых игроков на рынке технологий и решений в области гражданской безопасности из 25 стран. За статусную аудиторию и разноплановую экспозицию Securika Moscow признают наиболее авторитетной в отрасли.

<http://www.securika-moscow.ru/>

УДК 504.06

Н. М. Макарова, д-р хим. наук, зам. начальника отдела, e-mail: makarova2114@mail.ru, АО "НТЦ "Промышленная безопасность", Москва

Экологическая безопасность системы обращения с отходами на объектах по хранению и уничтожению химического оружия

Представлены результаты анализа существующей на объектах по хранению и уничтожению химического оружия стратегии и структуры управления в области обеспечения экологической безопасности системы обращения с отходами. Эффективность системы управления при обращении с отходами достигается благодаря внедрению информационно-аналитической системы движения отходов, природоохранных мероприятий, направленных на уменьшение видов и количества отходов, технологий их переработки, а также разработки нормативно-методической документации согласно действующему законодательству и проведению производственного контроля и мониторингу мест накопления и размещения отходов.

Ключевые слова: объекты по хранению и уничтожению химического оружия, экологическая безопасность, охрана окружающей среды, система управления экологической безопасностью, промышленные отходы

Изменения в состоянии окружающей среды происходят не только в ходе естественных биосферных процессов, но и в результате антропогенной деятельности человека. Устойчивое развитие промышленности невозможно без создания систем экологического мониторинга, обеспечивающих наблюдение за безопасным функционированием опасных производственных объектов и состоянием компонентов окружающей среды, находящихся в зоне их непосредственного воздействия.

Объекты по хранению и уничтожению химического оружия (объекты УХО) являются одними из наиболее опасных производственных объектов, требующих пристального внимания надзорных органов в области экологической безопасности.

В соответствии с Федеральной целевой программой "Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации" (ФЦП), утвержденной постановлением Правительства РФ от 21 марта 1996 г. № 305 [1], в России были созданы и введены в эксплуатацию семь объектов по хранению и уничтожению химического оружия.

В сентябре 2017 г. Российская Федерация выполнила свои обязательства по уничтожению запасов химического оружия. В дальнейшем планируется выполнение мероприятий по безопасному выводу объектов УХО из эксплуатации, ликвидации последствий их деятельности и

перепрофилированию [1]. Для этих целей Министерством промышленности и торговли разрабатывается подпрограмма "Ликвидация последствий деятельности объектов по хранению и объектов по уничтожению химического оружия в Российской Федерации" на 2019—2024 годы государственной программы РФ "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности".

В рамках ФЦП на всех объектах УХО была создана и к настоящему времени функционирует многоуровневая система обеспечения экологической безопасности, а также высокоэффективная система экологического контроля и мониторинга объектов УХО. Установлена взаимосвязь между физическими закономерностями и статистическими свойствами информации, содержащейся в данных мониторинга, и разработкой технологий обработки этих данных с использованием адаптивного моделирования, которое рассматривается как единый непрерывный процесс получения информации об изменении состояния окружающей среды [2].

Благодаря комплексному подходу к обеспечению безопасности объектов УХО (реализуемая технология уничтожения отравляющих веществ (ОВ), аппаратурное оформление, коммуникации, вспомогательные службы и инфраструктура, многоступенчатая очистка газовоздушных выбросов и сточных вод, мероприятия, направленные на

предупреждение негативного воздействия на окружающую среду, и пр.) в период эксплуатации этих объектов не зарегистрированы, случаи превышения гигиенических нормативов ОБ в окружающей среде в пределах контролируемых населенных пунктов, санитарно-защитных зон и зон защитных мероприятий [3, 4].

Потенциальную опасность после завершения процесса детоксикации ОБ представляют загрязненные остаточными количествами ОБ и/или продуктами их деструкции технологическое оборудование, коммуникации, строительные конструкции, вентиляционные выбросы, а также грунт площадок, предназначенных для накопления отходов и полигоны захоронения отходов (ПЗО) [5].

После завершения работ по уничтожению химического оружия часть оборудования основных производственных линий и некоторые сооружения и коммуникации объектов УХО подлежат обезвреживанию, демонтажу и утилизации, загрязненный грунт — выемке, дегазации и термическому обезвреживанию. При этом существенная часть производственно-технологического комплекса и инфраструктуры объектов УХО остается в рабочем состоянии и может быть использована для других целей.

Технология проведения ликвидационных работ и используемая для этих целей техника не оказывают дополнительного воздействия на окружающую среду по сравнению с работами, проводимыми при уничтожении ОБ, поскольку используется идентичная технология дегазации оборудования, строительных конструкций и образующихся отходов. Для ликвидационных работ задействовано существующее на объекте УХО оборудование, установки и системы очистки [6].

Федеральной целевой программой "Уничтожение запасов химического оружия в РФ" от 21 марта 1996 г. предусмотрены работы по нормативно-методическому обеспечению выполнения требований законодательства в области экологической безопасности:

- разработка и согласование нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в ОС;
- нормативов образования и лимитов размещения отходов на объектах УХО.

Нормирование негативных воздействий на компоненты ОС (атмосферный воздух, природные воды, почву) в сочетании с экологическим контролем и мониторингом является основным инструментом обеспечения экологической безопасности опасных производственных объектов. В процессе функционирования объектов УХО проводится разработка и корректировка нормативно-разрешительной документации в области охраны окружающей среды в соответствии с действующим законодательством [7, 8].

Технологические процессы уничтожения ОБ, ликвидационные мероприятия, а также вспомогательные процессы и хозяйственная деятельность, обеспечивающие функционирование промышленной зоны объекта, сопровождаются образованием отходов I–V классов опасности, которые условно можно подразделить на специфические и общепромышленные. Все отходы закодированы и распределены в федеральном классификационном каталоге отходов по двум основным группам: "Отходы при уничтожении химического оружия и отходы сырья для его производства" (9 67 000 00 00 0) и "Отходы при ликвидации объектов по производству, уничтожению химического оружия" (7 67 000 00 00 0) [9].

В качестве примера в табл. 1 представлено распределение общего количества образуемых отходов на одном из объектов УХО по классам опасности (по состоянию на сентябрь 2017 г.). Всего на объекте образуется 49 видов отходов I–V классов опасности [10]. Основной вклад в годовое образование отходов вносят отходы IV класса опасности.

Отходы накапливаются и размещаются в соответствии с установленными требованиями [11]. При этом селективный сбор и накопление отдельных разновидностей отходов осуществляется раздельно в целях их дальнейшего транспортирования, обезвреживания, утилизации, размещения. Условия накопления отходов определены в соответствии с их классом опасности, химическим составом, технологическими и физико-химическими характеристиками. Отходы подлежат накоплению с последующей передачей лицензированным предприятиям с целью использования, обезвреживания и размещения.

К основным способам и методам ликвидации опасных и токсичных промышленных отходов относятся обезвреживание, сжигание, уничтожение и захоронение [12].

Использование технологий переработки и утилизации отходов и промежуточных продуктов, образовавшихся при уничтожении химического

Таблица 1

Распределение общего количества отходов на объекте УХО по классам опасности

№ п/п	Класс опасности отходов	Число видов отходов	Число видов отходов, %
1	I	1	0,03
2	II	1	0,02
3	III	12	9,21
4	IV	29	90,1
5	V	6	0,64
Всего		49	100



оружия, экономически приемлемых и полностью исключают или в максимальной степени снижающих негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду, является результатом системы экологического менеджмента, внедренного в деятельность объектов. К основным преимуществам методов относятся уменьшение класса опасности и количества отходов, а также возможность дальнейшей утилизации вторичных отходов.

В результате термического обезвреживания твердых отходов (отработанных угля активированного, оксида алюминия, технологической тары, корпусов боеприпасов, угольных фильтров, средств индивидуальной защиты, обтирочного материала, отходов от лабораторий, упаковочных материалов и др.) образуются вторичные отходы (шлак (зола) от сжигания твердых отходов, окалина из камеры охлаждения, оксид алюминия и металл обезвреженные).

Необходимо отметить, что накопленные промежуточные продукты уничтожения ОВ (реакционные массы, водно-солевые концентраты и пр.) также обезвреживаются в ходе ликвидационных работ по соответствующим технологиям (битумирование, капсулирование с бетонированием, термическое обезвреживание). Сточные и промывные воды, дегазирующие растворы основного производства перерабатываются до полного отсутствия или требуемого уровня остаточного содержания ОВ. При этом применяются дегазация, упаривание, реагентная обработка, сушка.

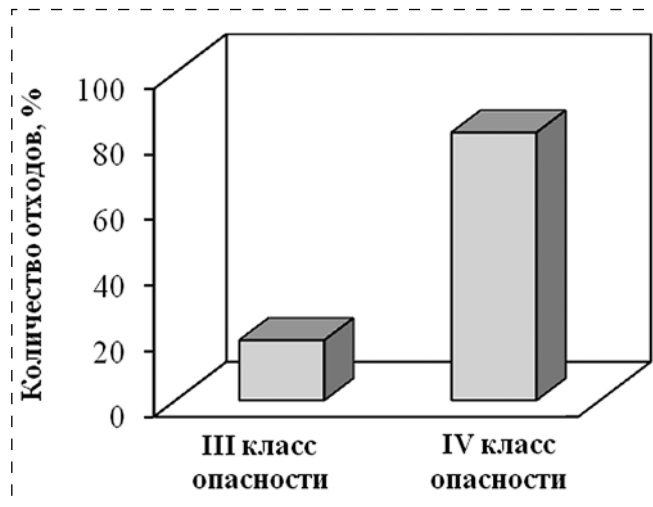
Основными направлениями движения конечных отходов на объекте УХО являются:

— не утилизируемые специфические отходы (85,1 %), которые размещаются (захораниваются) на собственном ПЗО (кроме отходов, содержащих черные и цветные металлы);

— общепромышленные отходы (14,9 %), передаваемые по договорам специализированным лицензированным предприятиям.

На собственном ПЗО размещаются отходы III–IV классов опасности для окружающей среды (см. рисунок). Полигон захоронения отходов соответствует экологическим, строительным и санитарным нормам и правилам: размещение отходов осуществляется с учетом классов опасности, агрегатного состояния отходов, проводится режимное наблюдение за состоянием окружающей среды и в соответствии с планами-графиками ведется постоянный мониторинг компонентов окружающей среды (атмосферного воздуха, подземных вод, почвы, снежного покрова, поверхностных ливневых вод).

Основными видами деятельности обращения с отходами, передаваемыми специализированным лицензированным предприятиям, являются обезвреживание, утилизация, размещение, а также переработка отходов (табл. 2).



Количество размещаемых на ПЗО отходов в соответствии с их классами опасности

Таблица 2

Направления движения отходов и количеству отходов, передаваемых на переработку

№ п/п	Виды деятельности с отходами	Число видов отходов	Число видов отходов, %
1	Обезвреживание	10	0,79
2	Утилизация	2	2,33
3	Размещение	13	93,21
4	Переработка (Вторчермет)	3	3,67
Всего		28	100

На объектах УХО используются современные методы переработки отходов и промежуточных продуктов, направленные на снижение их количества и класса опасности.

Разработанные принципы экологического моделирования и нормирования могут быть положены в основу создания эффективных систем экологической безопасности как на других опасных производственных объектах, так и в зоне их потенциального воздействия на компоненты окружающей среды. Имеющиеся на объектах УХО системы обеспечения экологической безопасности являются важным фактором при определении стратегии их перепрофилирования после окончания эксплуатации и дальнейшем использовании производственного потенциала объектов.

Список литературы

1. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 21 марта 1996 № 305 Об утверждении Федеральной целевой программы "Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации" (ред. от 27.03.2018).
2. **Экологический мониторинг** опасных промышленных объектов — опыт создания и перспективы развития (на примере систем экологического контроля и мониторинга объектов по уничтожению химического оружия) / В. П. Капашин и др. — М.: Научная книга, 2010. — 526 с.

3. **Холстов В. И.** Уничтожение химического оружия — 3 этап // Теоретическая и прикладная экология. — 2010. — № 1. — С. 4—18.
4. **Система** государственного экологического контроля и мониторинга в районах уничтожения химического оружия и система производственного экологического мониторинга объектов по хранению и уничтожению химического оружия: направления дальнейшего использования / В. А. Круглов и др. // Теоретическая и прикладная экология. — 2016. — № 4. — С. 46—55.
5. **Научно-методические основы** медико-санитарного обеспечения безопасности работ по выводу из эксплуатации и ликвидации последствий деятельности объектов хранения и уничтожения химического оружия / Б. Н. Филатов и др. // Теоретическая и прикладная экология. — 2011. — № 4. — С. 65—70.
6. **Подготовка** проектной документации на проведение работ по ликвидации последствий деятельности объекта по хранению и объекта по уничтожению химического оружия. Проектная документация. ОАО "СоюзпромНИИ-проект". — М., 2014.
7. **Федеральный закон** от 10.01.2002 № 7-ФЗ. "Об охране окружающей среды" (ред. от 31.12.2017).
8. **Федеральный закон** от 24.06.1998 № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" (ред. от 31.12.2017).
9. **Приказ Росприроднадзора** от 22.05.2017 № 242 "Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов" (ред. от 28.11.2017).
10. **Проект** нормативов образования отходов и лимитов на их размещение для промышленной зоны филиала Федерального бюджетного учреждения "Федеральное управление по безопасному хранению и уничтожению химического оружия при Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации (войсковая часть 70855)", 2017.
11. **СанПиН 2.1.7.1322-03** Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления // Российская газета. — 2003. — 28 мая.
12. **Способы** ликвидации опасных и токсичных промышленных отходов / В. П. Капашин и др. // Теоретическая и прикладная экология. — 2017. — № 4. — С. 49—53.

N. M. Makarova, Deputy Head of Department, e-mail: makarova2114@mail.ru, JSC "STC "Industrial Safety", Moscow

Environmental Safety of the Waste Management System for the Storage and Destruction of Chemical Weapons

The results of the analysis of the strategies and management structure in the field of environmental safety of the waste treatment system at the storage and destruction of chemical weapons are presented. The effectiveness of the waste management system is achieved through the introduction of an information and analytical waste treatment system, environmental measures aimed at reducing the types and amounts of industrial waste products, waste processing technologies, and developing normative and methodological documentation in accordance with the current legislation and conducting production control and monitoring of waste stockpiling and placing. The main methods of processing dangerous and toxic waste from the destruction of chemical weapons are thermal destruction and neutralization by appropriate technologies (bituminization, encapsulation with concreting, etc.). These methods reduce the class of hazard and quantity of waste, and also allow the further disposal of secondary waste. The environmental safety systems available at chemical weapons destruction plants are an important factor in determining the future strategy for their re-profiling.

Keywords: plants for storage and destruction of chemical weapons, environmental safety, environmental protection, environmental safety management system, industrial waste

References

1. **Postanovlenie** Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 21 marta 1996 No. 305 "Ob utverzhdenii Federal'noj celevoj programmy "Unichtozhenie zapasov himicheskogo oruzhiya v Rossijskoj Federacii" (red. ot 27.03.2018).
2. **Ehkologicheskij monitoring** opasnyh promyshlennyh ob"ektov — opyt sozdaniya i perspektivy razvitiya (na primere sistem ehkologicheskogo kontrolya i monitoringa ob"ektov po unichtozheniyu himicheskogo oruzhiya) / V. P. Kapashin et al. Moscow: Nauchnaya kniga, 2010. 526 p.
3. **Holstov V. I.** Unichtozhenie himicheskogo oruzhiya — 3 ehtap. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*. 2010. No. 1. P. 4—18.
4. **Sistema** gosudarstvennogo ehkologicheskogo kontrolya i monitoringa v rajonah unichtozheniya himicheskogo oruzhiya i sistema proizvodstvennogo ehkologicheskogo monitoringa ob"ektov po hraneniyu i unichtozheniyu himicheskogo oruzhiya: napravleniya dal'nejshego ispol'zovaniya / V. A. Kруглов et al. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*. 2016. No. 4. P. 46—55.
5. **Nauchno-metodicheskie osnovy** mediko-sanitarnogo obespecheniya bezopasnosti rabot po vyvodu iz ehkspluatcii i likvidacii posledstvij deyatel'nosti ob"ektov hraneniya i unichtozheniya himicheskogo oruzhiya / B. N. Filatov et al. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*. 2011. No. 4. P. 65—70.
6. **Podgotovka** proektnoj dokumentacii na provedenie rabot po likvidacii posledstvij deyatel'nosti ob"ekta po hraneniyu i ob"ekta po unichtozheniyu himicheskogo oruzhiya. Proektnaya dokumentaciya. ОАО "SoyuzpromNIIProekt". Moscow, 2014.
7. **Federal'nyj zakon** ot 10.01.2002 No. 7-FZ "Ob ohrane okruzhayushchej sredy" (red. ot 31.12.2017).
8. **Federal'nyj zakon** ot 24.06.1998 No. 89-FZ "Ob othodah proizvodstva i potrebleniya" (red. ot 31.12.2017).
9. **Prikaz** Rosprirodnadzora ot 22.05.2017 No. 242 "Ob utverzhdenii Federal'nogo klassifikacionnogo kataloga othodovred" (red. ot 28.11.2017).
10. **Proekt** normativov obrazovaniya othodov i limitov na ih razmeshchenie dlya promyshlennoj zony filiala Federal'nogo byudzhethnogo uchrezhdeniya "Federal'noe upravlenie po bezopasnomu hraneniyu i unichtozheniyu himicheskogo oruzhiya pri Ministerstve promyshlennosti i torgovli Rossijskoj Federacii (vojskovaya chast' 70855)", 2017.
11. **SanPiN 2.1.7.1322-03** Gигиенические trebovaniya k razmeshcheniyu i obezvrezhivaniyu othodov proizvodstva i potrebleniya. *Rossijskaya gazeta*. 2003. 28 maya.
12. **Sposoby** likvidacii opasnyh i toksichnyh promyshlennyh othodov / V. P. Kapashin et al. *Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya*. 2017. No. 4. P. 49—53.



УДК 662.61.074:665.6

В. Д. Катин, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры, e-mail: bgd@festu.khv.ru, Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, проф. кафедры, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, **С. В. Булгаков**, канд. техн. наук, доц., доц. кафедры, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Проблемы повышения экологической безопасности нефтеперерабатывающих производств и пути их решения

Рассмотрены актуальные вопросы повышения экологической безопасности эксплуатации нефтезаводских трубчатых печей с учетом действующего Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды". Дан анализ современных методов сокращения вредных выбросов в атмосферу при сжигании газообразного и жидкого топлива в технологических печах и котлоагрегатах. Рекомендованы малоотходные технологии сжигания газа и мазута для печного парка с точки зрения экологической эффективности. Разработаны и предложены авторские технические решения по созданию новой малотоксичной конструкции газомазутного горелочного устройства типа ГП, устройства для сжигания жидкого топлива и двухступенчатого сжигания топлива в нефтезаводских печах, защищенные патентами на изобретение и полезные модели.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающие производства, технологические трубчатые печи, экологическая безопасность, двухступенчатое сжигание топлива, малоотходные технологии, выбросы вредных веществ, оксиды азота, диоксид серы, рециркуляция дымовых газов

Введение

Современные технологии создают экологический риск. Наиболее острой в настоящее время является проблема повышения экологической безопасности различных производств, в том числе нефтеперерабатывающих. В связи с этим установленные в Федеральном законе от 10.01.2002 № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" экологические требования к техническим устройствам и технологическим процессам становятся доминирующими [1]. В данных условиях решение проблемы экологической безопасности нефтеперерабатывающих производств требует строго научного подхода, разработки четких научно обоснованных нормативов, точной оценки степени и характера отрицательного влияния тех или иных техногенных факторов на состояние окружающей среды, обоснования критериев экологичности работы технологического оборудования на предприятиях отрасли. Для ученых — это обоснование и разработка малоотходных технологий с дальнейшим внедрением в производство, а для практиков — осуществление на деле природоохранных мероприятий, направленных на уменьшение загрязнения окружающей среды, прежде всего атмосферы.

Нефтеперерабатывающие производства являются потенциальными и реальными источниками негативного воздействия на природную среду в виде загрязнения атмосферного воздуха.

Весьма опасны для среды обитания человека выбросы различных вредных веществ. По данным Госкомстата РФ нефтеперерабатывающими заводами (НПЗ) выбрасывается в атмосферу более 1500 тыс. т загрязняющих веществ, в том числе: углеводородов — 1182; оксидов серы — 232; оксидов азота — 27; оксида углерода — 112; твердых частиц — 14 и прочих — 16 тыс. т. Удельные выбросы вредных веществ в воздушный бассейн в целом по заводам отрасли составили, кг/т нефти: углеводородов — 3,83; оксиды серы, азота и углерода, соответственно 0,79, 0,09; 0,41. Основными источниками загрязнения воздуха на НПЗ являются: трубчатые технологические печи — 50 %; реакторы технологических установок — 12 %; битумные установки — 9 %; факелы — 29 % [2, 3]. Следовательно, наряду с факельными устройствами нефтезаводские печи являются главными загрязнителями атмосферного воздуха.

Следует отметить, что вопросы охраны атмосферы на НПЗ решаются пока не в полной мере и это можно объяснить тем, что существующие методы проектирования и эксплуатации технологических печей основаны, главным образом, на обеспечении производства целевых нефтепродуктов без комплексного учета качественного и количественного состава сопутствующих вредных выбросов в воздушный бассейн. В целях выхода из создавшейся сложной экологической ситуации в нефтепереработке для каждого предприятия

разработаны нормы ПДВ в атмосферу. В то же время анализ работы НПЗ показал, что на многих НПЗ имеется превышение фактических выбросов над установленными нормами. Внедрение мероприятий по охране атмосферного воздуха, обеспечивающих снижение выбросов вредных веществ, в настоящее время должно стать приоритетной задачей как энергетических, так и экологических служб НПЗ.

Постановка проблемы в части энергетической и экологической политики на НПЗ

В соответствии с "Энергетической стратегией России до 2030 года" определены критерии экологической безопасности по снижению удельных показателей выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух предприятиями энергетического сектора (в процентах к 2005 г.) с разбивкой на этапы: 1-й этап (2010—2015 гг.) не менее 25 %, 2-й этап (2016—2020 гг.) не менее 40 % и 3-й этап (2021—2030 гг.) не менее 50 %.

Целью государственной энергетической политики в сфере обеспечения экологической безопасности является последовательное ограничение нагрузки топливно-энергетического комплекса на окружающую среду путем снижения выбросов загрязняющих веществ печным парком в воздушный бассейн. Для реализации экологической безопасности функционирования энергетического сектора будут применяться следующие основные меры государственной энергетической политики: стимулирование условий для внедрения экологически чистых энергоэффективных и малоотходных технологий при использовании топливно-энергетических ресурсов; ужесточение контроля за соблюдением экологических требований при реализации инвестиционных проектов в энергетике и эксплуатации теплоэнергетических объектов: котлов и печей [4].

Кроме того, распоряжением Правительства № 398-р от 19.03.2014 года утвержден ряд мер, направленных на отказ от использования устаревших технологий и переход на наилучшие доступные технологии и их внедрение, что согласуется с действующим Федеральным законом от 10.01.2002 № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды". Следует отметить, что по г. Хабаровску Постановлением № 4440 от 01.11.2013 утверждена Муниципальная программа "Улучшение экологического состояния г. Хабаровска на 2014—2018 годы", одной из приоритетных задач которой является сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу города до 35 тыс. т в год, в том числе за счет внедрения воздухоохраных мероприятий.

В связи с этим проектные организации нефтегазовой отрасли нуждаются в нормативных

и руководящих указаниях по проектированию топливосжигающих устройств с минимальным выбросом вредных веществ в продуктах сгорания, в том числе оксидов азота, как наиболее токсичных компонентов. Нельзя не отметить, что изучению различных методов подавления вредных веществ при эксплуатации промышленных котлов и печей на традиционных видах топлива (природном газе и мазуте) посвящены многочисленные исследования [5—7], а применительно к трубчатым печам НПЗ, работающим на нефтезаводских газах, исследований пока недостаточно. Проблема эффективного сжигания собственных горючих газов нефтепереработки в технологических печах без использования природного газа является в современных условиях весьма актуальной и практически значимой.

Анализ подходов к решению проблемы повышения экологической безопасности эксплуатации печного парка НПЗ

Как показывает обзор литературных данных по проблеме исследования, борьба с выбросами вредных веществ при сжигании топлива может осуществляться по следующим направлениям: подавление образования загрязняющих веществ непосредственно в процессе горения топлива, очистка топлива и продуктов его сгорания от вредных примесей [8, 9].

Однако приоритетными подходами к решению поставленной задачи могут быть модернизация действующих и разработка новых энергосберегающих установок на базе малоотходных технологий сжигания топлива [10]. Любая экологизированная технология направлена на максимальное сокращение вредных выбросов в воздушный бассейн. Известно, что выбросы вредных веществ (CO , C_mH_n , C) органического происхождения могут быть сведены к минимуму полнотой сжигания топлива. В то же время подобным методом нельзя сократить выбросы оксидов азота (NO_x), а они содержатся в достаточном количестве в дымовых газах печей даже при полном сгорании топлива.

Способы снижения выбросов оксидов азота путем изменения топочного процесса в нужном направлении достаточно эффективны и не требуют каких-либо значительных дополнительных вложений в отличие от методов, предусматривающих дорогостоящую очистку продуктов сгорания. В теплоэнергетике имеется положительный опыт использования малоотходных технологий эксплуатации котлоагрегатов с помощью рациональных методов сжигания топлива. Для подавления образования NO_x в топочных камерах котлов устанавливаются малотоксичные горелки



Экологическая эффективность (%) снижения выбросов оксидов азота при использовании малоотходных технологий сжигания газа и мазута

Наименование малоотходной технологии сжигания топлива	Газ	Мазут
1. Снижение коэффициента избытка воздуха α до 1,5...1,05	33	33
2. Рециркуляция части дымовых газов	33	33
3. Подача пара или воды в зону горения	10	10
4. Двухступенчатое сжигание топлива	50	40
5. Рециркуляция части дымовых газов при малых α	80	70

с низким выбросом оксидов азота, снижается до предельных значений подача окислителя в топку; вводятся в зону горения рециркулирующие дымовые газы, вода или пар; организуется двухступенчатое сжигание топлива, в том числе с применением специальных конструкций горелочных устройств со ступенчатым подводом воздуха на горение, описанных в работах [7, 8]. Данные об эффективности различных способов сокращения образования оксидов азота (%) в котлах представлены в таблице [8].

Пути повышения экологической безопасности сжигания газа и мазута в нефтезаводских печах

Рекомендуемые малоотходные технологии сжигания топлива реально применимы и на НПЗ, тем более что все возможности для этого имеются. Для мероприятий по подавлению образования NO_x в продуктах горения трубчатых печей необходима разработка рекомендаций для проектировщиков и эксплуатационников по экологической эффективности и особенностям использования указанных методов применительно к нефтезаводским печам с учетом их конструктивных особенностей. Механический перенос какого-либо метода с котлоагрегата на трубчатую печь без учета технологических и конструктивных характерных параметров не дает ожидаемого экологического эффекта [9].

В связи с этим практические возможности внедрения на НПЗ рекомендуемых способов необходимо рассматривать комплексно с учетом протекания в топках трубчатых печей взаимосвязанных процессов горения, теплообмена и образования не только NO_x , но и сопутствующих загрязняющих веществ и в продуктах горения. Чаще всего на практике при эксплуатации печей для подавления образования оксидов азота используют простой и наиболее доступный метод снижения избытка воздуха в топке. Однако в то же время появляется опасность загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода, сажей и

углеводородами. Поэтому уменьшение избытка воздуха как метод сокращения выбросов NO_x в печных агрегатах можно рекомендовать при условии хорошего смесеобразования и в сочетании с дожиганием продуктов химической неполноты сгорания в хвосте факела [10].

Кроме того, есть способы, эффективно снижающие выход NO_x в печах коробчатого типа с большим топочным объемом. Однако они практически не применимы для печей с малыми топками, например, с цилиндрической топкой. Для последних недопустимо использование рециркуляции части продуктов сгорания в топку, поскольку наряду с подавлением NO_x , резко увеличиваются выбросы продуктов неполного сгорания топлива. В подобных печах, довольно широко распространенных на отечественных НПЗ, целесообразно применение способа интенсивного охлаждения факела путем увеличения степени экранирования топки или других способов интенсификации теплообмена.

Заслуживает практического интереса для внедрения на НПЗ разработанная авторами принципиально новая конструкция горелочного устройства типа ГП, в которой используется метод рециркуляции части дымовых газов, подаваемых в топку печи для снижения вредных выбросов оксидов азота [11]. Конструкция предлагаемого горелочного устройства и подробное описание его работы рассмотрено в работе [12]. Существенным отличием нового горелочного устройства от известных аналогов является то, что оно оборудовано специальным каналом с заслонкой, через который в отверстие амбразуры горелки подаются рециркулирующие дымовые газы, что позволяет дополнительно сократить выбросы токсичных оксидов азота на 15...20 % [11, 12]. Аналогично данный принцип рециркуляции части продуктов сгорания в топку трубчатой печи применен в устройстве для сжигания жидкого топлива, защищенным патентом [13].

Согласно техническому решению устройство содержит последовательно соединенные трубопровод подачи жидкого топлива, фильтр, установленный на трубопроводе для удаления из жидкого топлива механических примесей, насос для перекачивания жидкого топлива по трубопроводу, диспергатор, трубчатую печь с форсункой и топкой, дымовую трубу, соединенную через дымоход с теплоутилизирующим агрегатом, участок трубопровода подачи жидкого топлива, примыкающий к печи, проложенный в канале дымохода.

Предлагаемое устройство отличается от аналогов тем, что оно дополнительно снабжено рециркулирующим дымососом, соединенным с помощью дымового канала с дымовой трубой и топкой технологической печи [13]. Благодаря

этому отличительному признаку существенно снижаются выбросы оксидов азота при сжигании жидкого топлива. Это объясняется тем, что наличие инертных компонентов в дымовых газах, в частности азота, снижает концентрацию реагирующих веществ и уменьшает скорость цепных реакций в ядре факела. Дополнительным фактором, влияющим на снижение образования термических оксидов азота, является высокое содержание в рециркулирующих дымовых газах диоксида углерода и паров воды. Эти компоненты имеют высокую теплоемкость (особенно пары воды) и эффективно снижают температуру ядра факела горения, сокращая образование "термических" оксидов азота.

Что касается способа двухступенчатого горения топлив, то нельзя не отметить усовершенствование данной малоотходной технологии сжигания нефтезаводских топливных газов в технологических печах с многоярусной компоновкой горелочных устройств по высоте топки. Авторами разработан и апробирован на Хабаровском НПЗ на установке каталитического риформинга новый способ сжигания топлива, который был защищен патентом на изобретение [14]. Топливосжигающее устройство для реализации предлагаемого двухступенчатого способа содержит топку, комбинированные горелки, расположенные в два яруса по высоте топки, трубопроводы подачи топливного газа и воздуха, подаваемых при горении (см. рисунок).

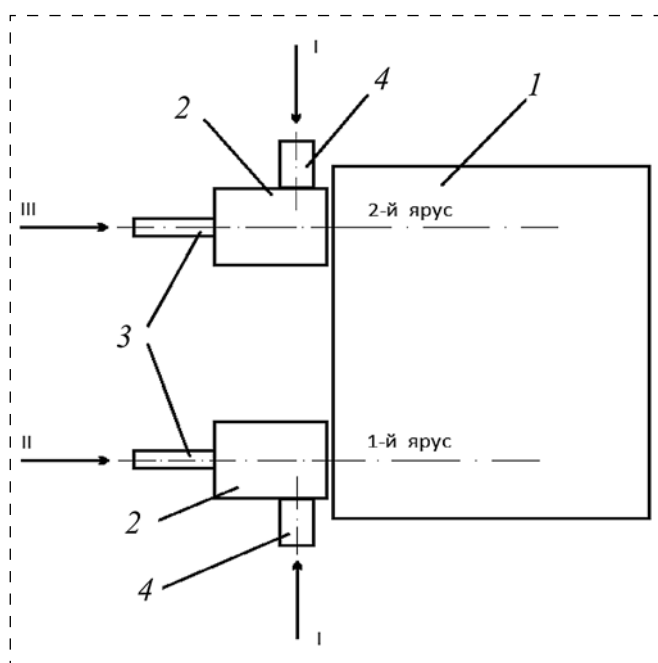


Схема устройства для реализации нового способа сжигания нефтезаводских газов в режиме двухступенчатого горения (патент № 2288404):

1 — топка печи; 2 — горелочные устройства; 3 — трубопроводы для подачи топлива; 4 — трубопроводы для подачи воздуха; I — поток воздуха; II, III — потоки нефтезаводских газов

Новая технология двухступенчатого сжигания топлива осуществляется следующим образом. При сжигании топливо делят на потоки. В горелки первого яруса горения по трубопроводу подают пропан-бутановый газ и по другому трубопроводу воздух с коэффициентом избытка $0,85...0,95$ ($\alpha_1 < 1$). В горелки второго яруса горения подают воздух с коэффициентом избытка $1,3...1,35$ ($\alpha_2 > 1$) и горючий газ, который сжигается в топочной камере трубчатой печи [14]. Выгорание пропан-бутанового газа в первой зоне протекает при пониженном количестве воздуха и более низкой температуре, что снижает выход "термических" оксидов азота. Снижение образования оксидов азота и продуктов неполного сгорания во второй зоне обеспечивается за счет подачи холодного воздуха, понижающего температуру в этой зоне.

Следует отметить, что двухступенчатое сжигание топлива представляет практический интерес и для одновременного подавления образования серного ангидрида, что повышает надежность эксплуатации котлов-утилизаторов и воздухоподогревателей, работающих в блоке с печными агрегатами. Данная технология может быть рекомендована для внедрения и на других НПЗ при двухступенчатом сжигании топлива в аналогичных по конструкции трубчатых печах. Авторами совместно с техническим персоналом установки каталитического риформинга Хабаровского НПЗ были проведены испытания нового способа двухступенчатого сжигания нефтезаводских газов, которые показали положительный экологический эффект.

Заслуживает внимания и практического применения на заводах отрасли замена жидкого топлива для сжигания в тепловых агрегатах на газообразное (собственные побочные газы нефтепереработки). Что касается последнего воздухоохранного мероприятия, то на Хабаровском НПЗ в результате перевода котельной и технологических печей установок на нефтезаводские газы был реально снижен выброс диоксида серы на 4255 т/год [2].

Заключение

Итак, приоритетным путем повышения экологической безопасности нефтезаводских печей становится подавление образования токсичных продуктов сгорания в топках. Поэтому рекомендуется для каждого типа и конструкции трубчатой печи определить рациональный метод малоотходной технологии сжигания топлива. В связи с этим для кардинального решения проблемы повышения экологической безопасности на предприятиях нефтепереработки необходим практический курс на широкое внедрение малоотходных технологий



эксплуатации печей. Рекомендуется продолжать экологические исследования в целях выбора экономичных и оптимальных способов и устройств, повышающих экологическую безопасность сжигания топлива в трубчатых печах НПЗ.

Список литературы

1. **Федеральный закон** от 10.01.2002 № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды".
2. **Катин В. Д.** Методы сокращения вредных выбросов в атмосферу на нефтеперерабатывающих заводах // *Безопасность в техносфере*. — 2009. — № 1. — С. 50—52.
3. **Катин В. Д., Вольхин И. В.** Малоотходные и ресурсосберегающие технологии сжигания топлива на НПЗ. — Владивосток: Дальнаука, 2013. — 199 с.
4. **Донской С. Е.** Охрана окружающей среды: программа до 2020 года // *Экология производства*. — 2012. — № 12. — С. 3—10.
5. **Жидков А. Б.** Трубчатые нагревательные печи нефтепереработки и нефтехимии. — СПб.: Артпроект, 2015. — 104 с.
6. **Соркин Я. Г.** Безотходное производство в нефтеперерабатывающей промышленности. — М.: Химия, 1999. — 200 с.

7. **Булгаков С. В., Катин В. Д.** Повышение экологической эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в котельных и на транспорте. — Хабаровск: ТОГУ, 2015. — 147 с.
8. **Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н.** Справочник по котельным установкам малой производительности. — М.: Энергоатомиздат, 1999. — 488 с.
9. **Сигал И. Я.** Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — СПб.: Недра, 2007. — 269 с.
10. **Катин В. Д., Бойко В. А.** Защита атмосферного воздуха при малоотходных методах сжигания мазута и газов в котлах и печах. — Владивосток: Дальнаука, 2012. — 190 с.
11. **Патент № 158820.** Россия, МКИ F23D 17/00. Газомазутная горелка / Березуцкий А. Д., Катин В. Д. Опубл. 20.01.2016. Бюл. № 2.
12. **Катин В. Д., Березуцкий А. Д.** Новое газомазутное горелочное устройство с малым выбросом оксидов азота для нефтезаводских печей // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2018. — № 2. — С. 43—46.
13. **Патент № 169530.** Россия, МКИ F23C 9/00. Устройство для сжигания жидкого топлива / Катин В. Д., Вольхин И. В. Опубл. 22.03.2017. Бюл. № 9.
14. **Патент № 2288404.** Россия, МКИ F23D 99/00. Способ сжигания топлива. / Катин В. Д., Пайметов Н. Г. Опубл. 27.11.2006. Бюл. № 33.

V. D. Katin, Professor of Chair, e-mail: bgd@festu.khv.ru, Eastern State University of Railway Engineering, Khabarovsk, Professor of Chair, Pacific State University, Khabarovsk, **S. V. Bulgakov**, Associate Professor, Pacific State University, Khabarovsk

Problems of Improving Environmental Safety of Oil Refineries and Solutions

The article deals with topical issues of improving the environmental safety of operation of oil refinery tubular furnaces, taking into account the current Federal law "on environmental protection". The analysis of modern methods of reducing harmful emissions into the atmosphere by burning gaseous and liquid fuels in process furnaces and boilers. Low-waste technologies of gas and fuel oil combustion for the furnace Park in terms of environmental efficiency are recommended. Developed and proposed the author's technical solutions for the creation of a new low-toxic design of the gas-oil burner type GP, devices for burning liquid fuel and two-stage combustion of fuel in oil refinery furnaces, protected by patents for the invention and utility models.

Keywords: oil refineries, technological tubular furnaces, environmental safety, two-stage fuel combustion, low-waste technologies, emissions of harmful substances, nitrogen oxides, sulfur dioxide, flue gas recirculation

References

1. **Federal law** of 10.01.2002 No. 7-FZ "On environmental protection".
2. **Katin V. D.** Methods of reducing harmful emissions into the atmosphere at oil refineries. *Safety in technosphere*. 2009. No. 1. P. 50—52.
3. **Katin V. D., Vol'hin I. V.** Low-waste and resource-saving technologies of fuel combustion at refineries. Vladivostok: Dalnauka, 2013. 199 p.
4. **Donskoj S. E.** Environmental protection: programme until 2020. *Ecology of production*. 2012. No. 12. P. 3—10.
5. **Zhidkov A. B.** Tubular heating furnaces for oil refining and petrochemicals. Saint-Petersburg: Artproekt, 2015. 104 p.
6. **Sorokin Ya. G.** Waste-free production in the oil refining industry. Moscow: Chemistry, 1999. 200 p.
7. **Bulgakov S. V., Katin V. D.** Improving the environmental efficiency of fuel and energy resources in boilers and transport. Khabarovsk: Pacific national University, 2015. 147 p.

8. **Roddatis K. F., Poltaretskij A. N.** Guide to boiler plants of low productivity. Moscow: Energoatomizdat, 1999. 488 p.
9. **Sigal I. Ya.** Protection of the air basin during fuel combustion. Saint-Petersburg: Nedra, 2007. 269 p.
10. **Katin V. D., Bojko V. A.** Protection of atmospheric air at low-waste methods of burning fuel oil and gases in boilers and furnaces. Vladivostok: Dalnauka, 2012. 190 p.
11. **Patent No. 158820.** Russia, MКИ F23D 17/00. Gas-oil burner. / Berезutski A. Yu., Katin V. D. Publ. 20.01.2016. Bull. No. 2.
12. **Katin V. D., Berезutski A. Yu.** New gas-oil burner device with low emission of nitrogen oxides for oil refinery furnaces. *Life safety*. 2018. No. 2. P. 43—46.
13. **Patent No. 169530.** Russia, MКИ F23C 9/00. Device for burning liquid fuel / Katin V. D., Vol'hin I. V. Publ. 22.03.2017. Bull. No. 9.
14. **Patent No. 2288404.** Russia, MКИ F23D 99/00. Method of fuel combustion. / Katin V. D., Pajmetov N. G. Publ. 27.11.2006. Bull. No. 33.

УДК 614.843

М. Р. Шавалеев¹, канд. хим. наук, преп., e-mail: marat-shavaleev@mail.ru,
М. П. Дальков¹, д-р геогр. наук, проф., **Н. М. Барбин**^{1, 2, 3}, д-р техн. наук, вед.
науч. сотр., **А. В. Пешков**¹, канд. техн. наук, начальник отдела

¹ Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург

² Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург

³ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

Мобильная установка получения компрессионной пены для тушения пожаров

Рассмотрена встраиваемая в рукавную линию пожарной техники установка для получения компрессионной пены, описана ее конструкция. Установка позволяет получать компрессионную пену для тушения пожаров с помощью серийной пожарной техники.

Ключевые слова: установка, компрессионная пена, конструкция установки

Известный факт, что эффективность воды как огнетушащего вещества составляет ориентировочно 10 %, для ландшафтных пожаров не более 5 % [1]. Таким образом, фактически более 90 % воды можно считать излишне пролитой, что влечет за собой значительный косвенный ущерб, который в некоторых случаях превышает размер прямого ущерба от самого пожара.

Производителями пожарной техники, учебными и научными заведениями системы МЧС России и другими организациями предложены как альтернативные огнетушащие вещества (компрессионная пена, "сухая вода" и т. д.), так и применение воды с повышенными огнетушащими параметрами (например, температурно-активированная вода, мелкодисперсная вода). Каждое техническое решение имеет преимущества и недостатки, в частности большая цена и необходимость переоборудования (дооснащения) пожарных автомобилей, систем автоматического пожаротушения и т. д.

По мнению авторов, наиболее оптимальным решением является использование компрессионной пены, которая более чем за 30 лет применения хорошо себя зарекомендовала в нашей стране и за рубежом и имеет ряд значительных преимуществ [2, 3]:

- сокращение времени тушения пожара в 5–7 раз;
- снижение расхода воды в 5–15 раз;
- минимальная реакция струи и легкость удержания пожарного ствола при подаче тушащего агента;
- малый вес рукава, заполненного пеной, что облегчает перемещение ствола;

— возможность подачи пены по сухотрубу на большую высоту (до 250 м) при давлении в системе 10 атм (для воды не более 100 м);

— низкое парообразование, что приводит к улучшению видимости при тушении пожара, повышению точности подачи пены и снижению риска ожогового травматизма пожарных;

— низкая теплопроводность пены облегчает работу пожарных в условиях низких температур (до –60 °С).

Однако массовое внедрение компрессионной пены в настоящее время практически невозможно из-за необходимости переоборудования автоцистерн с установкой дорогостоящего оборудования (компрессор, пульт управления, емкости, дозирующие устройства и т. д.).

В целях широкого оснащения парка имеющихся пожарных автомобилей для получения компрессионной пены предлагается модернизированная встраиваемая установка [4–7]. Внешний вид встраиваемой установки получения компрессионной пены представлен на рис. 1 (см. 3-ю стр. обложки).

Подача компрессионной пены средней кратности от ручного пожарного ствола РСК-50 показана на рис. 2 (см. 3-ю стр. обложки). Образующая при этом пена средней кратности показана на рис. 3 (см. 3-ю стр. обложки).

Установка получения компрессионной пены (рис. 4) включает вставку в рукавную линию пожарного автомобиля в виде металлической трубы длиной порядка 500 мм, диаметром 75 мм, на концах которой закреплены соединительные головки ГМ-80 1 и 2 для подсоединения напорных

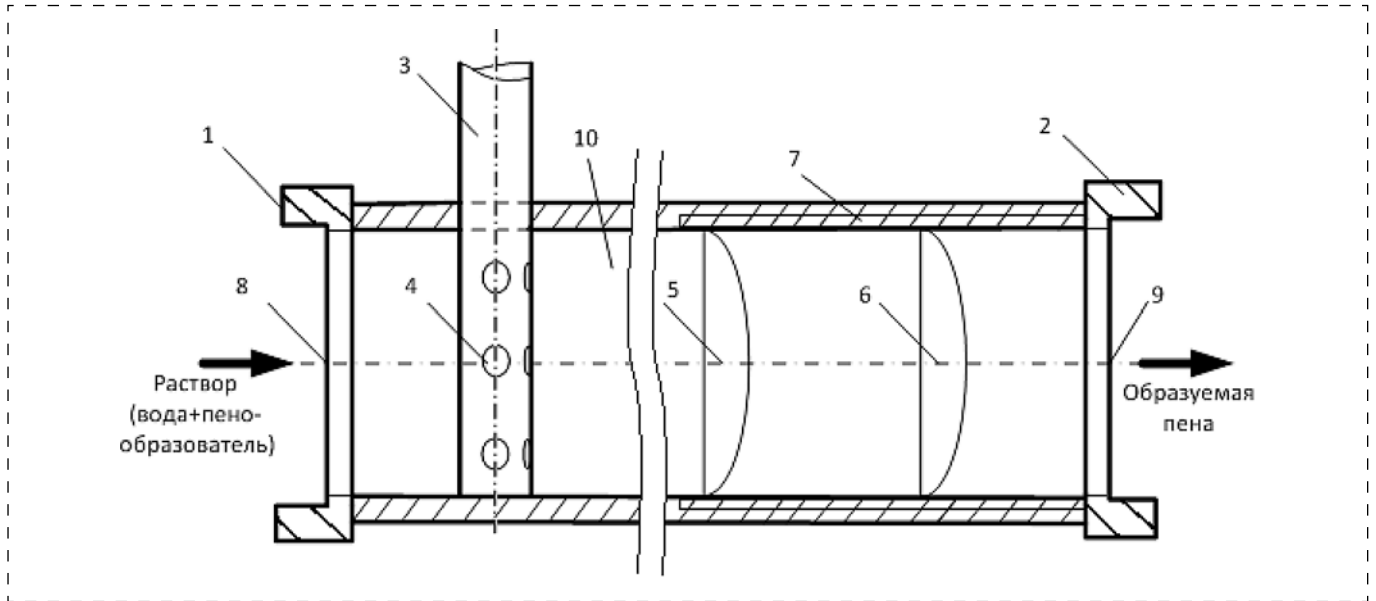


Рис. 4. Установка получения компрессионной пены

пожарных рукавов диаметром проходного сечения 77 мм. На расстоянии 50 мм от впускного канала 8 поперечно потоку протекающей жидкости с пенообразователем располагается воздуховод 3 с наконечником для присоединения к нему подающего воздух шланга, с рядом радиальных отверстий 4, направленных под разными углами для подачи воздуха в рабочее пространство 10 установки. Для создания более однородной пены в установке предусмотрены две сетки 5 и 6, которые крепятся при помощи внутренней резьбы 7. Данные сетки расположены на расстоянии 200 мм от воздуховода и на таком же расстоянии друг от друга и имеют размер ячеек 5...6 мм. Воздуховод 3 выполнен с возможностью присоединения к нему баллонов со сжатым воздухом через специальный наконечник.

Принцип действия устройства заключается в следующем. Во впускной канал 8 подается под давлением раствор пенообразователя и воды в заданной концентрации. Одновременно с этим через воздуховод 3 подается сжатый воздух из сменных баллонов объемом 5...15 л, используемых в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (далее — СИЗОД), который через радиальные отверстия равномерно распределяется в потоке раствора, образуя пену заданной кратности. Сетки 5 и 6 с равными размерами ячеек обеспечивают получение более однородной пены, которая выводится из рабочей камеры 10 через выпускной канал 9 в ручной пожарный ствол и далее на объект тушения пожара.

Схема работы установки получения пены показана на рис. 5. В насосе 11 формируется раствор

воды и пенообразователя с заданной концентрацией и необходимого давления и далее через пожарный рукав 12 диаметром 77 мм подается в установку 13. В качестве насоса предлагается использовать пожарные автомобили (автоцистерны, пожарно-насосные станции и т. д.) или пожарные мотопомпы, в которых имеется насосное оборудование с возможностью создания пенообразующего раствора.

Воздух для создания пены применяется из сменных баллонов 14, которые используются

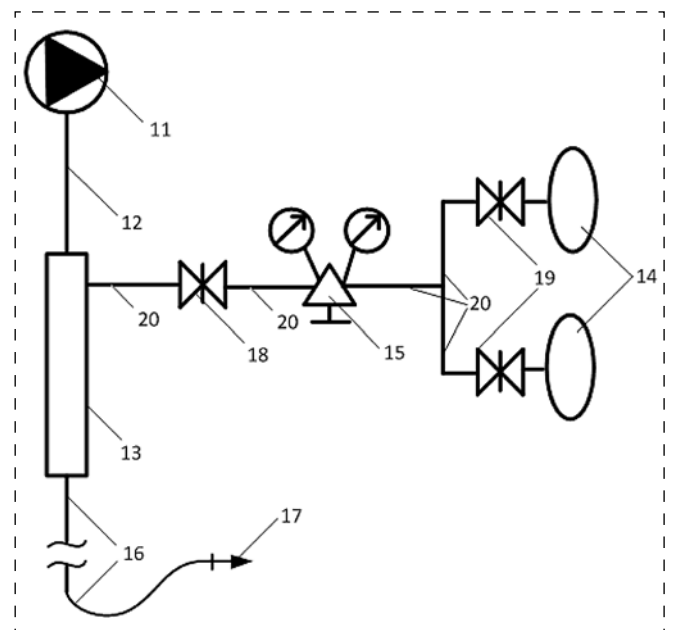


Рис. 5. Схема работы установки получения компрессионной пены

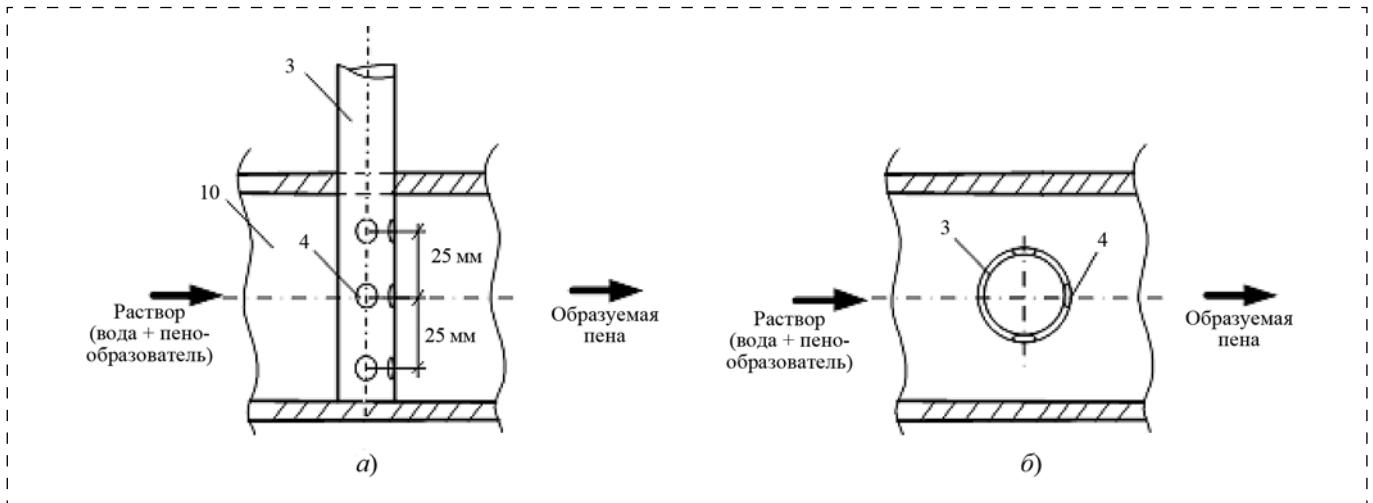


Рис. 6. Воздуховод:
а — вид сбоку; *б* — вид сверху

в дыхательных аппаратах пожарными подразделениями. Воздух из баллонов транспортируется по трубопроводу 20 к установке 13 через редуктор 15, в котором происходит снижение давления до требуемого значения с целью получения необходимой кратности пены. Далее в самой установке 13 создается пена с заданными свойствами и поступает в рабочую пожарную рукавную линию 16 диаметром 77 мм, по которой пена транспортируется к ручному пожарному стволу РСК-50 17 с диаметром выходного отверстия 13 мм, из которого пена подается к очагу возгорания.

В рассматриваемой схеме предлагается использовать два баллона 14 с последовательной их работой. Так, при расходе воздуха в одном из баллонов открывается, например, задвижка 18, обеспечивающая бесперебойную подачу воздуха к установке 13, а одна из задвижек 19 закрывается, что в дальнейшем позволяет заменить пустой баллон на полный. В случае необходимости

задвижками можно остановить подачу воздуха к установке.

На рис. 6 показан воздуховод 3 (см. рис. 4). Его предлагается выполнить диаметром 20 мм, на котором в три ряда имеются по три отверстия диаметром 3 мм. Отверстия в ряду располагаются одно по ходу движения, а два других поперек потока жидкости. Центральный ряд отверстий располагается по центру рабочего пространства 10 установки, а нижний и верхний ряды удалены от центрального на 25 мм.

Сетки 5, 6 в установке получения компрессионной пены показаны на рис. 7. Конструктивно сетка состоит из металлического кольца 21 с внешним диаметром 75 мм и толщиной 3 мм, к которому крепится сетка 22 из проволоки диаметром 1...1,5 мм. Размер ячеек составляет 5...6 мм. На внешней стороне кольца имеется резьба 23, посредством которой сетка устанавливается в рабочее пространство установки 10 (рис. 7, б) путем ее закручивания по внутренней резьбе 7 до требуемого их расположения с фиксацией.

Конструктивные размеры установки получения компрессионной пены следующие: длина 500 мм, диаметр 75 мм, расстояние между сетками 5, 6 и шаг сеток, диаметр воздуховода, количество отверстий в нем и их диаметр устанавливаются опытным путем и принимаются как работоспособные после экспериментальной проверки.

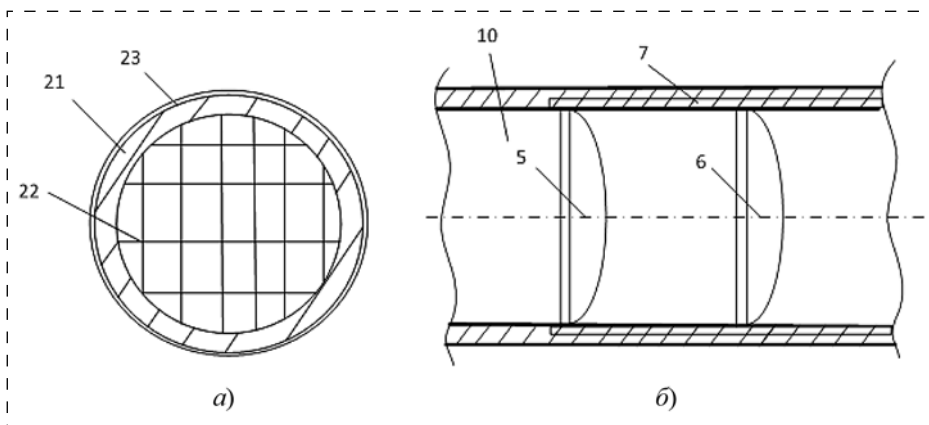


Рис. 7. Сетка в установке получения компрессионной пены:
а — вид спереди; *б* — вид сбоку



По проведенным расчетам и данным эксперимента для получения компрессионной пены средней кратности $K_n = 20$ одного баллона объемом 7 л с давлением 290...300 атм хватает на 6...7 мин работы одного ручного пожарного ствола РСК-50 с расходом по пене 74 л/с.

Внедрение предлагаемой установки в пожарно-спасательных подразделениях позволит значительно расширить функциональность пожарной техники, стоящей на вооружении пожарных частей, позволяющих подавать компрессионную пену регулируемой кратности. Установка не требует переоборудования пожарного автомобиля, а простота конструкции упрощает ремонт и техническое обслуживание.

Список литературы

1. **Тетерин И. М.** Температурно-активированная вода — новая парадигма развития техники пожаротушения // Средства спасения: журнал-каталог. — 2005. — С. 44.
2. **Описание** системы Natisk // Завод пожарных автомобилей "Спецавтотехника". URL: www.specialauto.ru/catalog/524.html (дата обращения 11.05.2018).
3. **Особенности** применения компрессионной пены в целях пожаротушения // Технический отчет по результатам

- натурных огневых испытаний. Урало-сибирская пожарно-техническая компания. — Челябинск, 2015. — 95 с.
4. **Встраиваемая установка** получения пены: пат. 178495 U1 Рос. Федерация: МПК51 А 62С 5/02 / М. П. Дальков, М. Р. Шавалеев, Н. М. Барбин, Р. Р. Шавалеев; заявители и патентообладатели ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, ФГБОУ Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России. — № 2017108021/17; заявл. 10.03.2017; опубл. 05.04.2018, Бюл. № 10. — 8 с.
5. **Шавалеев М. Р., Осипенко С. И.** Встраиваемая установка получения компрессионной пены // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. — Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. — С. 473—475.
6. **Портативная** установка получения компрессионной (газонаполненной) пены / А. А. Кректунов, М. Р. Шавалеев, В. В. Батюшев, А. В. Биколов, С. И. Осипенко // Техносферная безопасность. — 2016. — № 2 (11). — С. 56—60.
7. **Шавалеев М. Р., Кокшаров А. В.** Переносная установка получения компрессионной (газонаполненной) пены // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: Сборник статей по материалам VI Всероссийской Междунар. науч.-практ. конф. курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых. 17 апреля 2015 г.: в 2-х ч. Ч. 1 / ФГБОУ ВПО Воронежский институт ГПС МЧС России. — Воронеж, 2015. — С 216—220.

М. R. Shavaleev¹, Lecturer, e-mail: marat-shavaleev@mail.ru, **М. P. Dalkov**¹, Professor, **N. M. Barbin**^{1, 2, 3}, Leading Researcher, **A. V. Peshkov**¹, Head of Department

¹ Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia, Yekaterinburg

² Ural State Agrarian University, Yekaterinburg

³ Ural Federal University named after the first president B. N. Yeltsin, Yekaterinburg

Mobile Unit Obtain Compression of Foam for Extinction Fire

The proposed recessed installation in a hose line to obtain the compression of the foam, described in detail its construction. The installation allows to obtain a compression foam with armed serial of firefighting equipment.

Keywords: installation, compression foam, construction of installation

References

1. **Teterin I. M.** Temperaturno-aktivirovannaya voda — novaya paradigma razvitiya tekhniki pozharotusheniya. *Sredstva spaseniya: zhurnal-katalog*. 2005. P. 44.
2. **Opisanie** sistemy Natisk. *Zavod pozharных avtomobilej "Specavtotekhnika"*. URL: www.specialauto.ru/catalog/524.html (date of access 11.05.2018).
3. **Osobennosti** primeneniya kompressionnoj peny v celyah pozharotusheniya // Tekhnicheskij otchet po rezul'tatam naturnyh ognevnyh ispytaniy. Uralo-sibirskaya pozharно-tekhnicheskaya kompaniya. Chelyabinsk, 2015. P. 95.
4. **Vstraivaemaya ustanovka** polucheniya peny: pat. 178495 U1 Ros. Federaciya: МПК51 А 62С 5/02 / М. Р. Dal'kov, М. R. Shavaleev, N. M. Barbin, R. R. Shavaleev; zayaviteli i patentoobladateli FGBOU VO Ural'skij GAU, FGBOU Ural'skij institut gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii. № 2017108021/17; zayavl. 10.03.2017; opubl. 05.04.2018, Byul. No. 10. 8 p.

5. **Shavaleev M. R., Osipenko S. I.** Vstraivaemaya ustanovka polucheniya kompressionnoj peny. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya pozharноj bezopasnosti ob'ektov: sbornik materialov V Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Ivanovo, 19 aprelya 2018 g. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharно-spatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii*. 2018. P. 473—475.
6. **Portativnaya** ustanovka polucheniya kompressionnoj (gazonapolnennoj) peny / A. A. Krekтуnov, M. R. Shavaleev, V. V. Batyushev, A. V. Bikulov, S. I. Osipenko. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*. 2016. No. 2 (11). P. 56—60.
7. **Shavaleev M. R., Koksharov A. V.** Perenosnaya ustanovka polucheniya kompressionnoj (gazonapolnennoj) peny. *Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: Sbornik statej po materialam VI Vserossijskoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii kursantov, slushatelej, studentov i molodyh uchenykh 17 aprelya 2015 g. V 2-h ch. Ch. 1. FGBOU VPO Voronezhskij institut GPS MCHS Rossii. Voronezh, 2015. P. 216—220.*

А. П. Дарманян, д-р техн. наук, проф., e-mail: adarma@inbox.ru,
Н. М. Веселова, канд. техн. наук, доц., **Д. Д. Нехорошев**, канд. техн. наук, доц.,
Волгоградский государственный аграрный университет, **В. П. Мороз**, ст. преп.,
Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

Анализ статистики пожаров с использованием математических и статистических методов

Рассмотрены новые возможности, которые открываются для анализа статистики пожаров благодаря использованию методов математического моделирования временных рядов и принципа Парето. Для периода 2013–2016 гг. по данным статистики пожаров в Российской Федерации и в Республике Беларусь найдены линейные математические модели, определены их параметры. Показано, что в этот период скорость уменьшения числа пожаров в Республике Беларусь почти в 2 раза превышала скорость уменьшения пожаров в РФ. Для периода 2013–2016 гг. найдена линейная математическая модель для описания величины прямого материального ущерба от одного пожара в РФ. На основе анализа статистики причин пожаров в 2013 г. и в 2016 г. с помощью правила Парето показано, что только три причины вызывали 80 % всех пожаров в РФ: нарушение правил установки и эксплуатации (НПУиЭ) электрооборудования, НПУиЭ печей и неосторожное обращение с огнем.

Ключевые слова: пожары, причины пожаров, математическое моделирование, статистика, временные ряды, принцип Парето

Введение

Анализ статистики пожаров важен ввиду того, что каждый год пожары наносят большой материальный ущерб во всех странах и являются причиной гибели множества людей. В Российской Федерации ежегодно возникает более 150 тыс. пожаров, причиняющих материальный ущерб на сумму свыше 15 млрд руб. [1].

Для анализа статистики пожаров на практике применяют различные методы. Для этого используют: описание отдельных пожаров, анализ количеств пожаров в различные периоды времени, анализ отдельных причин возникновения пожаров, сравнительный анализ данных за два года с вычислением их процентного изменения, визуализация статистики пожаров в виде гистограмм [1–4].

Однако такой подход, по мнению авторов, является ограниченным, так как не позволяет решать различные инженерные задачи. Действительно, зная только процентное изменение показателей за два года, трудно оценить динамику изменения показателей в определенный временной период, выявить их тенденции и выполнить количественное сравнение этих тенденций. Кроме того, при таких подходах невозможно выполнить научно обоснованное прогнозирование изменения показателей на ближайшее будущее (анализ тенденции), а также выявить и провести анализ основных причин возникновения пожаров.

Анализ тенденции количеств пожаров и причин их возникновения необходим для научно обоснованного прогнозирования ситуации с пожарами в будущем, для оценки эффективности проводимых противопожарных мероприятий, в том числе и в сравнении с другими странами.

Инженерные задачи можно решить различными математическими и статистическими методами так, как это успешно делается для анализа экономических [5] и электроэнергетических систем [6]. Для демонстрации возможностей методов математического моделирования при проведении сравнения ситуации с пожарами в РФ с другими странами выбрана Республика Беларусь [4].

Целью настоящей работы является анализ статистики пожаров в РФ и в Республике Беларусь с использованием математических и статистических методов.

Методы исследования

Для анализа статистики пожаров были использованы данные по сводной статистике пожаров в РФ за период 2003–2016 гг. [7] и в Республике Беларусь за период 2010–2016 гг. [4], которые приведены в табл. 1.

Для анализа основных причин возникновения пожаров использована статистика о причинах пожаров в РФ в 2013 г. [7] и в 2016 г. [9], данные из которой приведены в табл. 2. Статистики причин пожаров по Республике Беларусь, к сожалению, нет.



Таблица 1

Сводная статистика пожаров в РФ [7] и в Республике Беларусь [4]

Год	Показатель		
	Число пожаров		Прямой материальный ущерб от пожаров в РФ, тыс. руб.
	РФ, тыс. ед.	Республика Беларусь, ед.	
2003	239,2	—	4175,485
2004	233,2	—	5893,581
2005	229,8	—	6682,478
2006	220,5	—	8475,058
2007	212,6	—	8690,737
2008	202,0	—	12 228,60
2009	187,6	—	11 193,95
2010	179,5	8881	14 565,01
2011	168,5	8259	18 199,47
2012	162,9	7417	15 693,39
2013	153,5	6888	14 885,34
2014	150,8	6806	18 246,57
2015	145,6	6123	18 814,08
2016	139,1	5682	12 218,78

Как известно [5], использование методов математического моделирования временных закономерностей (временных рядов) позволяет найти математическую модель тенденции показателя, с помощью которой можно оценить скорость изменения показателя и выполнить научно обоснованное прогнозирование значения показателя на ближайшее будущее. В качестве математической модели для описания статистических данных о пожарах целесообразно использовать линейную модель вида:

$$Y = a_1 \cdot t + a_0, \quad (1)$$

где a_0 и a_1 — параметры модели, определяемые методом наименьших квадратов (метод МНК); t — текущее время.

Достоинство линейной модели вида (1) в том, что она позволяет физически ясно интерпретировать значения результата Y относительно текущего времени t (t — номер года) в первой степени, а по значению параметра a_1 можно оценивать динамику показателя.

Для выявления основных причин возникновения пожаров, по мнению авторов, целесообразно использовать принцип Парето [10], который прост в реализации и дает наглядную инженерную интерпретацию результатам анализа. Успешное применение принципа Парето для решения задач электроэнергетики показано в работе [6].

Принцип Парето гласит, что за 80 % результата отвечает 20 % причин ("правило 20/80"). Согласно данному принципу сначала определяют долю каждой причины в общем результате, далее все доли ранжируют от максимального до минимального значения. После этого результаты суммируют и вычисляют накопительные значения долей (в %), которые и представляют "данные Парето". Для проведения анализа строят график зависимости накопительных долей (в %) от каждой причины ("график Парето" [10]) и находят основные причины, которые дают 80 % результата.

Результаты моделирования статистики числа пожаров

Анализ приведенных в табл. 1 данных показывает, что число пожаров в РФ с годами за период 2003—2016 гг. неуклонно уменьшалось. Аналогично, в Республике Беларусь за период 2010—2016 гг. число пожаров также уменьшалось. Это

Таблица 2

Статистика причин возникновения пожаров в РФ в 2013 г. [7] и в 2016 г. [9]

Фактор	Причина возникновения пожара	Число пожаров, ед.	
		2013 г.	2016 г.
X1	Поджог	17 629	14 794
X2	Неисправности производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства	607	498
X3	Нарушения правил установки и эксплуатации (НПУиЭ) электрооборудования	40 388	41 151
X4	НПУиЭ печей	21 489	21 862
X5	Нарушения правил пожарной безопасности (НППБ) при проведении электрогазосварочных и огневых работ	1547	1231
X6	Неосторожное обращение с огнем	49 959	39 258
X7	Неосторожное обращение с огнем детей	2604	2075
X8	Прочие причины	19 243	18 200

Относительная величина числа пожаров Y в РФ и в Республике Беларусь за период 2010–2016 гг.

Годы	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
РФ	1	0,94	0,91	0,86	0,84	0,81	0,77
Беларусь	1	0,93	0,83	0,77	0,76	0,69	0,64

свидетельствует об эффективности реализации противопожарных мероприятий в двух странах.

Однако представляет интерес не только констатация самого факта уменьшения числа пожаров в двух странах, но и сравнение динамики их уменьшения (сравнение тенденций). Для проведения такого сравнения был выбран временной диапазон 2010–2016 гг., когда в РФ и в Республике Беларусь установилась устойчивая тенденция на снижение числа пожаров. Принимая 2010 г. за начало отсчета $t = 1$, по данным табл. 1 была использована относительная (безразмерная) величина Y :

$$Y = \frac{\text{Число пожаров в текущем году, ед.}}{\text{Число пожаров в 2010 г., ед.}} \quad (2)$$

Значения величины Y , вычисленные по формуле (2) с использованием данных табл. 1, приведены в табл. 3 и показаны на графиках рис. 1.

Из графика на рис. 1 видно, что временные ряды значений величины Y можно аппроксимировать линейными зависимостями (линейными математическими моделями) вида (1). Для таких

зависимостей методом МНК в среде MS Excel найдены следующие линейные модели:

— для РФ:

$$Y = -0,0356t + 1,0179; \quad (3)$$

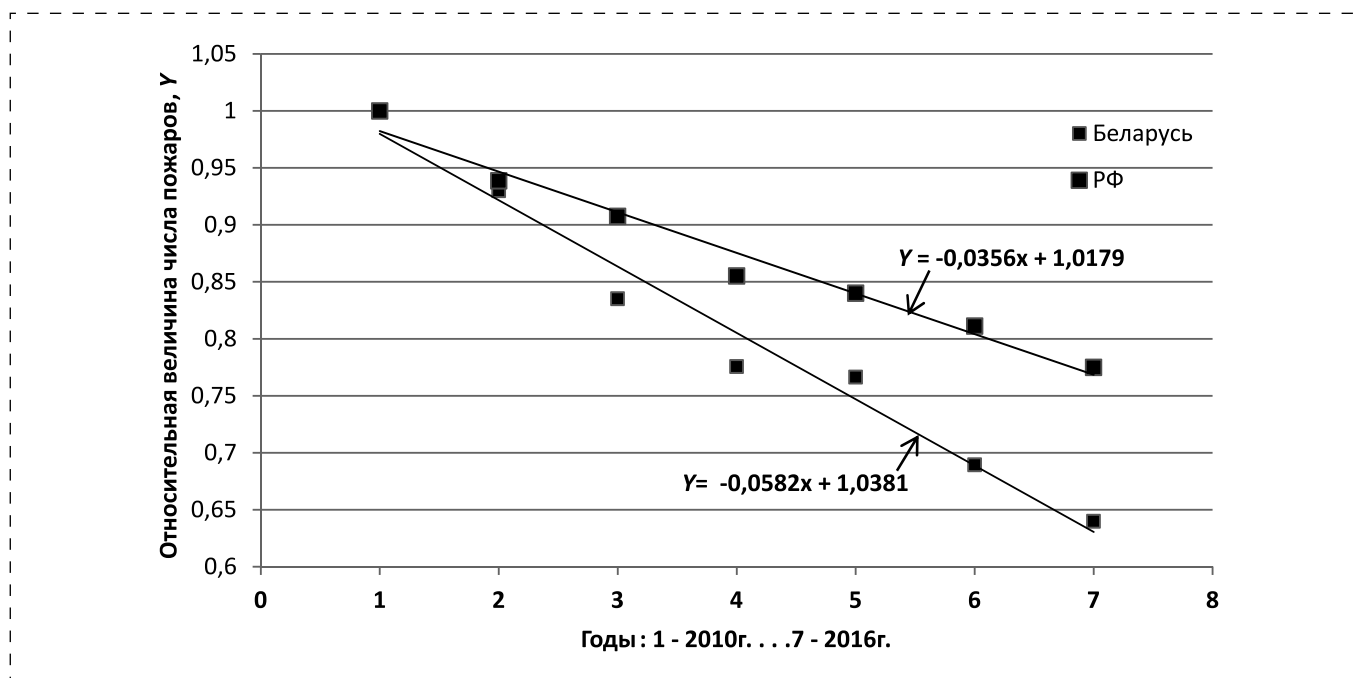
— для Республики Беларусь:

$$Y = -0,0582t + 1,0381, \quad (4)$$

где t — номер года (1 — 2010 г.; 2 — 2011 г. и т. д.).

Как видно из найденных математических моделей (2) и (3), скорость уменьшения величины Y , определяемая параметром a_1 , для РФ ($a_1 = -0,0356$) почти в 2 раза меньше, чем для Республики Беларусь ($a_1 = -0,0582$). Это свидетельствует о том, что в Республике Беларусь в рассмотренном периоде были проведены более эффективные противопожарные мероприятия, чем в РФ.

Достоинство найденных линейных моделей (3) и (4) еще и в том, что с их помощью можно прогнозировать число пожаров и в будущем при условии, что положительная динамика этого показателя (устойчивое снижение) как в РФ, так и в Республике Беларусь не изменится.


 Рис. 1. Временная зависимость относительной величины числа пожаров Y в РФ и в Республике Беларусь

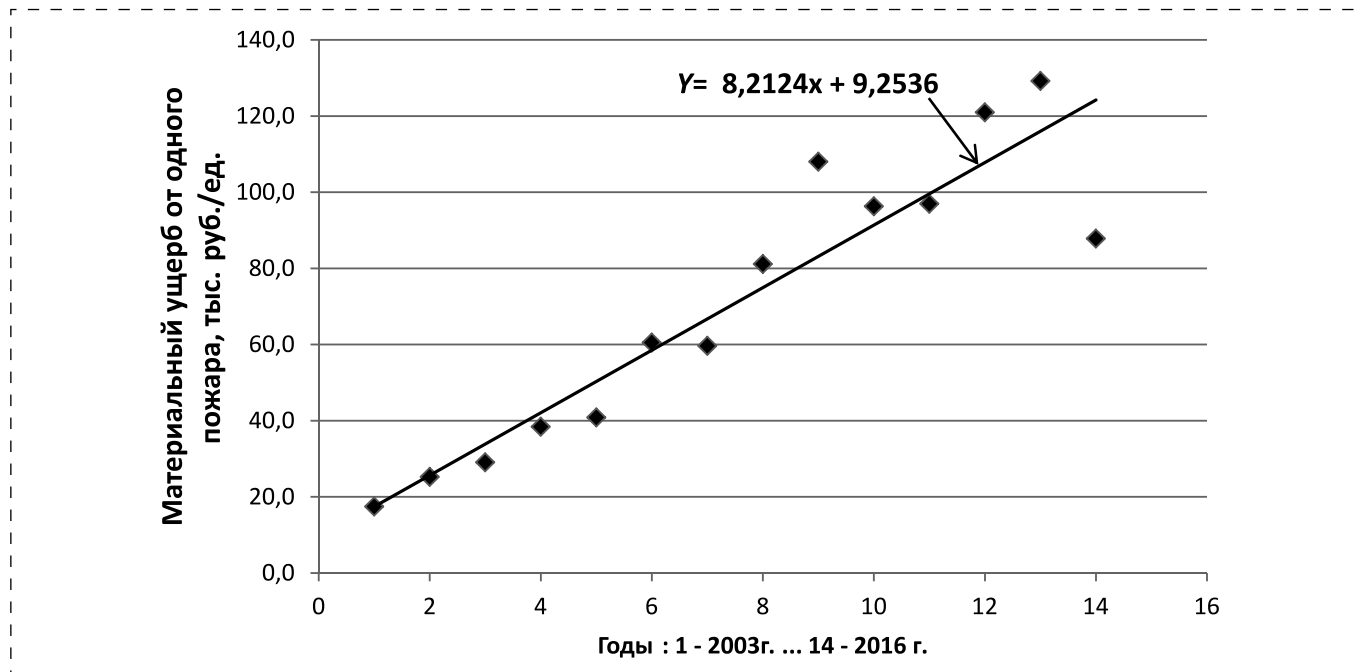


Рис. 2. Математическое моделирование величины материального ущерба от одного пожара в РФ за период 2003—2016 гг.

Несмотря на устойчивую тенденцию уменьшения числа пожаров в РФ прямой материальный ущерб от пожаров с годами только увеличивался, что видно из данных в табл. 1. Для математического моделирования такого явления представляется целесообразным проводить анализ статистических данных, используя "удельную" величину, в качестве которой выбран прямой материальный ущерб от пожаров, отнесенный к количеству пожаров, т. е. прямой материальный ущерб от одного пожара Y (млн руб./ед.).

На рис. 2 показана зависимость величины Y по данным табл. 1 в виде временного ряда, математической моделью которого является линейная зависимость следующего вида:

$$Y = 8,2124t + 9,2536, \text{ млн руб./ед.}, \quad (5)$$

где t — годы (1 — 2003 г.; 14 — 2016 г.).

Математическая модель (5), с одной стороны, позволяет прогнозировать материальный ущерб от одного пожара в будущем при условии, что сформировавшаяся за период 2010—2016 гг. тенденция не изменится. С другой стороны, такая тенденция требует от специалистов пожарного дела обоснования устойчивого роста с годами в РФ "стоимости" одного пожара. Следует заметить, что уменьшение величины Y в 2016 г. (см. рис. 2) можно оценить или как выброс статистических данных, или как перелом тенденции в 2016 г.

Результаты статистического анализа причин пожаров с помощью принципа Парето

Для разработки эффективных мероприятий по снижению числа пожаров необходимо выявление основных причин возникновения пожаров. Для решения этой задачи был выполнен статистический анализ с помощью принципа Парето [10] и с использованием данных табл. 2, в которой приведено описание восьми причин возникновения пожаров и числа пожаров, которые они вызывают. Результаты расчетов данных Парето для 2013 г. и 2016 г. приведены в табл. 4, а на рис. 3 данные из табл. 4 за 2016 г. представлены в виде диаграммы Парето.

Принимая за пороговое значение 80 % всех причин пожаров согласно принципу Парето "20/80", из графика на рис. 3 следует, что действительно только три причины Х3 (НПУиЭ электрооборудования), Х6 (неосторожное обращение с огнем) и Х4 (НПУиЭ печей) приводят к 80 % всех пожаров в РФ. При этом за исследованный период (2013—2016 гг.) основные причины пожаров остались одними и теми же. Именно поэтому для того, чтобы существенно снизить общее число пожаров в РФ, необходимо разрабатывать эффективные мероприятия по снижению числа пожаров, возникающих по этим трем причинам.

Результаты расчетов данных Парето для анализа числа пожаров в зависимости от различных факторов в РФ в 2013 г. и в 2016 г.

2013 г.				2016 г.			
Фактор	Число пожаров, ед.	Доля	Данные Парето, %	Фактор	Число пожаров, ед.	Доля	Данные Парето, %
X6	49 959	32,5	32,5	X3	41 151	29,2	29,2
X3	40 388	26,3	58,9	X6	39 258	27,8	60,0
X4	21 489	14,0	72,9	X4	21 862	15,5	72,5
X8	19 243	12,5	85,4	X8	18 200	12,9	85,4
X1	17 629	11,5	96,9	X1	14 794	10,5	95,9
X7	2604	1,7	98,6	X7	2075	1,5	97,3
X5	1547	1,0	99,6	X5	1231	0,9	98,2
X2	607	0,4	100,0	X2	498	0,3	98,6

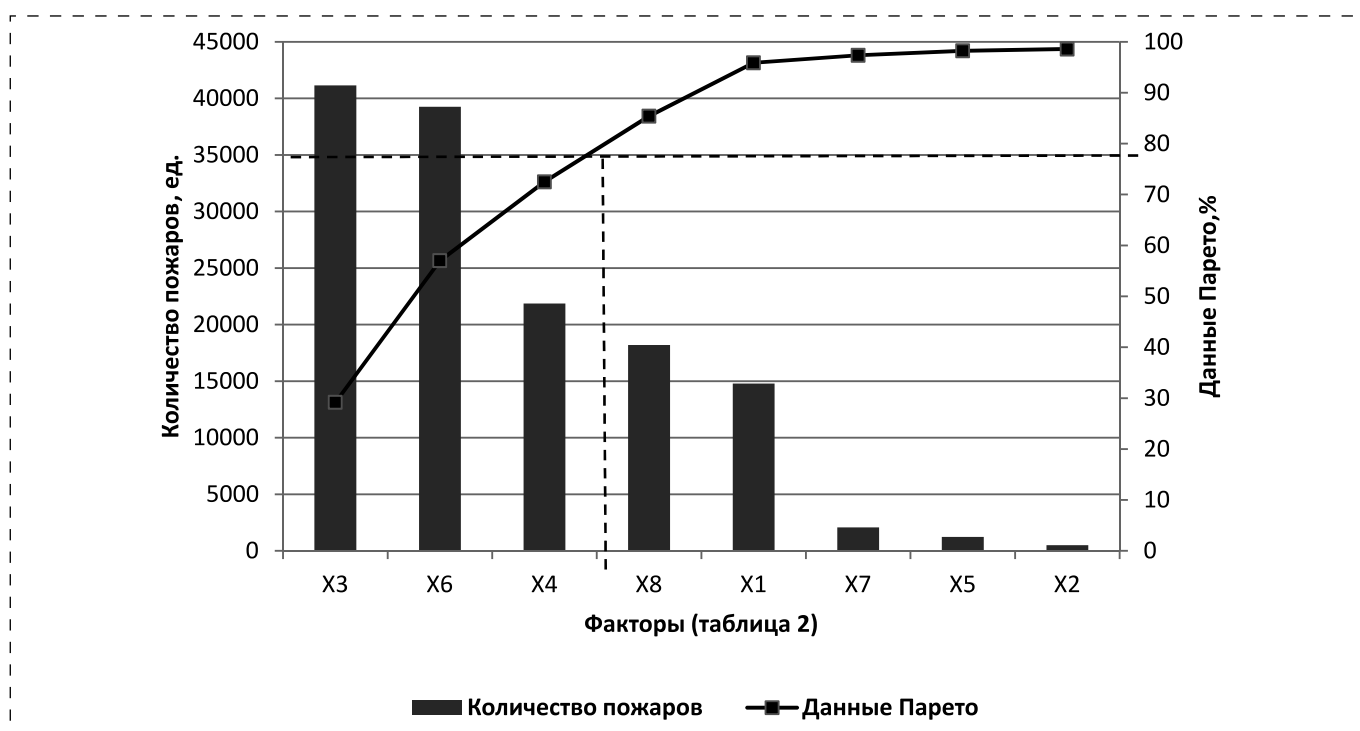


Рис. 3. Диаграмма Парето для анализа основных причин возникновения пожаров в РФ в 2016 г.

Заключение

С помощью математических и статистических методов выполнен анализ статистики пожаров в РФ за период 2003—2016 гг. и в Республике Беларусь за период 2010—2016 гг. Найдены линейные математические модели для описания временных тенденций числа пожаров в РФ и в Республике Беларусь. Обоснована целесообразность использования для математического моделирования и анализа данных относительных (безразмерных) величин числа пожаров как текущее значение числа пожаров/числа пожаров в начале отсчета. На

основе тенденций таких безразмерных величин показано, что в период с 2010 по 2016 г. скорость снижения числа пожаров в Республике Беларусь почти в 2 раза превышала скорость снижения числа пожаров в РФ. По данным статистики пожаров в РФ за период 2003—2016 гг. найдена линейная математическая модель для описания временной зависимости прямого материального ущерба от одного пожара. На основе анализа восьми причин возникновения пожаров, используемых в государственной статистической отчетности в РФ, с помощью принципа Парето выявлены основные три причины (НПУиЭ электрооборудования,



неосторожное обращение с огнем и НПУиЭ печей), которые приводили в 2013 г. и в 2016 г. к 80 % всех пожаров в РФ.

Список литературы

1. **Горшков Ю. Г., Житенко И. С., Калугин А. А.** Пожары — большое стихийное бедствие // Безопасность жизнедеятельности. — 2015. — № 7. — С. 46—50.
2. **Смелков Г. И., Рябиков А. И.** Анализ статистических данных о пожарной опасности электрических изделий // Энергобезопасность и охрана труда. — 2009. — № 1 (25). — С. 4—8.
3. **Семенцова Ю. С.** Анализ причин пожаров в электроустановках // Электробезопасность. — 2015. — № 3. — С. 53—58.
4. **Сведения** о чрезвычайных ситуациях в Республике Беларусь по данным МЧС. URL: <http://mchs.gov.by> (дата обращения 10.02.2018).
5. **Дарманян А. П.** Экономико-математические методы и модели: Учебное пособие. — Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2013. — 126 с.

6. **Darmanian A. P., Veselova N. M.** Analysis of the statistics of failure electric electric with the principle of Pareto // Topical areas of fundamental and applied research XIII: Proceedings of the Conference, North Charleston, 13—14.09.2017. Vol. 1. — North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2017. — P. 75—78.
7. **Сводная статистика** пожаров в РФ. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL: <http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2016.ashx> (дата обращения 10.02.2018).
8. **Статистика** пожаров РФ 2013. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL: <http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2013.ashx> (дата обращения 10.02.2018).
9. **Статистика** пожаров РФ 2016. Электронная энциклопедия пожарного дела. URL: <http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2016.ashx> (дата обращения 10.02.2018).
10. **Правило** Парето (Закон Парето). Правило 20/80. URL: <http://fingeniy.com/princip-pareto-zakon-pareto-pravilo-20/80> (дата обращения 02.02.2018).

A. P. Darmanian, Professor, e-mail: adarma@inbox.ru, **N. V. Veselova**, Associate Professor, **D. D. Nechoroshev**, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University, **V. P. Moroz**, Senior Lecturer, Brest State Technical University, Republic of Belarus

Analysis of Fires Using Mathematical and Statistical Methods

The article shows the new opportunities that are opened for the analysis of fire statistics through the use of mathematical modeling of time series and Pareto principle. For the period 2013–2016. according to fire statistics in the Russian Federation and in the Republic of Belarus found a linear mathematical models, their parameters have been determined. It is shown that during this period the rate of fire reduction in the Republic of Belarus was almost twice the rate of fire reduction in Russia. For the period 2013–2016. a linear mathematical model is found to describe the magnitude of direct material damage from one fire in Russia. Based on the analysis of statistics of causes of fires in 2013. and in 2016. with the Pareto principle it is shown that only three reasons: improper installation and operation of electrical equipment, improper installation and operation of ovens and careless handling of fire caused 80 % of all fires in Russia.

Keywords: fires, causes of fires, mathematical modeling, statistics, time series, Pareto principle

References

1. **Gorshkov Ju. G., Zhitenko I. S., Kalugin A. A.** Pozhary — bol'shoe stihijnoe bedstvie. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2015. No. 7. P. 46—50.
2. **Smelkov G. I., Rjabikov A. I.** Analiz statisticheskikh dannyh o pozharnoj opasnosti jelektricheskikh izdelij. *Jenergobezopasnost' i ohrana truda*. 2009. No. 1 (25). P. 4—8.
3. **Semencova Ju. S.** Analiz prichin pozharov v jelektroustanovkah. *Jelektrobezopasnost'*. 2015. No. 3. P. 53—58.
4. **Svedenija** o chrezvychajnyh situacijah v Respublike Belarus' po dannym MChS. URL: <http://mchs.gov.by> (date of access 10.02.2018).
5. **Darmanjan A. P.** Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli: Uchebnoe posobie. Volgograd: Izd-vo VolgGTU, 2013. 126 p.

6. **Darmanian A. P., Veselova N. M.** Analysis of the statistics of failure electric electric with the principle of Pareto. *Topical areas of fundamental and applied research XIII: Proceedings of the Conference, North Charleston, 13—14.09.2017*. Vol. 1. North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2017. P. 75—78.
7. **Svodnaja statistika** pozharov v RF. Jelektronnaja jenciklopedija pozharного дела. URL: <http://wiki-fire.org/Statistika-pozharov-RF-2016.ashx> (date of access 10.02.2018).
8. **Statistika** pozharov RF 2013. Jelektronnaja jenciklopedija pozharного дела. URL: <http://wiki-fire.org/Statistika-pozharov-RF-2013.ashx> (date of access 10.02.2018).
9. **Statistika** pozharov RF 2016. Jelektronnaja jenciklopedija pozharного дела. URL: <http://wiki-fire.org/Statistika-pozharov-RF-2016.ashx> (date of access 10.02.2018).
10. **Pravilo** Pareto (Zakon Pareto). Pravilo 20/80. URL: <http://fingeniy.com/princip-pareto-zakon-pareto-pravilo-20/80> (date of access 02.02.2018).

УДК 614.841.2.001.2

И. Д. Чешко, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотр. отдела, e-mail: idc48@mail.ru,
А. Ю. Мокряк, подполковник внутренней службы, начальник отдела,
А. В. Мокряк, науч. сотр. отдела, Санкт-Петербургский Университет
ГПС МЧС России

Усовершенствование методики экспертного исследования оплавлений медных проводников после пожара

Рассмотрены проблемы, возникающие при экспертном анализе оплавлений медных проводников после пожара. Представлена методика их исследования, применяющаяся в настоящее время в судебно-экспертных подразделениях МЧС и МВД России. Приведены основные результаты разработки усовершенствованной методики. Предложен новый критерий определения первичного короткого замыкания. Разработана усовершенствованная методика экспертного исследования оплавлений медных проводников после пожара.

Ключевые слова: *судебная пожарно-техническая экспертиза, короткое замыкание, первичное короткое замыкание, вторичное короткое замыкание, медный проводник, оплавление*

Исследованию медной электропроводки на предмет наличия следов пожароопасных аварийных процессов, протекающих в ней, традиционно уделяется особое внимание при проведении судебно-пожарно-технической экспертизы. Кабельно-проводниковые изделия являются одними из наиболее пожароопасных видов продукции, поскольку в них сочетается горючая среда (электроизоляция, оболочки кабелей и т. п.) и источники зажигания (искры, дуги, нагретые электрическим током детали и т. п.), появляющиеся при работе электрооборудования в аварийных режимах. Установление факта аварийного режима работы прибора или устройства и причастности этого режима к возникновению пожара крайне важно для решения вопроса о непосредственной (технической) причине пожара.

Во ВНИИПО МВД СССР была разработана теоретическая основа (методология) установления причастности электрических аварийных режимов к возникновению пожара. Была создана и реализована на практике первая отечественная инструментальная методика установления момента возникновения коротких замыканий (КЗ) медных и алюминиевых проводов, позволяющая дифференцировать дуговые оплавления, возникшие в результате так называемых первичных и вторичных КЗ (ПКЗ, ВКЗ) [1–3].

Методика экспертного исследования после пожара оплавлений медных проводников, установления их природы, дифференциации первичных и вторичных коротких замыканий, в настоящее время относится к числу наиболее востребованных в практике расследования пожаров. Однако за длительный период практического применения

методики эксперты обнаружили в ней много недостатков, требующих исправления. Так, например, нередки случаи, когда результаты инструментальных исследований явно не согласуются с прочими известными данными по пожару [4].

Зачастую отдельные дифференцирующие признаки противоречат друг другу. В электродуговых оплавлениях возникают микроструктуры, которые представляют собой дендритные или вытянутые зерна меди при содержании кислорода 0,05 %. При этом возникает ситуация с двойным толкованием условий формирования оплавления — низкая концентрация кислорода указывает на ВКЗ, а наличие структур "быстрого охлаждения" характерно для ПКЗ [5–7].

Многолетний практический опыт показывает, что содержание кислорода выше 0,05 % и дендритная форма зерна, являющиеся необходимыми условиями, на основании которых в работах [2, 3] делается вывод о первичности КЗ, далеко не всегда выполняются.

Рекристаллизационные процессы, протекающие в меди при нагреве, изменяют ее микроструктуру — происходит коагуляция оксидов, зерна меди стремятся перейти от вытянутой к равноосной форме. Это означает, что оплавление, образовавшееся в условиях ПКЗ, при дальнейшем развитии пожара может приобретать признаки ВКЗ.

Практика показывает, что множество оплавлений, характерных (по визуальным признакам) для теплового воздействия пожара, обнаруживают в своей микроструктуре значительное количество кислорода, превышающее исходное значение 0,05 % (рис. 1) [8–12].

Особые сложности в трактовке природы оплавлений медных проводников возникают при

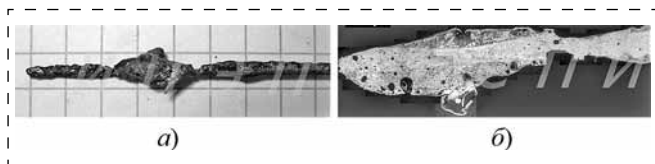


Рис. 1. Оплавление неправильной формы, имеющее концентрацию кислорода более 0,05 %:
a — внешний вид; *б* — микроструктура

комплексном воздействии на проводник аварийных режимов КЗ, перегрузки и вторичного отжига в ходе пожара.

В довершении всего, следует отметить, что методика [2, 3] предполагает анализ только открытой электропроводки, в то время как гораздо более распространена прокладка проводов в кабель-каналах, пластиковых и металлоорукавах и т. д.

Очевидно, что методика экспертного анализа после пожара оплавлений медных проводников нуждается в корректировке, уточнении ее постулатов. Для решения этой задачи в Исследовательском центре экспертизы пожаров была поставлена научно-исследовательская работа. Создан экспериментальный стенд, позволяющий моделировать электрические аварийные режимы, контролируя при этом токовые характеристики, режимы внешнего нагрева, а также газовый состав атмосферы [13].

Основные результаты выполненной НИР, ход выполнения экспериментов, обработка данных и полученные практические результаты опубликованы в работах [9–12].

Многочисленные эксперименты подтвердили практические данные, полученные с реальных пожаров, о том, что условие содержания кислорода в оплавлении медного проводника в количестве более 0,05 % как критерий ПКЗ не всегда выполняется. И, наоборот, при ВКЗ возможно содержание кислорода в оплавлении свыше 0,05 %.

Протекание сверхтока (КЗ или токовой перегрузки) по медному проводнику может вызывать его разделение (разрыв) на части с образованием локальных оплавлений на концах, как при КЗ (рис. 2, *a*). Микроструктура таких оплавлений, в зависимости от кратности сверхтока, может содержать более 0,05 % кислорода и иметь дендритную форму зерен меди [9], что, как известно [2, 3], характерно для ПКЗ (рис. 2, *б*).

Кроме того, было обнаружено, что повышенное относительно нормального значения в исходном проводнике содержание кислорода и наличие дендритных структур в зоне оплавления может наблюдаться при определенных условиях и в случае внешнего теплового воздействия выше температуры плавления меди, никак не связанного с аварийными процессами. Так, на рис. 3 приведена микроструктура оплавления двухжильного медного проводника, полученного в лабораторных условиях при моделировании внешнего

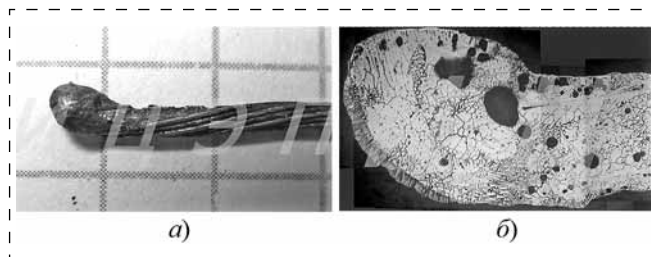


Рис. 2. Оплавление медного проводника, образовавшееся в результате воздействия на него сверхтока:
a — внешний вид; *б* — микроструктура

теплового воздействия пожара. (Методика проведения эксперимента — нагрев фрагмента провода в муфельной печи до температуры 1200 °С в атмосфере продуктов сгорания ПВХ-изоляции, древесины и медленное охлаждение в печи.)

Даже в задымленной атмосфере содержание кислорода в оплавлении составляет более 0,05 %, при этом зерна меди имеют дендритную форму. Приведенная на рис. 3 микроструктура, в соответствии с методикой [2, 3], характерна для ПКЗ, хотя проводник даже не находился под напряжением.

Полученные результаты существенно образом меняют представления о том, как следует интерпретировать микроструктуры не только при дифференциации ПКЗ и ВКЗ, но и при первоначальном определении самой природы оплавлений.

С учетом результатов проведенного эксперимента предложена усовершенствованная методика экспертного исследования оплавлений медных проводников после пожара. На рис. 4 приведена усовершенствованная схема экспертного исследования.

В соответствии с предлагаемой схемой медные проводники, изымаемые с мест пожаров, подвергаются экспертному исследованию на предмет поиска и выявления следов протекания аварийных пожароопасных режимов работы электросети. При их экспертном исследовании после пожара необходимо осуществлять комплексный подход.

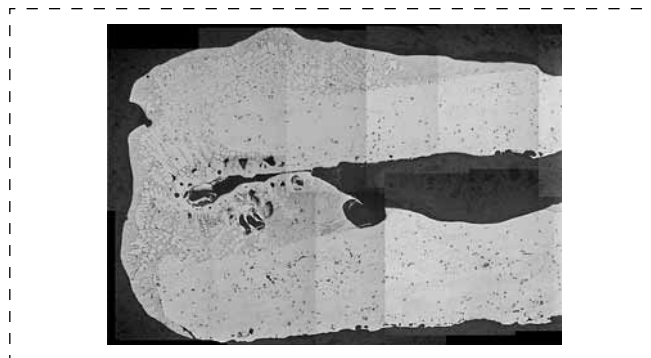


Рис. 3. Микроструктура оплавления двухжильного медного проводника, образовавшегося в результате нагрева в печи до температуры 1200 °С в атмосфере продуктов сгорания ПВХ-изоляции и древесины

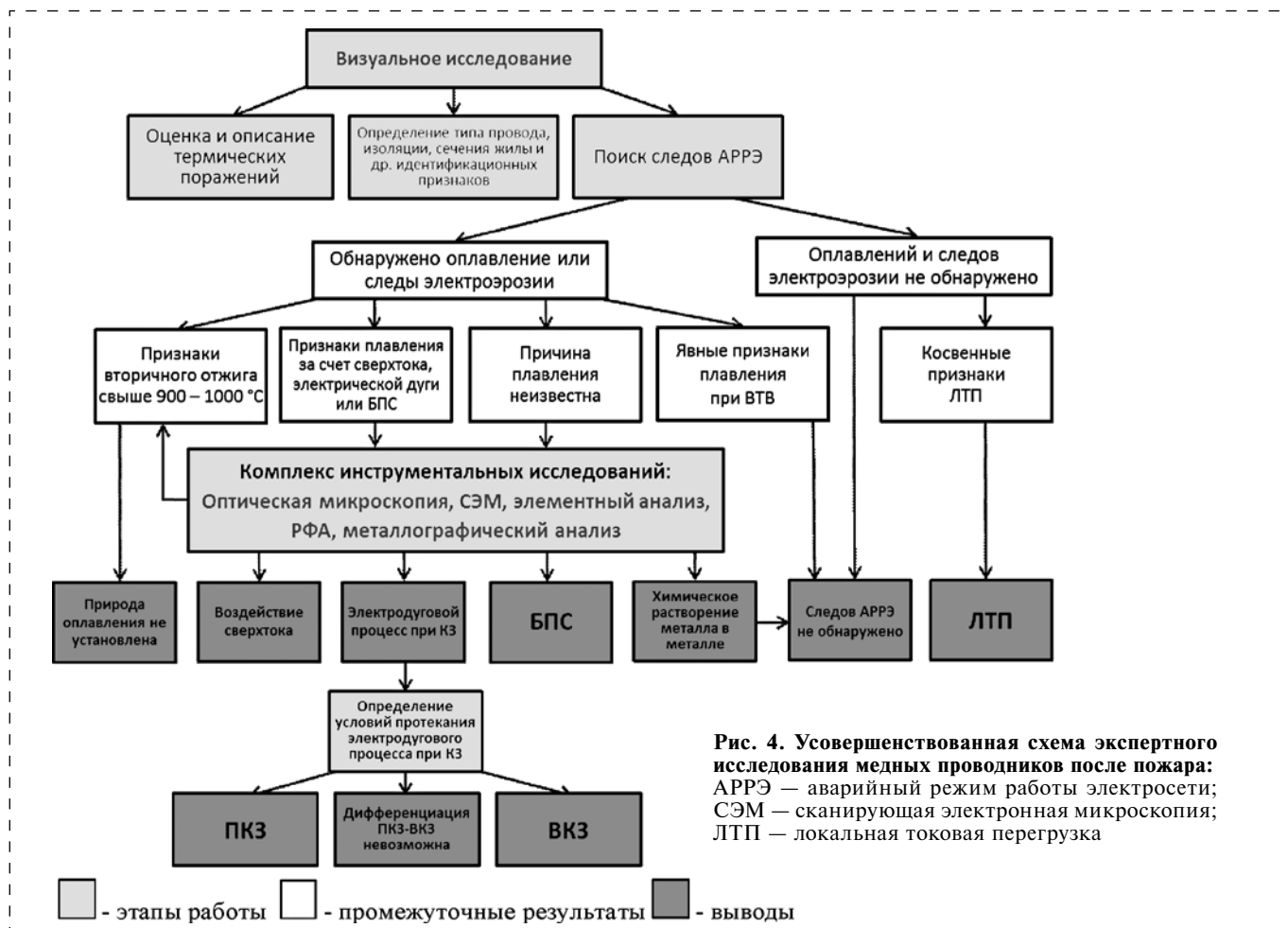


Рис. 4. Усовершенствованная схема экспертного исследования медных проводников после пожара: АРРЭ — аварийный режим работы электросети; СЭМ — сканирующая электронная микроскопия; ЛТП — локальная токовая перегрузка

Это подразумевает максимально возможное применение лабораторных методов анализа и поиск следов протекания всех электрических аварийных процессов — КЗ, большого переходного сопротивления (БПС), перегрузки по току и напряжению, а также их комбинаций [14].

Следует иметь в виду возможность многостадийности протекания различных аварийных электрических процессов, что создает конечную сложную "картину" повреждений электротехнических изделий. Так, например, короткое замыкание на одном участке электроцепи может вызвать протекание сверхтока за счет ее протяженности, сформировав специфические повреждения [11]. В свою очередь КЗ может быть вызвано токами утечки, образовавшимися в результате тепловыделения при "плохом" контакте. Зачастую образующиеся следы частично или полностью могут быть утрачены. Все эти аспекты необходимо учитывать при экспертном анализе следов протекания электрических режимов, а также при установлении причины пожара.

При поиске следов аварийных режимов детально изучается морфология областей расплавления медных проводников, а также морфология участков, примыкающих к областям расплавления. На

основании этого предварительно устанавливается, произошло ли расплавление медных проводников в результате термического проявления электрического сверхтока, электродугового процесса при КЗ, в результате внешнего теплового воздействия (ВТВ) или вследствие химического растворения при контакте с легкоплавким металлом [15].

При осмотре проводников ведется поиск следов электроэрозии, характерных для "плохого контакта" и возникновения БПС.

Частично разрушенный механическим путем медный проводник может стать причиной локального разогрева за счет уменьшения сечения и возникновения так называемой локальной токовой перегрузки (ЛТП) [12].

При обнаружении в оплавленной зоне следов легкоплавких металлов, следует учитывать возможность возникновения оплавления вследствие растворения меди при контакте с более легкоплавким металлом. Для подтверждения данной версии необходимо проведение металлографического анализа, поскольку наличие "посторонних" элементов может быть следствием массопереноса при электродуговом воздействии в ходе короткого замыкания.

Следует обратить внимание на особенности применения рентгенофазового анализа (РФА) [14]. В случае если оплавление имеет признаки протекания сверхтока или невозможно уточнить вид аварийного режима работы электросети, приведшего к образованию оплавления, определение условий, при которых оно сформировалось, не производится, результаты ранее проведенного рентгенофазового анализа не используются. По окончании исследований делается вывод об обнаружении признаков воздействия на проводник сверхтока и образовании оплавления в результате этого процесса без уточнения условий его протекания [16].

При отсутствии признаков протекания сверхтока или электродуговых процессов следует сделать вывод о том, что следов протекания аварийных пожароопасных режимов работы электросети (КЗ и токовая перегрузка) не обнаружено.

В случае выявления признаков электродуговой природы оплавления, т. е. КЗ, необходимо определить условия, при которых сформировалось данное оплавление — вне пожара (ПКЗ) или в ходе пожара (ВКЗ).

В методике [2, 3] утверждается, что пористость в оплавлении является одним из критериев дифференциации ПКЗ-ВКЗ. Конкретные численные показатели в данных литературных источниках не приводятся. Однако постулируется, что наличие пор свидетельствует в пользу ВКЗ, а их отсутствие (или в оплавлении пор "мало") характерно для ПКЗ.

Экспериментальные исследования по моделированию коротких замыканий в различных условиях окружающей среды и при различных сверхтоках показали, что поры не могут являться надежным критерием определения ПКЗ-ВКЗ. Количество пор в оплавлении и площадь, занимаемая порами, не коррелируют с условиями, при которых данное оплавление образовывается.

Все оплавления, имеющие признаки электродугового происхождения, должны подвергаться двум обязательным методам анализа — РФА и металлография. Метод РФА как неразрушающий метод используется в первую очередь. Критерии оценки результатов не претерпели изменений. Однако если установлено, что оплавление образовалось в результате термического проявления сверхтока или внешнего теплового воздействия, то результат РФА для определения условий формирования оплавления не используется [17].

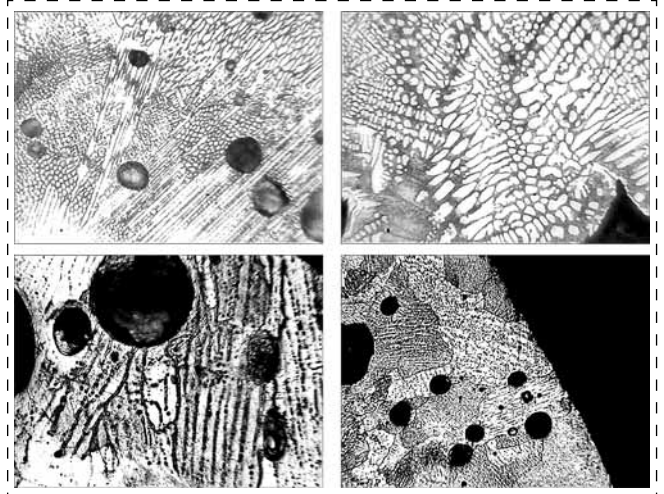


Рис. 5. Примеры микроструктур, образовавшихся при быстрой кристаллизации в результате электродугового процесса в условиях вне пожара. Поперечные размеры зерен меди — до 10 мкм

При металлографическом исследовании предлагается использовать следующий критерий первичности-вторичности КЗ. Быстрое охлаждение металла в зоне действия дуги короткого замыкания вызывает появление структур быстрой кристаллизации — зерна меди вытянутой и (или) дендритной формы (рис. 5).

Подобные структуры образуются как при ПКЗ, так и при ВКЗ. Однако, экспериментально было установлено, что только при ПКЗ могут образовываться зерна меди с размером в поперечнике менее 10 мкм (рис. 6). Именно данную величину — поперечный размер зерен менее 10 мкм — следует

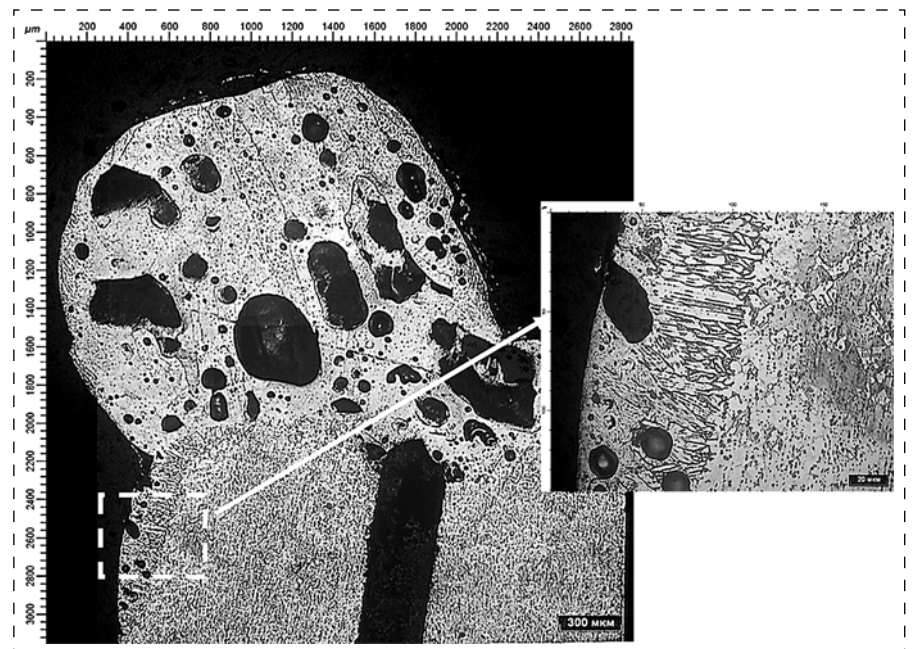


Рис. 6. ПКЗ — наблюдаются участки с различным поперечным размером зерен: основной объем оплавления — более 20 мкм; выделенный участок — менее 10 мкм

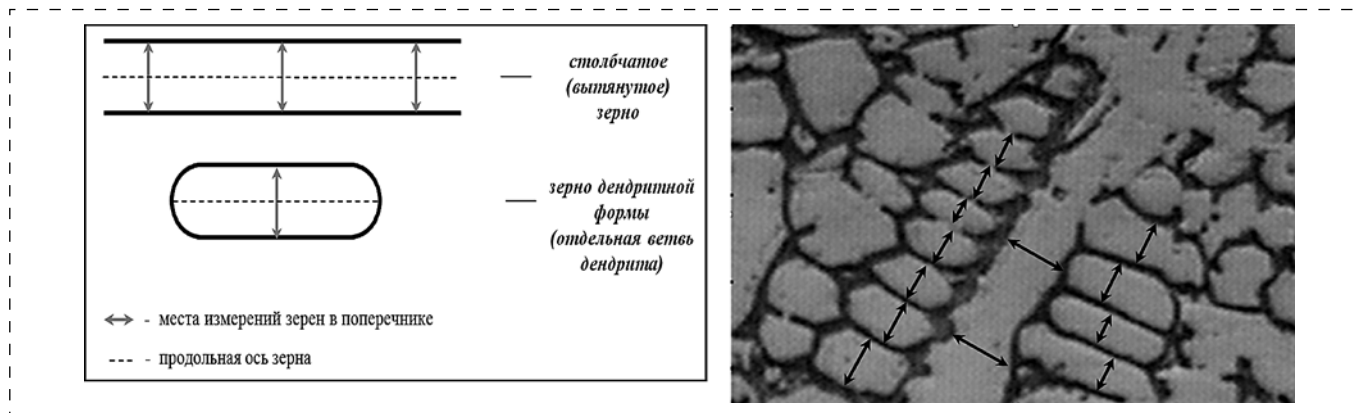


Рис. 7. Измерение поперечных размеров зерен, образовавшихся в зоне оплавления медных проводников в результате быстрой кристаллизации: слева — схематическое изображение; справа — реальная микроструктура

принять за критерий, указывающий на то, что электродуговое оплавление возникло в условиях вне пожара, т. е. при ПКЗ [18]. Остальные результаты, как показали экспериментальные исследования, не могут достоверно свидетельствовать о тех или иных условиях. Это означает, что поперечный размер зерна более 10 мкм не указывает в пользу ВКЗ.

Схема, иллюстрирующая способ измерения зерен различной формы в поперечнике и пример измерения на реальной микроструктуре, показаны на рис. 7.

Следует обратить внимание, что структуры быстрого охлаждения не обязательно должны занимать весь объем оплавления и могут наблюдаться на отдельных локализованных участках оплавленного металла проводника (см. рис. 6).

Подытоживая вышесказанное, необходимо отметить, что была разработана усовершенствованная методика экспертного исследования после пожара оплавлений медных проводников. Предложена аналитическая схема, которой следует руководствоваться при исследовании подобного рода объектов. Установлен критерий, позволяющий дифференцировать первичные и вторичные короткие замыкания методом металлографического анализа. Экспериментальным образом определено температурное воздействие, влияющее на сохранность дифференцирующих признаков и, соответственно, на границы применимости методики в целом [7]. Уточнено использование рентгенофазового анализа при исследовании оплавлений медных проводников.

Список литературы

1. **Смелков Г. И.** Пожарная безопасность электропроводок. — М.: ООО "КАБЕЛЬ", 2009. — 328 с.
2. **Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: Методические рекомендации** / Л. С. Митричев, А. И. Колмаков, Б. В. Степанов и др. — М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. — 44 с.
3. **Диагностика причин разрушения металлических проводников, изъятых с мест пожаров: Метод. рекомендации**

- / А. И. Колмаков, Б. В. Степанов, С. И. Зернов и др. — М.: ЭКЦ МВД РФ, 1992. — 32 с.
4. **Babrauskas V.** Electric Arc Explosions — A Review // Fire Safety J. — 2017. — Vol. 89. — P. 7–15.
5. **Ling-zi Li, Jin-zhuan Zhang.** Study on Ignition Capability of Overloaded Wire to the Wool Fabric // Procedia Engineering. — 2016. — Vol. 135. — P. 220–226.
6. **Ying Wu.** Research on Overload Ignition Characteristic of Copper Wire // Advanced Materials Research. — 2013. — Vol. 740. — P. 511–516.
7. **Babrauskas V.** Electric Arc Explosions // Interflam 2010. Proc. 12th Intl. Conf., Interscience Communications Ltd. London, 2010. — P. 1283–1296.
8. **Мокряк А. Ю., Чешко И. Д., Пеньков В. В.** Морфологический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2014. — № 4 (32). — С. 41–49.
9. **Мокряк А. Ю., Чешко И. Д.** Металлографический анализ медных проводников, подвергшихся воздействию токовой перегрузки, при экспертизе пожаров // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России (Научно-практический журнал). — 2014. — № 4. — С. 51–58.
10. **Исследовательский центр экспертизы пожаров СПб университета ГПС МЧС России.** URL: <http://dbase.fire-expert.spb.ru/searchmetal> (дата обращения 18.01.2018).
11. **Мокряк А. Ю., Мокряк А. В.** Влияние отжига на микроструктуру оплавлений медных проводников, вызванных сверхтоком // V Международная научно-практическая конференция "Пожарная безопасность: проблемы и перспективы". — Воронеж: Воронежский институт ГПС МЧС России, 2014. — С. 241–245.
12. **Елисеев Ю. Н., Мокряк А. Ю., Скодтаев С. В.** Возникновение пожароопасного аварийного режима в электросети при механическом повреждении проводника тока // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2017. — № 1 (41). — С. 65–72.
13. **Смелков Г. И., Чешко И. Д., Плотников В. Г.** Экспериментальное моделирование пожароопасных аварийных режимов в электрических проводах // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2017. — № 3. — С. 121–128.
14. **Парийская А. Ю., Мокряк А. Ю., Чешко И. Д.** Рентгенофазовый анализ медных проводников, подвергшихся воздействию сверхтоков // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. — 2016. — № 2. — С. 14–20.
15. **Model of an Electric Arc for Circuit Analysis** / J. Andrea, M. Bournat, R. Landfried et al. 28th International Conference on Electric Contacts ICEC 2016. P. 361–366.



16. He C., Mu L., Wang Y. The Detection of Parallel Arc Fault in Photovoltaic Systems Based on a Mixed Criterion // IEEE Journal of Photovoltaics. — 2017. — Vol. 7. — No. 6. P. 1717–1724.
17. Babrauskas V. Electrical Fires: Research Needed to Improve Fire Safety, Fire Protection Engineering. — 2010. — No. 46. — P. 20–22, 24–26, 28–30.
18. Чернякова Г. А., Шеков А. А. Влияние условий короткого замыкания на химический состав зоны оплавления алюминиевого проводника // Деятельность правоохранительных органов в современных условиях: Материалы Международной научно-практической конференции в 2 ч. — Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД России, 2011. Ч. II. — С. 97–99.

I. D. Cheshko, Professor, Leading Researcher of Department, e-mail: idc48@mail.ru,
A. Yu. Mokryak, Lieutenant Colonel of Internal Service, Head of Department,
A. V. Mokryak, Researcher of Department, Saint-Petersburg University GPS EMERCOM of Russia

Improvement of the Methodology Expert Research Arc Residue of Melting Copper Conductors after Fire

The problems arising during expert examination after a fire of copper conductors melting are considered. Presented are the methods currently used in forensic experts of the Ministry for Emergency Situations and the Ministry of Internal Affairs of Russia. The main results of the development of an improved methodology are given. A new criterion for determining the "primary" short-circuit is proposed. An improved method of expert investigation of copper conductors melting has been developed after the fire.

Keywords: judicial fire-technical examination, short circuit, primary short circuit, secondary short circuit, copper conductor, reflow

References

1. Smelkov G. I. Pozharnaya bezopasnost' e'lektrprovodok. Moscow: OOO "KABEL", 2009. 328 p.
2. Issledovanie mednyh i alyuminiyevykh provodnikov v zonax korotkogo zamykaniya i termicheskogo vozdeystviya: Metodicheskie rekomendacii / L. S. Mitrichev, A. I. Kolmakov, B. V. Stepanov et al. Moscow: VNII MVD SSSR, 1986. 44 p.
3. Diagnostika prichin razrusheniya metallicheskih provodnikov, iz#yatyh s mest pozharov: Metod. rekomendacii / A. I. Kolmakov, B. V. Stepanov, S. I. Zernov et al. Moscow: E'KCz MVD RF, 1992. 32 p.
4. Babrauskas V. Electric Arc Explosions — A Review. *Fire Safety J.* 2017. Vol. 89. P. 7–15.
5. Ling-zi Li, Jin-zhuan Zhang. Study on Ignition Capability of Overloaded Wire to the Wool Fabric. *Procedia Engineering.* 2016. Vol. 135. P. 220–226.
6. Ying Wu. Research on Overload Ignition Characteristic of Copper Wire. *Advanced Materials Research.* 2013. Vol. 740. P. 511–516.
7. Babrauskas V. Electric Arc Explosions. *Interflam 2010—Proc. 12th Intl. Conf., Interscience Communications Ltd.* London, 2010. P. 1283–1296.
8. Mokryak A. Yu., Cheshko I. D., Pen'kov V. V. Morfoloicheskiy analiz medny'x provodnikov, podvergshixsya vozdeystviyu tokovoj peregruzki, pri e'kspertize pozharov. *Problemy upravleniya riskami v tehnosfere.* 2014. No. 4 (32). P. 41–49.
9. Mokryak A. Yu., Cheshko I. D. Metallograficheskiy analiz medny'x provodnikov, podvergshixsya vozdeystviyu tokovoj peregruzki, pri e'kspertize pozharov. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby' MChS Rossii.* 2014. No 4. P. 51–58.
10. Issledovatel'skiy centr e'kspertizy' pozharov SPb universiteta GPS MChS Rossii. URL: <http://dbase.fire-expert.spb.ru/searchmetal> (date of access 18.01.2018).
11. Mokryak A. Yu., Mokryak A. V. Vliyanie otzhiga na mikrostrukturu oplavlenij medny'x provodnikov, vyzvanny'x sverxtokom. V *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya "Pozharnaya bezopasnost': problemy' i perspektivy"*. Voronezh: Voronezhskij institut GPS MChS Rossii, 2014. P. 241–245.
12. Eliseev Yu. N., Mokryak A. Yu., Skodtaev S. V. Vozniknovenie pozharoopasnogo avarijnogo rezhima v e'lektroseti pri mexanicheskom povrezhdenii provodnika toka. *Problemy' upravleniya riskami v tehnosfere.* 2017. No. 1 (41). P. 65–72.
13. Smelkov G. I., Cheshko I. D., Plotnikov V. G. E'ksperimental'noe modelirovanie pozharoopasnny'x avarijnny'x rezhimov v e'lektricheskix provodax. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby' MChS Rossii.* 2017. No 3. P. 121–128.
14. Parijskaya A. Yu., Mokryak A. Yu., Cheshko I. D. Rentgenofazovy'j analiz medny'x provodnikov, podvergshixsya vozdeystviyu sverxtokov. *Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya e'kspertiza v sisteme bezopasnosti.* 2016. No 2. P. 14–20.
15. Model of an Electric Arc for Circuit Analysis / J. Andrea, M. Bournat, R. Landfried et al. 28th International Conference on Electric Contacts ICEC 2016. P. 361–366.
16. He C., Mu L., Wang Y. The Detection of Parallel Arc Fault in Photovoltaic Systems Based on a Mixed Criterion *IEEE Journal of Photovoltaics.* 2017. Vol. 7. No. 6. P. 1717–1724.
17. Babrauskas V. Electrical Fires: Research Needed to Improve Fire Safety. *Fire Protection Engineering.* 2010. No. 46. P. 20–22, 24–26, 28–30.
18. Chernyakova G. A., Shekov A. A. Vliyanie uslovij korotkogo zamykaniya na khimicheskij sostav zony' oplavleniya alyuminiyevogo provodnika. *Deyatel'nost' pravooxranitel'ny'x organov v sovremenny'x usloviyax: Materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v 2 ch.* Irkutsk: Vostochno-Sibirskij. institut MVD Rossii. 2011. Ch. II. P. 97–99.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский 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 30.11.18. Подписано в печать 22.01.19. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG219.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солишнз".

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