



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты**  
**МЧС Беларуси**

**Том 2, № 4, 2018**

**Редакционная коллегия:**

**главный редактор:**

**Полевода**  
**Иван Иванович**

кандидат технических наук,  
доцент

**зам. главного редактора:**

**Гончаренко**  
**Игорь Андреевич**  
**Платонов Александр**  
**Сергеевич**

доктор физико-математических наук,  
профессор

кандидат физико-математических  
наук, доцент

**ответственный секретарь:**

**Жаворонков**  
**Илья Сергеевич**

**Редакционный совет:**

Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Альгин Владимир Борисович, доктор технических наук, профессор; Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Герасимчик Александр Петрович, кандидат психологических наук, доцент; Дмитриченко Александр Степанович, кандидат технических наук, доцент; Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпиленя Николай Васильевич, доктор военных наук, профессор; Кремень Марк Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Кулаковский Борис Леонидович, кандидат технических наук, доцент; Ласута Геннадий Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лебедкин Александр Владимирович, доктор военных наук, профессор; Пастухов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Порхачев Михаил Юрьевич, кандидат педагогических наук, доцент (Россия); Раимбеков Кендебай Жанабильевич, кандидат технических наук (Казахстан); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

Учредитель – Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии № 18/8 от 9 декабря 2016 г.  
журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь  
для опубликования результатов диссертационных исследований

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации № 1835 от 19 сентября 2016 г.

*Номер подготовлен по результатам исследований научных школ Университета.*

*Всю ответственность за подбор и точность приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.*

*Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.*

*Полная или частичная перепечатка, размножение, воспроизведение или иное использование опубликованных материалов допускаются с обязательной ссылкой на журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».*

**Адрес редакции:** ул. Машиностроителей, 25, г. Минск, 220118

**Контактные телефоны:** (017) 340-53-93 (главный редактор)  
(017) 341-32-99

**Сайт Университета гражданской защиты:** [www.ucsp.by](http://www.ucsp.by)

**E-mail редакции:** [vestnik@ucsp.by](mailto:vestnik@ucsp.by)

**ISSN 2519-237X**

© Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям  
Республики Беларусь», 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

<b>Бирюк В.А., Булавка Ю.А., Иманов Р.Н.о.</b> Методы оценки рисков в системе управления промышленной безопасностью предприятий нефтехимической промышленности .....	437
<b>Гоман П.Н.</b> Оценка способности наземного лесного горючего материала к воспламенению и поддержанию процесса горения по своей поверхности .....	446
<b>Полевада И.И., Нехань Д.С., Батан Д.С.</b> Поведение центрифугированного бетона при пожаре .....	455
<b>Камлюк А.Н., Пармон В.В., Стриганова М.Ю., Морозов А.А.</b> Оптимизация геометрических параметров пеногенератора пожарного ствола СПРУК 50/0,7 «Викинг» .....	470
<b>Рева О.В., Назарович А.Н.</b> Химическое осаждение гибких светоотражающих слоев Ni-P на полиэтилентерефталатной подложке .....	477
<b>Вариков Г.А., Дрозд К.М., Жорник В.И.</b> Коррозионная стойкость газопламенных полимерных покрытий, модифицированных неорганическими добавками .....	485

### Безопасность в чрезвычайных ситуациях (технические науки)

<b>Стриганова М.Ю., Самедов С.А.о.</b> Аспекты теоретических и экспериментальных исследований движения водных потоков при прорыве плотин .....	493
<b>Пасовец В.Н., Пасовец Е.Ю., Бирюк В.А.</b> Инновационный подход к защите от террористических атак, реализуемых с использованием взрывных устройств в местах с массовым пребыванием людей .....	501

### Гражданская оборона

<b>Бордак С.С.</b> Органы управления гражданской обороны района (города): целеполагание, функции и задачи .....	511
---	-----

### Разное (обзоры)

<b>Богданович А.Б., Луц Л.Н., Новицкий В.В., Сергеев В.Н.</b> К вопросу концептуальной истории безопасности .....	521
<b>Каньшина Н.А., Ковалева Т.Г., Ромашевич Т.М.</b> Профессионально ориентированное обучение иностранному языку как актуальное направление подготовки специалистов органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь .....	533
<b>Лопачук О.Н., Лысенкова М.В.</b> Экономическая оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций в организациях промышленности: методические и прикладные аспекты .....	540
<b>Камлюк А.Н., Аушев И.Ю., Дробыш А.С., Криваль Д.В.</b> Исследовательская деятельность центра коллективного пользования уникальным научным оборудованием Университета гражданской защиты МЧС Беларуси .....	549
Авторы статей .....	557
Правила предоставления статей .....	561

## CONTENTS

### Fire and industrial safety (technical sciences)

- Biruk V., Bulauka Yu., Imanov R.** Methods of risks estimation in the system of industrial safety management at petrochemical industry enterprises..... 437
- Homan P.** Evaluation of the ground forest combustible material ability to ignition and maintaining the combustion process on its surface ..... 446
- Palevoda I., Nekhan D., Batan D.** Behavior of centrifuged concrete in case of fire ... 455
- Kamluk A., Parmon V., Striganova M., Marozau A.** Optimization of geometrical parameters of the fire removal penogenerator SPRUK 50/0.7 «Viking» ..... 470
- Reva O., Nazarovich A.** Chemical deposition of flexible reflective layers Ni-P on polyethylene terephthalate underlay..... 477
- Varikov G., Drozd K., Zhornik V.** Corrosive resistance of gas-plasma polymeric coatings modified by inorganic additives ..... 485

### Safety in emergencies (technical sciences)

- Striganova M., Samedov S.** Aspects of theoretical and experimental researches of the movement of water flows during a break of dams ..... 493
- Pasovets V., Pasovets E., Biruk V.** Innovative approach to protection from terrorist acts realized with the use of explosive devices in places with mass human presence .. 501

### Civil defense

- Bordak S.** Civil defense regional governing bodies: goals, functions and tasks..... 511

### Miscellaneous (reviews)

- Bogdanovich A., Luts L., Novitsky V., Sergeev V.** On conceptual history of safety.. 521
- Kanshyna N., Kovaleva T., Ramashevich T.** Professionally oriented foreign language learning as an actual direction in training specialists of units and subunits on emergency situations of the Republic of Belarus..... 533
- Lopaciuk O., Lysenkova M.** Economic assessment of damage from emergencies in industrial organizations: methodological and applied aspects ..... 540
- Kamluk A., Aushev I., Drobysh A., Kryval D.** Research activities of the Center for collective use of unique scientific equipment at the University of Civil Protection of the MES of Belarus..... 549
- Authors ..... 557
- Rules of submitting articles for publication..... 561

УДК 005:614.841.34:665.71

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бирюк В.А., Булавка Ю.А., Иманов Р.Н.о.

Рассмотрены научно-методические представления об анализе риска, возникающего при эксплуатации аварийно-опасных производственных объектов. Проанализирована система научно-технического обеспечения промышленной безопасности данных объектов, включающая процедуру идентификации опасностей и оценку уровня потенциального риска, угрожающего человеку, обществу, имуществу и экологии. На основании полученных данных показана необходимость разработки информационно-аналитических методик, представляющих комплекс, состоящий из математических моделей и систем анализа риска, использование которых будет способствовать более эффективному расходованию и распределению ресурсов, направленных на обеспечение безопасности и интегрированию в систему управления промышленной безопасностью предприятий.

*Ключевые слова:* промышленная безопасность, опасный производственный объект, аварийный риск, методология анализа риска, надежность.

(Поступила в редакцию 24 сентября 2018 г.)

**Введение.** В настоящее время актуальными являются вопросы обеспечения промышленной и пожарной безопасности на объектах добычи, переработки и транспортировки нефти, нефтепродуктообеспечения, химии и нефтехимии. Подтверждение тому – статистика аварийности на крупных промышленных комплексах. К тому же внедрение передовых технологических решений в процессы добычи, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов, предполагающих использование сложных и дорогостоящих разработок, вызывает необходимость комплексного подхода к анализу последствий возможных аварийных ситуаций с целью минимизации материального ущерба и человеческих жертв.

Несмотря на сформированность научно-методических основ теории анализа аварийных рисков, разработки методологии оценки частот, характеризующих реализацию различных вариантов сценария возникновения и развития аварийных ситуаций, построение моделей, описывающих образование полей для различных поражающих факторов, и сейчас в ряде стран, в том числе в Республике Беларусь и Азербайджанской Республике, отсутствуют принятые на национальном уровне и законодательно закрепленные методы анализа аварийных рисков для опасных производственных объектов, а применяемые методики характеризуются фрагментарностью, заимствованием из российской законодательной базы, что не позволяет в достаточно полном объеме решать требуемые задачи на практическом уровне [1].

На наш взгляд, обоснованное ранжирование наиболее значимых и актуальных проблем обеспечения промышленной безопасности для крупных промышленных комплексов позволит более эффективно распределять имеющиеся финансовые и научные средства и ресурсы. Выбор приоритетных задач должен основываться на реальной выполнимости планируемых программ и (или) мероприятий, которые при их реализации будут характеризоваться наибольшей отдачей с единицы затраченных средств для минимизации опасностей техносферы.

Таким образом, для выбора приоритетности определенной проблемы доминирующим фактором является не только размер наносимого ущерба, а также экономическая и социальная эффективность разрабатываемых мероприятий, направленных на решение и (или) ликвидацию факторов аварийного риска. Для объективности выполняемой оценки уровня экономического, социального и экологического ущербов от аварий необходим универсальный концептуальный подход, который позволяет производить сравнительный анализ по критериям эффективности и затратности различных направлений повышения уровня безопасности техносферы.

**Основная часть.** Изучение международных подходов в исследуемой области показало, что методология анализа опасностей и оценки риска в нефтехимической промышленности сформировалась как самостоятельное новое научное направление. Вместе с тем в Азербайджанской Республике данное научное направление находится пока лишь на стадии

становления и существующий научный фундамент для анализа риска не соответствует потребностям общества.

В области промышленной безопасности термин «риск аварии» необходимо рассматривать, используя количественные показатели, характеризующие меру опасности опасных производственных объектов (ОПО) в случае возникновения аварии. Основные задачи анализа риска на ОПО заключаются в получении достоверной и объективной информации о состоянии промышленной безопасности объекта, сведений о наиболее опасных, слабых местах с точки зрения безопасности, обоснованных рекомендаций по уменьшению риска.

Термин «опасность» связывают в первую очередь с возможностью возникновения явлений, процессов, действий или условий функционирования ОПО, которые могут нанести ущерб здоровью людей, привести к их гибели, нанести ущерб окружающей среде или способствовать потере сохранности материальных ценностей.

Наиболее часто в качестве общего показателя опасности аварии принимаются числовые характеристики случайной величины ущерба от аварии, которые могут выражаться как в натуральных, так и в условных единицах (абсолютных или относительных, удельных). В первом случае, когда это выражается человеческими жизнями, оценивают так называемый индивидуальный, коллективный и социальный риск гибели людей при авариях на ОПО. В случае, когда опасность возникновения аварии измеряют риском материальных потерь, оценивают не только средний ожидаемый ущерб, но и определяют функцию распределения этой случайной величины и  $F/n$ -кривую. По ней оценивают наиболее опасные и наиболее вероятные сценарии аварии и возможные потери в них [2]. Пример  $F/n$ -кривой приведен на рисунке 1.

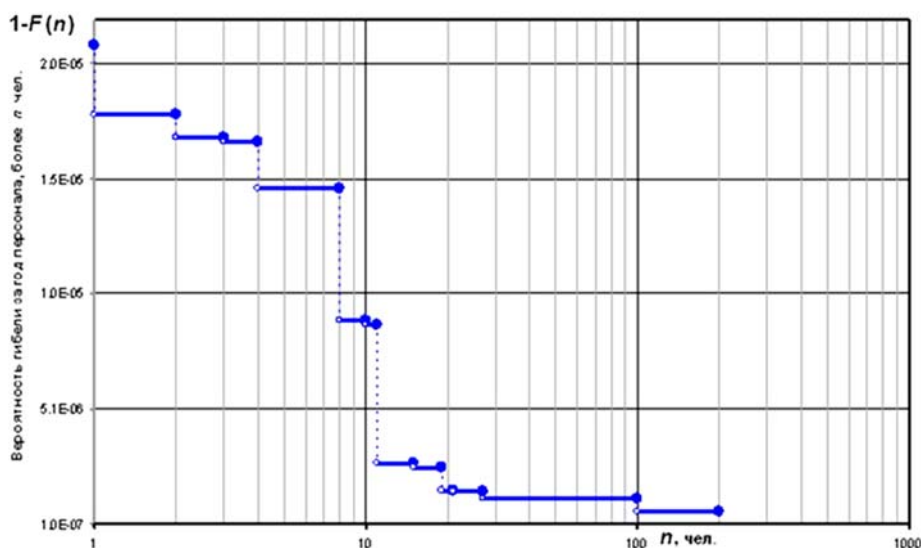


Рисунок 1. –  $F/n$ -кривая числа погибших при аварии в резервуарном парке

В мировой практике одним из наиболее действенных путей решения проблемы снижения аварийности при эксплуатации опасных производственных объектов является метод оценки риска аварий. Не остаются в стороне от мировых тенденций и страны участники Евразийского экономического союза, что подтверждается введением методов риск-анализа в новые нормативные документы, первым из которых является Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» [3].

Данный документ устанавливает минимально необходимые требования безопасности машин и (или) оборудования при разработке (проектировании), изготовлении, монтаже, наладке, эксплуатации, хранении, транспортировании, реализации и утилизации в целях защиты жизни или здоровья человека, имущества, охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей. При подтверждении соответствия машин и оборудования требованиям вышеназванного регламента необходимо готовить обоснование безопасности – документ, содержащий анализ риска, а также сведения из конструкторской, эксплуатационной, технологической документации о минимально необходимых мерах по обеспечению безопасности, сопровождающий машины и (или) оборудование на всех стадиях жизненного цикла и дополняемый сведениями о результатах оценки рисков на стадии эксплуатации после проведения капи-

тального ремонта. Кроме этого, в одной из статей регламента приводятся условия обеспечения допустимого риска на основе идентифицированных видов опасностей.

Еще одной немаловажной областью применения анализа рисков является разработка декларации промышленной безопасности для действующих и вновь строящихся ОПО в соответствии с Законом Республики Беларусь № 354-З «О промышленной безопасности» [4]. Согласно нормативным требованиям [5] под риском понимают вероятность нежелательного происшествия с определенными последствиями, происходящего в определенный период и при определенных обстоятельствах, выраженную как частотой (количеством происшествий за единицу времени), так и возможностью определенного происшествия, следующего за начальным происшествием, а анализ риска – это систематический анализ информации для идентификации опасностей и оценки величины риска для человека, общества, имущества или окружающей среды.

Одним из основных разделов декларации промышленной безопасности является раздел 2 «Результаты анализа состояния промышленной безопасности», который включает сведения об опасных веществах, их наименование, степень их опасности и характер воздействия на организм человека и окружающую среду, в том числе при возникновении аварии; общие сведения о технологическом процессе; сведения о результатах анализа риска аварии. Кроме этого, в структуре расчетно-пояснительной записки, являющейся приложением к декларации промышленной безопасности, обязательно наличие раздела «Анализ риска», который должен включать:

- 1) анализ произошедших аварий и инцидентов (обобщенные данные об авариях и инцидентах, произошедших на опасном производственном объекте);
- 2) перечень наиболее опасных по последствиям аварий и инцидентов, произошедших на аналогичных опасных производственных объектах;
- 3) анализ условий возникновения и развития аварий, в том числе:
  - определение возможных причин возникновения аварий и факторов, способствующих их возникновению и развитию;
  - описание сценариев аварий;
  - обоснование применяемых физико-математических моделей и методов расчета с учетом влияния исходных данных на результаты анализа риска аварий;
  - оценку количества опасных веществ, участвующих в авариях;
  - расчет вероятных зон действия поражающих факторов;
  - оценку возможного числа пострадавших, в том числе погибших, среди работников субъекта промышленной безопасности и иных физических лиц;
  - оценку возможного ущерба от аварий;
  - оценку риска аварий, включающую данные о вероятности аварий, показателях риска причинения вреда работникам субъекта промышленной безопасности на опасном производственном объекте и иным физическим лицам, нанесения ущерба имуществу субъекта промышленной безопасности и вреда окружающей среде.

Использование результатов анализа риска в процессе разработки декларации промышленной безопасности ОПО позволяет идентифицировать наиболее опасные производственные участки декларируемого объекта и наиболее значимые опасные факторы, влияющие на показатели безопасности, ранжировать их в соответствии с уровнем опасности, которые количественно подтверждены уровнем риска, и сравнивать их с уровнем приемлемого риска.

Кроме того, анализ риска является составной частью Положения о производственном контроле ОПО [6], одной из задач которого является анализ состояния промышленной безопасности в субъекте промышленной безопасности и разработка мероприятий, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности и предотвращение вреда и материального ущерба работникам субъекта промышленной безопасности, третьим лицам, окружающей среде. Результаты проведенного анализа служат также исходной информацией для координации работ, направленных на предупреждение аварий и инцидентов на ОПО и (или) потенциально опасных производственных объектах.

Как показывает обзор требований нормативной базы, анализ рисков возникновения аварий занимает все большее место в обеспечении промышленной безопасности производственных объектов. Наиболее полная и точная оценка прогнозов и последствий аварий на ОПО достигается при использовании количественных методов анализа риска, которые позволяют снизить субъективность выводов экспертов, оценивать уровни технической и технологической опасности различной природы, оценивать возможные последствия крупных

аварий на ОПО, принимать превентивные организационно-технические и управленческие решения по снижению уровня риска систем ОПО и определять их экономическую эффективность [7]. Вместе с тем в странах СНГ широко используются качественные методы анализа риска, которые отличаются существенной неопределенностью данных и наличием субъективных оценок потенциальной опасности.

Примером качественной оценки риска может служить практика, принятая в Республике Азербайджан. В целях совершенствования контрольной (надзорной) деятельности в Азербайджанской Республике, определения единого порядка ее проведения, создания дополнительных условий для развития эффективных форм хозяйствования Законом Азербайджанской Республики от 2 июля 2013 года № 714-IVQ «О регулировании проверок, проводимых в области предпринимательства, и защите прав предпринимателей» установлен порядок проведения проверок организаций, перечень сфер контрольной (надзорной) деятельности, а также государственных органов, которые вправе осуществлять проверки. Согласно положениям данного Закона все объекты и организации подразделяются на три категории (группы риска): высокая, средняя и низкая. Государственные органы, имеющие право осуществления контрольной (надзорной) деятельности, вправе назначать плановые проверки объектов исходя из отнесения их к конкретной группе риска. Так, проверка объектов высокой группы риска может проводиться не чаще одного раза в течение календарного года. Если по результатам проведенной контролирующим (надзорным) органом плановой проверки нарушений законодательства проверяемым субъектом не установлено, следующая плановая проверка этого субъекта назначается данным контролирующим (надзорным) органом не чаще одного раза в два календарных года (включая год, в котором проводилась плановая проверка).

Проверка объектов средней группы риска осуществляется не чаще одного раза в три календарных года. Если по результатам проведенной контролирующим (надзорным) органом плановой проверки нарушений законодательства проверяемым субъектом не установлено, следующая плановая проверка этого субъекта назначается данным контролирующим (надзорным) органом не чаще одного раза в пять календарных лет (включая год, в котором проводилась плановая проверка).

Объекты низкой группы риска подвергаются плановой проверке по мере необходимости, но не чаще одного раза в пять календарных лет.

Связь аудита пожарной безопасности с осуществлением государственного пожарного надзора заключается в том, что на основе оценки риска может осуществляться механизм отнесения объекта к группам риска и устанавливаться периодичность их проверок.

Значения уровня риска в равной степени разделяются на пять категорий: до 0,3 включительно – первая категория; от 0,3 до 0,5 – вторая; от 0,5 до 0,7 – третья; от 0,7 до 0,8 – четвертая; более 0,8 – пятая.

В зависимости от размера, выраженного в базовых величинах (б. в.), предлагается разделение ожидаемого ущерба на 4 степени (до 40 б. в. – незначительный; 40 б. в. и более – значительный; 250 б. в. и более – крупный; 1000 б. в. и более – особо крупный ущерб).

Размер ожидаемого ущерба также определяется расчетным путем в ходе осуществления аудита пожарной безопасности и определения уровня риска.

В настоящее время в отечественной нормативной базе появилась методика формирования системы оценки степени риска (утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22 января 2018 г. № 43). Она также используется контролирующими (надзорными) органами в целях отбора субъектов для включения в планы выборочных проверок.

Для оценки степени риска государственные органы определяют критерии оценки степени риска, включающие порядок их оценки, период, за который они оцениваются, и повышающий коэффициент, применяемый при расчете индикатора высокой степени риска. Каждому критерию контролирующими (надзорными) органами присваиваются баллы.

Степень риска субъекта определяется путем суммирования баллов по всем примененным к нему критериям оценки.

После оценки степени риска осуществляется отнесение субъектов к определенной группе. Отнесение субъекта к группе с высокой степенью риска осуществляется, если присвоенная ему степень риска превышает индикатор высокой степени риска ИВ, который рассчитывается по формуле



$$IB = ПК \frac{\sum K_n \cdot KB_n}{OK},$$

где  $ПК$  – повышающий коэффициент, но не менее 1,2;  $K_n$  – количество субъектов с одинаковой степенью риска;  $KB_n$  – количество баллов, присвоенных каждому из субъектов с одинаковой степенью риска;  $OK$  – количество субъектов с риском, включенных в перечень.

Субъекты, отнесенные к группе с высокой степенью риска, рассматриваются контролирующими (надзорными) органами для включения в планы выборочных проверок с учетом имеющихся у этих органов ресурсов.

Вместе с тем в республиках отсутствует система методических документов, позволяющая единообразно проводить анализ и оценку опасностей на основе математических моделей, методик и компьютерных программ.

Развитие количественных методов оценки риска ОПО позволит кроме того рекомендовать индивидуальные меры безопасности, направленные на предупреждение аварий на конкретном производстве, выявлять слабые места каждой технической системы для последующего обоснования мер обеспечения безопасности, а также эффективно расходовать и распределять материальные ресурсы на обеспечение безопасности.

Международный и отечественный опыт проведения анализа опасностей и риска показывает, что количественные методы оценки опасности (которые в свою очередь могут разделяться на предварительный анализ риска и полномасштабный, с применением математических моделей выбросов, рассеяния опасных веществ и построением контуров индивидуального риска вблизи источников опасности) различаются по точности прогноза и объему необходимой исходной информации [8]. Применение тех или иных методов определяется поставленными задачами и целями оценки опасности.

Все существующие математические модели для оценки последствий и риска промышленных аварий, независимо от причин, к ним приводящим, могут быть разделены на три класса: сложные исследовательские модели; простейшие модели для экспресс-оценок; инженерные модели.

Кроме этого, в отдельную группу имеет смысл выделить комплексные системы анализа опасности и оценки риска.

В настоящее время наблюдается тенденция к построению комплексных интегрированных систем для анализа опасности и оценки риска на ОПО (ARAC, IIASA, SAFETI, MERA8). Они включают базы данных и разные модели для оценки риска и строятся на основе объединения моделей, как правило, инженерного класса, позволяют провести анализ большого спектра аварийных ситуаций (табл. 1).

**Таблица 1. – Компьютерные программы оценки последствий и риска промышленных аварий на ОПО**

Название	Разработчик	Область применения
ОБЛАКО	Логус, Красногорск, Россия	Оценка последствий аварий с сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ). Реализована нормативная методика РД 52.04.253-90. Определяет площадь и глубину поражения от первичного и вторичного облаков СДЯВ
ТОКСИ	ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», Россия	Расчет концентрационных полей для различных сценариев аварии с выбросом опасных веществ. Определяет число погибших на основе токсических доз поражения
HORS 2.0 (Hazard Objects Ranking System)	Институт риска и безопасности, Россия	Ранжирование опасных объектов в промышленном регионе на основе методик МАГАТЭ PNI (Potential Hazard Index), МАГАТЭ IAEA-TECDOC-727. Расчет характеристик зоны поражения от аварий со СДЯВ по методике РД 52.04.253-90. Включает базу данных по потенциально опасным объектам, веществам
DEGADIS (DENSE GAs DISPersion)	Havens and Spicer, Arkansas Univ., USA	Моделирование распространения в атмосфере газов тяжелее воздуха (токсичных и взрывоопасных). Моделирование распространения опасных веществ от постоянно действующих и мгновенных источников
DEGATEC	Risk & Industrial Safety Consultants Ins., USA	Моделирование распространения в атмосфере газов тяжелее воздуха (токсичных и взрывоопасных) от постоянно действующих и мгновенных источников. Построение двумерных и трехмерных концентрационных полей

Продолжение таблицы 1.

Название	Разработчик	Область применения
EFFECTS 1.0/2.0	TNO, Holland	Моделирование различных опасных аварийных процессов при пожарах, взрывах и распространении токсических веществ. Расчет двухфазных потоков, испарения, дисперсии и т. п.
DAMAGE	TNO, Holland	Оценка воздействия на людей и строительные конструкции различных поражающих факторов аварий: тепловое излучение, ударная волна, токсическое воздействие, разлет осколков
CAMEO, ALOHA, MARPLOT	National Safety Council, USA	Оценка последствий аварии для более чем 5000 опасных веществ и определение необходимых мероприятий по их ликвидации. Моделирование распространения опасных веществ в атмосфере (ALOHA) и построение результатов расчета на карте (MARPLOT).
PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools)	Det Norske Veritas, UK	Определение и анализ последствий аварий для 55 токсичных и взрыво-, пожароопасных веществ (зоны токсических поражений, огненный шар, факел, пожар пролива, взрыв и т. п.)

Следует отметить, что большинство из представленных моделей и систем анализа риска пригодны для моделирования только отдельных сценариев развития аварий и определенных типов поражающих факторов и не оценивают опасность производственного объекта в целом.

Для количественной оценки риска ОПО эти модели, как правило, малоприменимы, т. к. требуется рассмотрение большого числа возможных аварийных сценариев. К ним прибегают в отдельных случаях, когда можно ограничиться рассмотрением небольшого количества сценариев, можно использовать эти модели для количественной оценки риска.

Современные условия функционирования промышленных объектов характеризуются, с одной стороны, сформированностью общемировых подходов в необходимости оценки риска возникновения аварий на наиболее опасных объектах химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а с другой стороны – разрозненностью и разобщенностью прикладных методик количественной оценки риска аварий и их последствий.

Все вышеупомянутые интегрированные системы для анализа опасности и оценки риска на ОПО используют в основном стационарные модели и модели для конкретных объектов нефтехимической отрасли промышленности. Эти системы не являются универсальными: объект их исследования – кратковременно действующие источники высвобождения энергии или опасных веществ; не ведется оценка экономического ущерба.

**Заключение.** К настоящему времени в мире сформировались научные основы оценки потенциальной опасности промышленных объектов с использованием методологического инструмента теории анализа риска, однако существующие методики носят фрагментарный характер и различную степень точности, кроме того, не существует единой (общепринятой) методики анализа риска.

Методы анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтехимической отрасли должны учитывать все значимые физические явления и эффекты, возникающие при реализации аварий; частотные характеристики различных сценариев возникновения и развития аварии, с учетом возникающих эффектов «домино»; проведение возможных мероприятий по снижению потенциальной опасности промышленных объектов; должны позволять решать задачу количественной оценки потенциальной опасности промышленных объектов для персонала и населения. Результаты анализа риска используются при декларировании, экспертизе промышленной безопасности; обосновании организационной технической решений по ее обеспечению; страховании; экономическом анализе «стоимость – безопасность – выгода»; оценке воздействия опасных производственных объектов на окружающую среду и в других случаях, связанных с управлением промышленной безопасностью.

Необходимо на основе развития теории анализа риска разработать методический аппарат количественного анализа риска крупных производственных аварий на объектах хранения, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов с использованием математических методов исследования. Данная методика должна рассматривать все возможные виды инцидентов и аварийных ситуаций с учетом их развития и результирующего воздействия на систему со всесторонней оценкой возможных последствий и разработкой предупредительных мер.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иманов, Р.Н. Анализ пожарной опасности технологического процесса хранения нефти и нефтепродуктов на основе оценки риска / Р.Н. Иманов, В.А. Бирюк // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов), Минск, 7–8 апр. 2016 г. / Командно-инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь; орг. ком.: И.И. Полевода [и др.]: в 2 ч. – Ч. 1. – Минск: КИИ, 2016. – С. 39–40.
2. Гражданкин, А.И. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2001. – № 5. – С. 33–36.
3. О безопасности машин и оборудования: ТР ТС 010/2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Documents/P\\_823\\_1.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Documents/P_823_1.pdf). – Дата доступа: 19.12.2017.
4. О промышленной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2016 г., № 354-З // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
5. Об утверждении Положения о порядке разработки, оформления и представления декларации промышленной безопасности, внесения в нее изменений и (или) дополнений и учета таких деклараций [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 авг. 2016 г., № 627 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
6. Об утверждении Примерного положения об организации и осуществлении производственного контроля в области промышленной безопасности [Электронный ресурс]: Постановление МЧС Респ. Беларусь, от 15 июля 2016 г., № 37 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
7. Тверигин, А.А. Использование анализа риска в обеспечении промышленной безопасности / А.А. Тверигин // Технические науки – от теории к практике: материалы XVIII междунар. заоч. науч.-практ. конф., Новосибирск, 20 фев. 2013 г. / редкол.: Р.М. Ахмеднабиев [и др.]. – Новосибирск: СибАК, 2013. – С. 184–187.
8. Швецова-Шиловская, Т.Н. Научно-методические основы анализа аварийного риска производственных объектов / Т.Н. Швецова-Шиловская [и др.] // Химическая и биологическая безопасность. – 2012. – № 1–2. – С. 17–27.

## METHODS OF RISKS ESTIMATION IN THE SYSTEM OF INDUSTRIAL SAFETY MANAGEMENT AT PETROCHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES

**Viktar Biruk**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

**Yuliya Bulauka**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor,

Educational establishment «Polotsk State University», Novopolotsk, Belarus

**Rasim Imanov**

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The scientific and methodological bases of risk analysis arising from possible accidents at hazardous industrial facilities are considered.

*Methods.* The comparison of modern domestic and foreign methods for risk analysis arising from possible accidents at hazardous industrial facilities for employees.

*Findings.* The understanding of risk of accidents from the perspective of industrial safety and social insurance is presented.

*Application field of research.* The system of scientific and technical methods for ensuring industrial safety of these facilities is considered, including identification of hazards and the assessment of the risk value to a person, society, property or the environment.

*Conclusions.* It was shown the need to develop information and analytical techniques that represent a complex of mathematical models and risk analysis systems allowing efficient use and allocation of resources for safety, and integrate into the industrial safety management system.

*Keywords:* industrial safety, hazardous industrial object, accidental risk, risk assessment methodology, reliability.

(The date of submitting: September 24, 2018)

### REFERENCES

1. Imanov R.N., Biryuk V.A. Analiz pozharnoy opasnosti tekhnologicheskogo protsessa khraneniya nefi i nefteproduktov na osnove otsenki riska [Fire hazard analysis of the process of storing oil and petroleum products based on risk assessment] *Proc. X Intern. scientific-practical conf.: «Obespechenie bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: problemy i perspektivy»*, Minsk, April 7–8, 2016. Minsk: Institute for Command Engineers of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus', 2016. Part 1. Pp. 39–40. (rus)
2. Grazhdankin A.I., Lisanov M.V., Pecherkin A.S. Ispol'zovanie veroyatnostnykh otsenok pri analize bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov [Using probabilistic assessments in the safety analysis of hazardous production facilities]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2001. No. 5. Pp. 33–36. (rus)
3. *Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti mashin i oborudovaniya. TR TS 010/2011»* [Technical regulations of the Customs Union «On the safety of machinery and equipment. TR CU 010/2011»], available at: [http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/deptexreg/tr/Documents/P\\_823\\_1.pdf](http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/deptexreg/tr/Documents/P_823_1.pdf) (accessed: December 19, 2017). (rus)
4. *O promyshlennoy bezopasnosti* [About industrial safety]: *Law of the Republic of Belarus, January 5, 2016, No. 354-Z*. Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
5. Ob utverzhenii Polozheniya o poryadke razrabotki, oformleniya i predstavleniya deklaratsii promyshlennoy bezopasnosti, vneseniya v nee izmeneniy i (ili) dopolneniy i ucheta takikh deklaratsiy [On approval of the Regulations on the procedure for the development, execution and submission of the declaration of industrial safety, making changes and (or) additions to it and taking into account such declarations]: *Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, August 10, 2016, No. 627*. Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)

6. Ob utverzhdenii Primernogo polozheniya ob organizatsii i osushchestvlenii proizvodstvennogo kontrolya v oblasti promyshlennoy bezopasnosti [On approval of the Model provision on the organization and implementation of production control in the field of industrial safety]: *Decree of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus July 15, 2016, No.37*. Konsul'tant Plyus, Belarus. ООО «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
7. Tverigin A.A Ispol'zovanie analiza riska v obespechenii promyshlennoy bezopasnosti [Using risk analysis in industrial safety]. *Proc. XVIII Intern. extramural scientific-practical. conf. «Technical sciences - from theory to practice», Novosibirsk, February 20, 2013*. Ed. by R.M. Akhmednabiev et al. Novosibirsk: SibAK, 2013. Pp. 184–187. (rus)
8. Shvetsova-Shilovskaya T.N., Polehina O.V., Gromova T.V., Gamzina T.V., Afanas'eva A.A., Nazarenko D.I., Ivanov D.E. Nauchno-metodicheskie osnovy analiza avariynogo riska proizvodstvennykh ob"ektov [Scientific and methodological basis for the analysis of emergency risk of production facilities] *Khimicheskaya i biologicheskaya bezopasnost'*, 2012. No. 1–2. Pp. 17–27. (rus)

УДК 614.841.42:630

## ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ НАЗЕМНОГО ЛЕСНОГО ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА К ВОСПЛАМЕНЕНИЮ И ПОДДЕРЖАНИЮ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ПО СВОЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Гоман П.Н.

Представлены методика и результаты экспериментальных исследований процессов воспламенения и горения наземного лесного горючего материала. Получены значения скорости распространения фронта пламени по слою мха, опада сосновой хвои, еловой хвои, коры, листвы, мелких веток, а также значения высоты фронта пламени и тепловой нагрузки, требуемой для поддержания процесса горения. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с данными натурных экспериментов по оценке динамики лесных низовых пожаров.

*Ключевые слова:* лесной пожар, лесной горючий материал, скорость распространения пламени, тепловое излучение, воспламеняемость.

(Поступила в редакцию 19 октября 2018 г.)

**Введение.** Лес является бесценным природным богатством на планете, т. к. выполняет множество функций, начиная от фотосинтеза и заканчивая энергетикой. При этом целый ряд государств ежегодно страдает от лесных пожаров, обстановка с которыми в последние годы только усугубилась. Увеличение количества и площади лесных пожаров, тяжести последствий от них во многом вызвано глобальным потеплением, вследствие которого в ряде стран устанавливается продолжительный засушливый период и создаются благоприятные условия для возникновения пожаров. Во время лесного пожара в атмосферу выбрасывается огромное количество углекислого газа, что способствует еще быстрейшему наступлению глобального потепления. Кроме того, слои пыли и сажи от пожаров приводят к таянию ледников, что влияет на рост уровня моря и создает вероятность затопления обширных побережных территорий по всему миру.

В качестве примеров крупных лесных пожаров в ряде стран за последние годы можно выделить следующие случаи:

23 июля 2018 г. в Греции вблизи Афин возникли крупные лесные пожары, число жертв которых составило 50 человек, еще 69 пострадавших были госпитализированы. Более 700 человек спасены специальными службами и рыбаками с пляжей, куда люди бежали от огня. Лесные пожары, возникшие из-за жары, бушевали в трех районах столичной области Аттика – в районе города Кинета в 50 км к западу от Афин, в восточной Аттике и в районе города Каламос [1].

17 июня 2017 г. в Португалии в районе населенного пункта Педроган-Гранди к северо-востоку от Лиссабона возник крупный лесной пожар. Его жертвами стали 66 человек, более 200 человек пострадали. Большинство погибших были автомобилистами, которые пытались эвакуироваться в безопасные районы, но попали в огненную ловушку на одной из дорог (рис. 1) [1].



Рисунок 1. – Последствия лесных пожаров в Португалии в 2017 г.

8–28 октября 2017 г. лесные пожары в ряде округов штата Калифорния (США) полностью уничтожили район Кофи-Парк в городе Санта-Роза, а также несколько поселков. В

округах Напа и Сонома 44 человека погибли, около 100 тыс. человек были эвакуированы, огонь уничтожил и повредил 8,9 тыс. построек. Общая площадь территории, которая подверглась воздействию пожаров, превысила 99 тыс. га, это больше, чем занимает самый густонаселенный город США Нью-Йорк. Нанесенный пожарами ущерб был оценен в 9,4 млрд долларов США [1].

Лесные массивы Республики Беларусь пересекаются с рядом сопредельных государств, таких как Литва, Россия и Украина, в которых также зафиксирован скачок возникновения лесных пожаров. Особую опасность для Республики Беларусь представляют леса, подвергшиеся радиационному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Так, в 2015 г. горела западная часть Чернобыльской зоны отчуждения. Особенно интенсивно горел лес в апреле и августе. Весенние пожары уничтожили растительность на площади 11 тыс. га, а в августе сгорело 5,4 тыс. га лесов, лугов и брошенных населенных пунктов (Лубянка, Ильинцы, Глинка и др.). Общая площадь территории, охваченной пожарами в 2015 г. в Чернобыльской зоне отчуждения, составила более 16 тыс. га [2]. В 2017 г. возник похожий случай. В результате технологической вырубki леса для прокладки железной дороги произошло возгорание остатков древесины и лесной подстилки, распространившееся на площадь около 20 га [3]. В 2018 г. в результате возникновения лесного пожара в зоне отчуждения сгорело около 10 га леса [4]. Анализ этих случаев показывает практическую невозможность быстрой ликвидации пожаров на радиационно-загрязненных территориях силами аварийно-спасательных подразделений и предотвращения переноса радиоактивных веществ на сопредельные европейские страны. Это требует дальнейшего изучения процессов, связанных с возникновением и распространением лесных пожаров, особенно в условиях глобального потепления. Важное место в исследовании лесных пожаров занимают вопросы оценки способности лесного горючего материала (далее – ЛГМ) к воспламенению и поддержанию процесса горения по своей поверхности. Изучение данных свойств позволит усовершенствовать современные способы прогнозирования возникновения лесных пожаров и оценки динамики их распространения.

**Методика экспериментальных исследований.** Для проведения экспериментальных исследований процессов воспламенения и горения ЛГМ в сосновых насаждениях Республики Беларусь, отнесенных к наиболее опасному первому лесопожарному поясу, были отобраны образцы наземного ЛГМ – мох, опад сосновой хвои, еловой хвои, коры, листвы и мелких веток. Перед проведением испытаний с применением сушильно-весового метода по ГОСТ 16588-91 образцы ЛГМ были доведены до влажности 10–30 %, что отвечает условиям пожароопасных засушливых периодов, когда по данным [5] возникает 96 % от общего количества пожаров.

Испытания проводились на установке, которая соответствовала требованиям ГОСТ 30444-97 (рис. 2). Для испытаний было подготовлено по пять образцов каждого вида ЛГМ влажностью 10 %, 20 % и 30 % [6, 7].

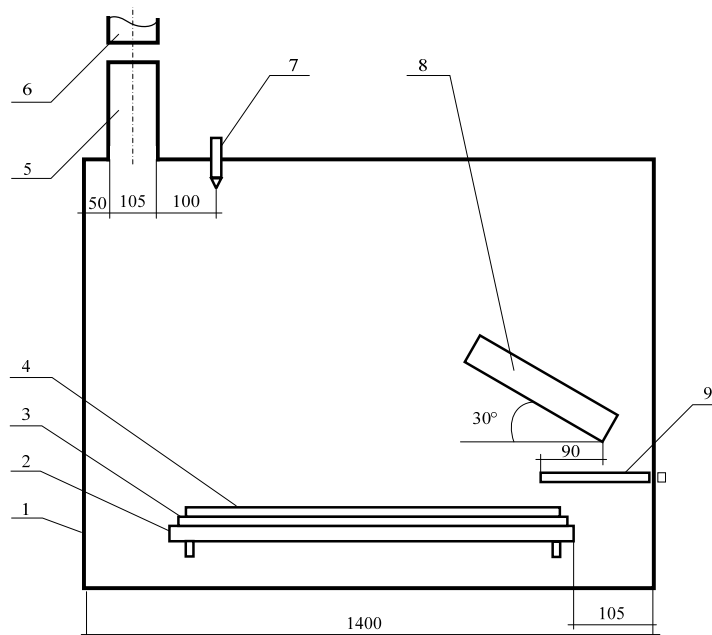
В начальной стадии испытания осуществлялось равномерное размещение на держателе образца ЛГМ конкретного вида по плотности и объемному весу, отвечающему условиям его естественного произрастания. Далее держатель образца помещался на платформу и вводился в камеру установки. Воспламенение образца осуществлялось с помощью опускания факела пламени газовой горелки в точку «0» на поверхности образца (рис. 3).

В процессе испытания фиксировалось время продвижения фронта пламени от момента воспламенения в точке «0» до противоположного края образца, высота пламени и продолжительность пламенного горения.

После окончания испытания открывалась дверца камеры, выдвигалась платформа, извлекался держатель с образцом, определялась масса несгоревшего остатка и коэффициент полноты сгорания образца.

Испытание каждого последующего образца проводилось после охлаждения держателя образца до комнатной температуры.

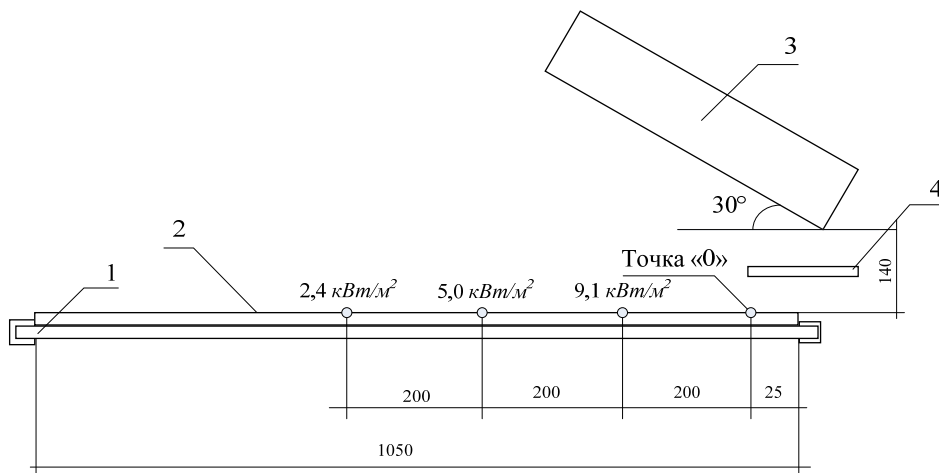
В случае, если пламя не достигало противоположного края образца, измерялась длина поврежденной части образца по его продольной оси. Измерения проводилось с точностью до 1 мм. Повреждением считалось выгорание и обугливание образца в результате распространения пламенного горения по его поверхности. Длину распространения пламени определяли как среднее арифметическое значение по длине поврежденной части пяти образцов.



1 – испытательная камера; 2 – платформа; 3 – держатель образца; 4 – образец; 5 – дымоход; 6 – вытяжной зонт; 7 – термопара; 8 – радиационная панель; 9 – газовая горелка (размеры в мм)

**Рисунок 2. – Установка для испытаний на распространение пламени**

Величину требуемой для распространения пламени поверхностной плотности теплового потока (далее – ПТП) устанавливали на основании результатов измерения длины распространения пламени по графику распределения ПТП по поверхности образца, полученному при калибровке установки [6, 7].



1 – держатель образца; 2 – образец; 3 – радиационная панель; 4 – газовая горелка (размеры в мм)

**Рисунок 3. – Схема взаимного расположения радиационной панели, образца и газовой горелки**

**Результаты экспериментальных исследований.** В результате проведенных экспериментальных исследований процессов воспламенения и горения наземного ЛГМ в виде мха, опада сосновой хвои, еловой хвои, листвы, коры и мелких веток установлено, что все исследуемые ЛГМ влажностью 10–30 % способны воспламениться при воздействии пламени газовой горелки. Время воспламенения ЛГМ составляло 1–4 с. При этом способность поддерживать процесс горения по своей поверхности проявляют лишь мох, опад сосновой хвои и листвы. Опавшая еловая хвоя, мелкие ветки и сосновая кора не способны самостоятельно формировать фронт пламени, достаточный для прогрева и воспламенения последующей порции ЛГМ, и поддерживают процесс распространения пламени лишь при наличии более пожароопасных материалов на своей поверхности. Пример проведения испытания для образца опада листвы представлен на рисунке 4.





**Рисунок 4. – Горение образца опавшей листвы а) в начальной стадии эксперимента; б) при достижении пламенем середины образца; в) в завершающей стадии эксперимента**

Экспериментальные исследования также показали, что в процессе проведения испытаний можно выделить 4 зоны распространения пламени по поверхности ЛГМ, способных к самостоятельному поддержанию процесса горения. В частности, для мха указанные зоны выделены на рисунке 5.

Первая и вторая зоны характеризуются высокой скоростью распространения пламени, равной 3,13 м/мин. Это связано с тем, что в подобных зонах создается высокая ППТП от радиационной панели установки, которая находится в интервале от 17,5 до 3,56 кВт/м<sup>2</sup>.

В третьей зоне скорость распространения пламени по поверхности образца уменьшается и составляет 1,78 м/мин. Уменьшение скорости связано с тем, что ППТП, создаваемая радиационной панелью на расстоянии от 0,5 до 0,75 м, снижается и находится в диапазоне от 3,56 до 1,13 кВт/м<sup>2</sup>.

В четвертой зоне плотность лучистого теплового потока, создаваемого радиационной панелью, составляет менее  $1,13 \text{ кВт/м}^2$ . Скорость распространения пламени по слою образца в этой зоне уменьшается до  $0,89 \text{ м/мин}$ . Из этого следует, что в четвертой зоне ПТП, создаваемая источником излучения, минимальна. Процесс распространения пламени осуществляется путем прогрева и воспламенения продуктов пиролиза фронтом пламени, формируемом при горении ЛГМ. В условиях реального пожара эта зона максимально приближена к случаю, когда процесс горения осуществляется исключительно по слою наземного ЛГМ и нет дополнительного потока тепла в область прогрева ЛГМ от горящего подлеска или подростка.

Анализ процесса горения опавшей сосновой хвои можно провести по рисунку 6.

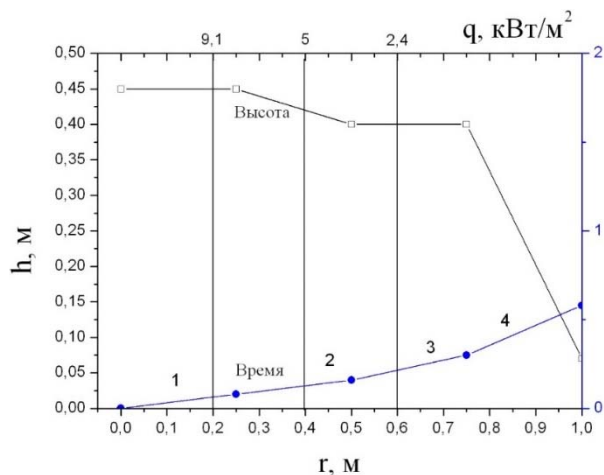


Рисунок 5. – Высота фронта пламени и время его продвижения по слою мха влажностью 10 %

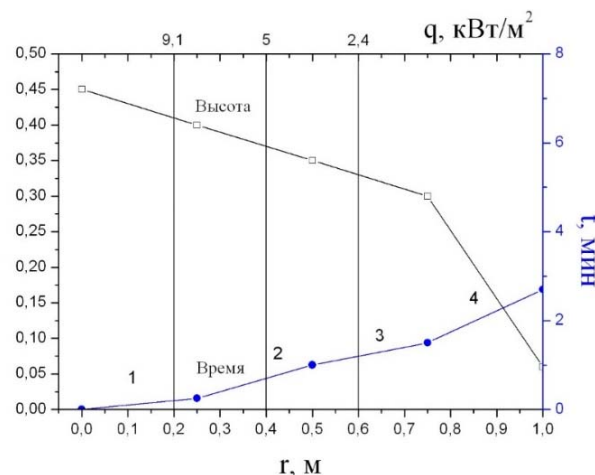


Рисунок 6. – Высота фронта пламени и время его продвижения по слою опада сосновой хвои влажностью 10 %

При горении сосновой хвои первая зона характеризуется высокой скоростью распространения пламени, равной  $1 \text{ м/мин}$ . Во второй и третьей зоне скорость распространения пламени по поверхности образца практически одинакова, но по сравнению с первой зоной уменьшается и составляет  $0,23 \text{ м/мин}$ . В четвертой зоне скорость распространения пламени по слою образца равна  $0,21 \text{ м/мин}$ .

На рисунках 7 и 8 представлены аналогичные зависимости для слоя опавших веток, для которых характерно затухание и прекращение горения.

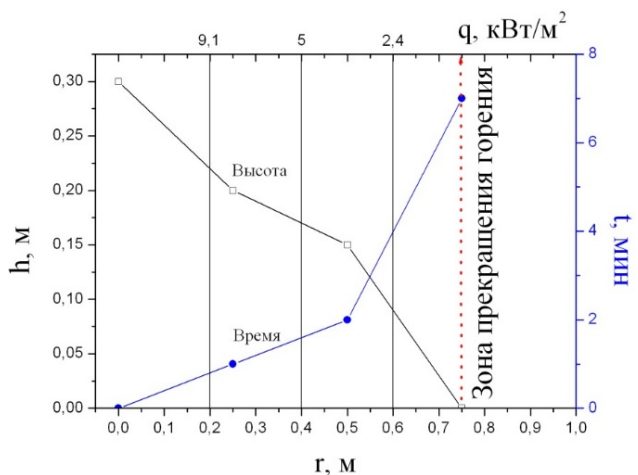


Рисунок 7. – Высота фронта пламени и время его продвижения по слою опавших веток влажностью 10 %

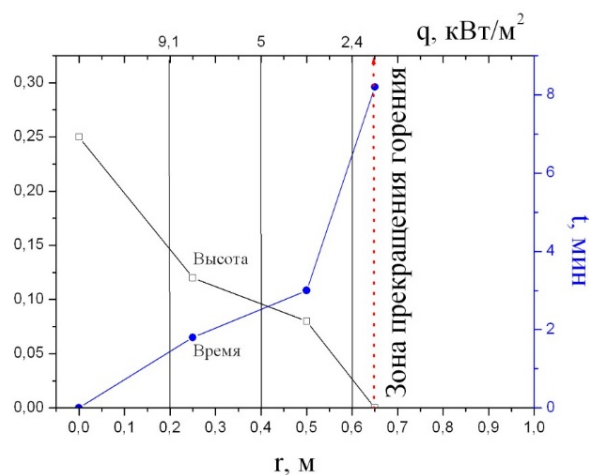


Рисунок 8. – Высота фронта пламени и время его продвижения по слою опавших веток влажностью 30 %

Как следует из рисунков 7 и 8, для образцов опавших веток, как и для образцов еловой хвои и сосновой коры, моментом, свидетельствующим о вероятном прекращении горения, является факт уменьшения пламени до высоты порядка  $5\text{--}10 \text{ см}$ . Принимая во внимание, что процесс горения ЛГМ осуществляется, как правило, в три стадии: прогрев, пиролиз, воспламенение, – указанная высота пламени не способна преодолеть два первых этапа.

Дополнительный прогрев ЛГМ при этом может быть обеспечен внешней ПТПП, что в реальных условиях выражено горением подлеска, подроста и прочих ЛГМ с большей высотой пламени.

Результаты определения условий распространения пламени по слою ЛГМ влажностью 10 %, что представляет наибольший практический интерес, приведены в таблице 1.

**Таблица 1. – Результаты экспериментальных исследований условий распространения пламени по поверхности ЛГМ влажностью 10 %**

Вид ЛГМ	Скорость распространения пламени, м/мин		Характеристика слоя ЛГМ		
	минимальная	максимальная	Поверхностная плотность, кг/м <sup>2</sup>	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Высота слоя, м
Мох	0,89	3,13	0,46–0,50	12,0–14,8	0,034–0,038
Сосновая хвоя	0,21	1,00	0,46–0,48	12,6–19,9	0,024–0,036
Опавшая листва	0,23	1,20	0,43–0,47	29,1–33,3	0,013–0,015
Еловая хвоя	не поддерживает распространение пламени по своей поверхности, требуется внешняя ПТПП более 2 кВт/м <sup>2</sup>		0,90–0,94	76,4–81,9	0,011–0,013
Кора	не поддерживает распространение пламени по своей поверхности, требуется внешняя ПТПП более 5,2 кВт/м <sup>2</sup>		1,41–1,43	109,3–112,9	0,011–0,013
Мелкие ветки	не поддерживает распространение пламени по своей поверхности, требуется внешняя ПТПП более 1,1 кВт/м <sup>2</sup>		1,35–1,36	53,7–57,8	0,023–0,025

Из представленных в таблице данных следует, что наиболее пожароопасным ЛГМ является мох, скорость распространения пламени по поверхности которого существенно выше, чем для других материалов, и достигает 3,13 м/мин. Определяющую роль в распространении пламени по поверхности ЛГМ имеет высота пламени, которая зависит от интенсивности процессов прогрева и пиролиза. Принимая во внимание, что граничные условия прогрева в начальной стадии эксперимента одинаковые, более высокий фронт пламени при сгорании мха обусловлен высокой оптической проницаемостью среды и высоким содержанием воздуха внутри материала. В конечном итоге это приводит к быстрому сгоранию порции материала с высокой скоростью выделения продуктов пиролиза. Дальнейшее распространение пламени по поверхности материала обусловлено интенсивностью прогрева новых порций ЛГМ до температуры самовоспламенения.

**Сравнительный анализ полученных результатов с данными натурального эксперимента.** Скорость развития площади и периметра лесного пожара сильно обусловлена типом растительности, а соответственно, типом наземного ЛГМ. Для оценки потенциальной площади и периметра лесного пожара необходимо произвести анализ растительности лесного насаждения и сделать вывод о преимущественном составе лесного напочвенного покрова [5]. В безветренную погоду площадь и периметр лесного низового пожара с однотипной растительностью следует принимать круглой формы и рассчитывать по формулам (1) и (2) соответственно.

$$S = 3,14 \cdot 10^{-4} v^2 t^2, \quad (1)$$

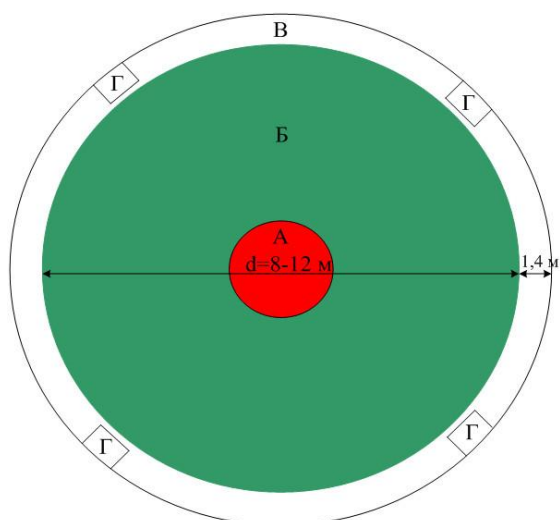
$$P = 6,28vt, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь пожара в момент времени  $t$  (мин), га;  $P$  – периметр пожара, м;  $v$  – скорость распространения пламени по поверхности ЛГМ, м/мин.

При неоднородном составе напочвенного покрова скорость распространения пламени рекомендуется принимать по наземному ЛГМ с наибольшей скоростью распространения пламени.

В работе [8] приведены результаты натуральных экспериментальных исследований процесса распространения пламени по слою наземного ЛГМ хвойных насаждений Беларуси. Суть эксперимента заключалась в создании на территории лесного фонда экспериментальных площадок круглой формы диаметром 8–12 м, окаймленных минерализованной полосой (рис. 9). В процессе эксперимента фиксировались данные по высоте, температуре и скорости распространения фронта пламени.

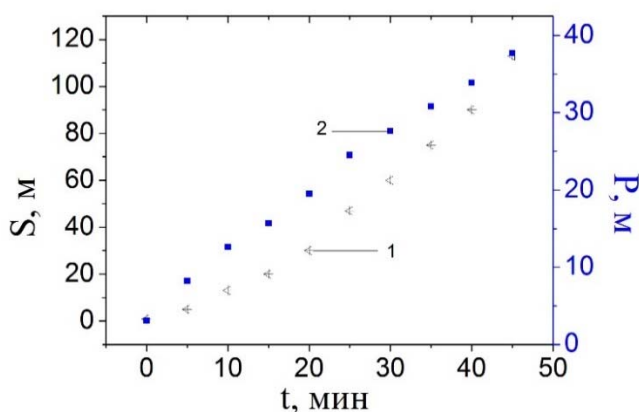




А – зона пуска огня ( $d = 1 \text{ м}$ ); Б – зона ЛГМ ( $d = 8-12 \text{ м}$ ); В – минерализованная полоса шириной 1,4 м; Г – зона ЛГМ для контроля температуры в его слое

**Рисунок 9. – Общая схема модельного очага лесного низового пожара**

В результате проведенных экспериментов было установлено, что в начальный период развития пожара при переходе пламени из зоны А в зону Б скорость распространения фронта пламени возрастает постепенно, что характерно для периода разгорания. В дальнейшем развитие пожара с перемещением его фронта происходит почти с постоянной скоростью. Это отвечает увеличению периметра пожара по закону, близкому к линейному с течением времени (рис. 10). Горизонтальность испытательных площадок и относительная слабость ветра привели к реализации контура пламени почти круглой формы (рис. 11).



**Рисунок 10. – Зависимость площади (1) и периметра (2) пожара от времени горения модельных очагов; температура окружающей среды – 20 °С, скорость ветра – 1 м/с, запас ЛГМ – 1,4 кг/м², его влажность – 20 %**

**Рисунок 11. – Горение ЛГМ при проведении натурного эксперимента**

Как следует из рисунка 10, скорость распространения пламени по преобладающей в натурном эксперименте сосновой хвое в период установившегося горения составила порядка 0,21 м/мин, что полностью соответствует полученным в данной работе результатам (табл. 1).

**Заключение.** В результате проведенных экспериментальных исследований процессов воспламенения и горения наземного ЛГМ выявлены основные проводники горения – мох, опад сосновой хвои и листья, а также материалы, не способные к самостоятельному распространению пламени по своей поверхности – опад еловой хвои, коры, мелких веток. Определены значения скорости распространения и высоты фронта пламени при горении указанных ЛГМ. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с данными натурного эксперимента, свидетельствующий об их хорошем согласовании, а также позволяющий сделать вывод о том, что предложенные в данной работе подходы и полученные результаты по условиям воспламенения и горения ЛГМ хвойных насаждений могут быть использованы для оценки условий возникновения и распространения лесных пожаров.

Работа выполнена в рамках функционирующей в Университете гражданской защиты МЧС Беларуси научной школы «Мониторинг, прогнозирование и предупреждение чрезвычайных ситуаций. Оценка рисков» по направлению «Риски возникновения пожаров в природных экосистемах».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крупнейшие лесные пожары в мире. Досье [Электронный ресурс] // ТАСС. – Режим доступа: <https://tass.ru/info/5397861>. – Дата доступа: 11.10.2018.
2. Чернобыль, Припять, Чернобыльская АЭС и зона отчуждения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chornobyl.in.ua/pozar-chernobyl-2015.html>. – Дата доступа: 11.10.2018.
3. В лесу в Чернобыльской зоне произошел крупный пожар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://censor.net.ua/news/445922/v\\_lesu\\_v\\_chernobylskoyi\\_zone\\_proizoshel\\_krupnyyi\\_pojar](https://censor.net.ua/news/445922/v_lesu_v_chernobylskoyi_zone_proizoshel_krupnyyi_pojar). – Дата доступа: 11.10.2018.
4. В Чернобыльской зоне на территории Украины горит лес [Электронный ресурс] // Новости tut.by. – Режим доступа: <https://news.tut.by/accidents/595654.html?crnd=61838>. – Дата доступа: 11.10.2018.
5. Усеня, В.В. Лесная пирология: учеб. пособие / В.В. Усеня, Е.Н. Каткова, С.В. Ульдинович. – Гомель, 2011. – 264 с.
6. Моделирование процесса распространения пламени по слою наземного лесного горючего материала: отчет о НИР (заключ.) / Университет гражданской защиты МЧС Беларуси; рук. П.Н. Гоман. – Минск, 2017. – 56 с. – № ГР 20150943.
7. Гоман, П.Н. Экспериментальное исследование процесса распространения пламени по слою лесного горючего материала / П.Н. Гоман // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2018. – № 1(43). – С. 65–76.
8. Гоман, П.Н. Экспериментально-численное моделирование процесса горения и распространения огня в условиях лесного низового пожара [Электронный ресурс] / П.Н. Гоман, В.Р. Соболев, Д.В. Баровик, В.Б. Таранчук // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 3 (37). – 2011. – 14 с. – Режим доступа: <http://elib.bspu.by/bitstream/doc/2029/1/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F%20%D0%A2%D0%A2%D0%91.pdf>. – Дата доступа: 11.10.2018.

## EVALUATION OF THE GROUND FOREST COMBUSTIBLE MATERIAL ABILITY TO IGNITION AND MAINTAINING THE COMBUSTION PROCESS ON ITS SURFACE

Pavel Homan, PhD in Technical Science, Associate Professor

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The article is devoted to the study of the processes of ignition and combustion of ground forest combustible material with the aim of further assessing the possibility of occurrence and spread of forest fires. The object of the research is ground forest combustible material in form of moss, fir-spruce pine needles, spruce needles, bark, foliage and small branches. The subject of the research is the process of ignition and combustion of ground forest combustible material.

*Methods.* The method of experimental study of the processes of ignition and combustion of ground forest combustible material was used; the analysis of the obtained results and their comparison with the data of a natural experiment were carried out.

*Findings.* The experimental data on the rate of flame spread on the layer of ground forest combustible material, the height of the flame front and the thermal load required to maintain the combustion process was obtained, which are important for the theory of forest fires. The scientific novelty of the obtained results is to establish regularity of occurrence and spread of forest fires.

*Application field of research.* Units and subunits for emergencies can use the obtained results to predict the conditions of occurrence and spread of forest fires.

*Conclusions.* The research technique and the results of experimental investigations of the processes of ignition and combustion of ground forest combustible material are presented. The values of the rate of flame spread on the layer of moss, pine needles, spruce needles, bark, foliage and small branches and the values of the height of the flame front and the thermal load required to maintain the combustion process were obtained. It was established that the main conductor of ground burning in the forest is moss, the rate of flame spread over its surface reaches 3,13 m/min. Materials that maintain the flame spreading process are moss, pine needles and foliage. Spruce needles, bark and small branches do not form a flame front sufficient to support the combustion process. For these forest combustible materials the heat load required to maintain the combustion process should be more than 5,2 kW/m<sup>2</sup>, 2 kW/m<sup>2</sup> and 1,1 kW/m<sup>2</sup>, respectively.

*Keywords:* forest fire, forest combustible material, flame velocity, thermal radiation, flammability.

(The date of submitting: October 19, 2018)

### REFERENCES

1. *The largest forest fires in the world. Dossier*, available at: <https://tass.ru/info/5397861> (accessed: October 11, 2018). (rus)
2. *Chernobyl, Pripyat, Chernobyl NPP and the exclusion zone*, available at: <http://chornobyl.in.ua/pozar-chernobyl-2015.html> (accessed: October 11, 2018). (rus)
3. *A large fire occurred in the forest in the Chernobyl zone*, available at: [https://censor.net.ua/news/445922/v\\_lesu\\_v\\_chernobylskoyi\\_zone\\_proizoshel\\_krupnyyi\\_pozar](https://censor.net.ua/news/445922/v_lesu_v_chernobylskoyi_zone_proizoshel_krupnyyi_pozar) (accessed: October 11, 2018). (rus)
4. *The forest is burning In the Chernobyl zone in Ukraine*, available at: <https://news.tut.by/accidents/595654.html?crnd=61838> (accessed: October 11, 2018). (rus)
5. Usenya V.V., Katkova E.N., Ul'dinovich S.V. *Lesnaya pirologiya* [Forest pyrology]: tutorial. Gomel', 2011. 264 p. (rus)
6. Goman P.N. et al. *Modelirovanie protsessa rasprostraneniya plameni po sloyu nazemnogo lesnogo goryuchego materiala* [Modeling the flame spread process in the layer of forest combustible material]: report (final). University of Civil Protection. Minsk, 2017. 56 p. State registration No. 20150943. (rus)
7. Goman P.N. Eksperimental'noe issledovanie protsessu rasprostraneniya plameni po sloyu lesnogo goryuchego materiala [Experimental investigation of the flame spread process in the layer of forest combustible material]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2018. No. 1 (43). Pp. 65–76. (rus)
8. Goman P.N., Sobol' V.R., Barovik D.V., Taranchuk V.B. Eksperimental'no-chislennoe modelirovanie protsessu goreniya i rasprostraneniya ognya v usloviyakh lesnogo nizovogo pozhara [Experimental and numerical simulation of the process of combustion and spread of fire in conditions of forest ground fire]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti (internet-journal)*, 2011. Iss. 3 (37). 14 p., available at: <http://elib.bspu.by/bitstream/doc/2029/1/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F%20%D0%A2%D0%A2%D0%91.pdf> (accessed: October 11, 2018). (rus)

УДК 666.9.017:666.97.033.17-046.56

**ПОВЕДЕНИЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАННОГО БЕТОНА ПРИ ПОЖАРЕ****Полева И.И., Нехань Д.С., Батан Д.С.**

Разработана методика оценки прочности центрифугированного бетона при высокотемпературном нагреве. Проведены исследования по влиянию анизотропности центрифугированного бетона на коэффициент условий работы бетона при пожаре, который необходим в статической части расчета пределов огнестойкости. Представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований стойкости центрифугированного бетона к высоким температурам. Получены эмпирические зависимости по оценке коэффициента условий работы центрифугированного бетона  $k_c(\theta)$ . Найдены значения поправочного коэффициента  $k_{cor}$  для оценки  $k_c(\theta)$  при пожаре по действующим техническим нормативным правовым актам.

*Ключевые слова:* прочность, огнестойкость, высокотемпературный нагрев, коэффициент условий работы бетона при пожаре, центрифугированный бетон, анизотропность (неоднородность), относительная толщина, приведенный коэффициент снижения прочности, поправочный коэффициент.

(Поступила в редакцию 24 октября 2018 г.)

**Введение.** Одним из путей технического прогресса в области железобетонных конструкций является широкое применение тонкостенных пространственных конструкций, эффективных форм и сечений, применение конструкций, производимых по прогрессивным технологиям, например, изготовление методом центрифугирования [1]. Снижение затрат на производство данным методом является существенным, поскольку расход бетона и стали уменьшается на 30–50 % и 20–40 % соответственно без уменьшения прочности центрифугированного бетона и статической эффективности кольцевого сечения по отношению к способу изготовления путем вибрирования. Энергоемкость конструкции снижается до 15 %, а стоимость перевозок ввиду уменьшения массы конструкции – в 2 раза. Из-за низкой пористости они также менее подвержены коррозии [2–4].

Вместе с тем внедрение в строительство конструкций, которые не отвечают требованиям пожарной безопасности, недопустимо, насколько ни был бы высок экономический эффект. Поэтому необходима оценка на предмет соответствия данных конструкций требованиям безопасности в условиях пожара.

В последнее время большое внимание уделяется разработке методов расчетной оценки огнестойкости строительных конструкций, внедренных в действующие ТНПА [5–7]. Вместе с тем существующие методы расчета не могут быть эффективно использованы для оценки пределов огнестойкости центрифугированных конструкций. Это обусловлено главным образом основным недостатком таких конструкций – появлением в результате центрифугирования анизотропности по сечению, а следовательно, и изменением физико-механических, теплофизических и иных характеристик бетона по толщине. При этом анизотропность влечет возникновение особенностей в изменении свойств бетона при нагревании, которые на сегодняшний день не изучены. Это не позволяет с приемлемым уровнем достоверности применять коэффициенты условий работы бетона при пожаре на конструкции, изготовленные методом центрифугирования.

**Основная часть.** Изменение сопротивления бетона на осевое сжатие с увеличением температуры как в мировой, так и в отечественной практике учитывается коэффициентом условий работы бетона  $k_c(\theta)$  (в отечественной литературе часто обозначается  $\gamma_c$ ), который показывает, какая часть прочности бетона осталась при температуре  $\theta$  от начальной.

**Подготовка и методика проведения эксперимента.** Эксперимент был запланирован следующим образом:

1. Разработка экспериментальной смеси и определение режима изготовления конструкции.
2. Изготовление бетонной конструкции.
3. Выпиливание опытных образцов.
4. Проведение исследований по определению физико-механических характеристик образцов в нормальных (начальных) условиях.
5. Нагрев, выдержка и охлаждение опытных образцов.
6. Испытание образцов на прочность.

#### 7. Обработка экспериментальных данных.

Экспериментальная смесь и режим центрифугирования подбирались в соответствии с рекомендациями лаборатории ОАО «Светлогорский завод железобетонных изделий и конструкций» для получения бетона марки В40, получившей наиболее широкое применение при изготовлении центрифугированных железобетонных изделий.

Исходная бетонная смесь для изготовления стойки с учетом отжатия шлама в процессе изготовления имела следующий состав:

- портландцемент ПЦ-500 ( $\rho = 3100 \text{ кг/м}^3$ ) – 515 кг/м<sup>3</sup>;
- песок кварцевый ( $\rho = 2650 \text{ кг/м}^3$ ) – 517 кг/м<sup>3</sup>;
- щебень гранитный ( $\rho = 2670 \text{ кг/м}^3$ , фракции размером 5–20 мм) – 1270 кг/м<sup>3</sup>;
- вода затворения без примесей – 190 л/м<sup>3</sup>;
- суперпластификатор Полипласт СП-1 – 2,58 кг/м<sup>3</sup>.

Процесс центрифугирования осуществлялся на машине (центрифуге) РТЦ-5 в режиме:

1. Загрузка бетонной смеси при вращении формы со скоростью 45 об/мин в течение 1,5 минут.
2. Распределение бетонной смеси при скорости вращения формы 105 об/мин в течение 4 минут.
3. Уплотнение бетонной смеси на скорости 545 об/мин в течении 16 минут.

После изготовления бетонной стойки (рис. 1) наружным и внутренним диаметром 950 и 630 мм (толщина 160 мм) соответственно производили выпиливание образцов согласно ГОСТ 28570-90 при помощи алмазных дисковых пил (бензорез STIHL TS 420 с алмазным кругом по бетону Wurth, пила дисковая BOSCH GWS 22-230 Н с кругом отрезным YOURtools из синтетических алмазов).



Рисунок 1. – Центрифугированная бетонная стойка

Для удовлетворения комплексной, многопараметрической и инвариантной оценки основных показателей бетона на этапах деформирования и разрушения в качестве объектов для данных испытаний использованы образцы секторального сечения, приведенные к форме куба размером 100×100×100 мм, которые наиболее адекватно отражают свойства неоднородности центрифугированного бетона [8]. При изучении  $k_c(\theta)$  по толщине сечения выпиливание осуществлялось послойно в следующем порядке (рис. 2):

- изготовленная стойка разрезалась пополам;
- полученные части резались на полукольца высотой 100 мм;
- получали полукольца 3 частей (внутренние, средние, наружные) толщиной 100 мм, характеристики которых представлены в таблице 1;
- полученные полукольца разрезались на кубы секторального сечения шириной по средней линии 100 мм.

Затем образцы помещались в камеру нормального твердения. При достижении 28-дневной (марочной) прочности каждая часть образцов делилась на пять серий, для одной из которых нагрев не производился, остальные нагревались до температур 200, 400, 600 и 800 °С соответственно. Испытания для каждой из температур проводились на 5 образцах. Для нагрева образцов использовалась камерная закалочная печь ПКС-80/12. Для целенаправленного исследования поведения бетона путем повышения температуры в электрической печи со скоростью 120–150 °С/час исключались всевозможные «структурные» факторы: тепловые градиенты, растрескивание. При достижении требуемой температуры образ-



цы выдерживались в течение 4 часов для равномерности прогрева, после чего охлаждались в лабораторных условиях.



Рисунок 2. – Образцы для проведения испытаний

Таблица 1. – Размеры образцов для проведения испытаний

Расположение	Внутренний диаметр, мм	Наружный диаметр, мм	Относительная толщина $\delta$
Внутреннее	630	830	0,3125
Среднее	690	890	0,5
Наружное	750	950	0,6875

Испытание образцов на прочность производилось в течение 24 часов после их охлаждения. В качестве опорной грани использовалась грань, на которую образец устанавливался в печи. После нагрева допускалось наличие трещин, раковин и отколов ребер (рис. 3). К испытаниям допускались образцы, которые произвольно не разделялись на части (рис. 4). При этом образцы устанавливались так, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена строго параллельно образцу (перпендикулярно срезу при извлечении образца из изделия).



Рисунок 3. – Образцы после нагрева до 200, 400, 600 °С (слева направо)



Рисунок 4. – Образцы после нагрева до 800 °С

В процессе испытания кубов на сжатие регистрировалось минимальное усилие, разрушающее образец при его статической нагрузке (рис. 5). Скорость нарастания нагрузки на образец в процессе нагружения составляла  $(0,6 \pm 0,2)$  МПа/с. В качестве испытательного пресса был использован Pilot 50-C5642.



Рисунок 5. – Испытание образцов на прочность

Прочность образца  $P$  определялась по формуле

$$P = 1000 \alpha_m \frac{F}{S}, \text{ МПа,}$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка, кН;  $S$  – площадь сечения образца, мм<sup>2</sup>;  $\alpha_m$  – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы.

Площадь сечения образца определялась путем обведения образцов на миллиметровой бумаге. В качестве масштабного коэффициента для всех образцов принят  $\alpha_m = 0,95$  [9].

Коэффициент условий работы определялся по формуле

$$k_c(\theta) = \frac{f_c(\theta)}{f_c(20)},$$

где  $f_c(\theta)$  – сопротивление бетона при температуре нагрева  $\theta$ ;  $f_c(20)$  – сопротивление бетона при нормальной температуре.

Интервал между первым и последним испытанием на прочность контрольных образцов одной серии не превышал 30 мин. После нагрева и испытания образец подвергался визуальному осмотру на предмет определения характера и выявления удовлетворительности разрушения в соответствии с приложением В ГОСТ 10180–2012 [9].

**Результаты эксперимента.** Статистическая обработка результатов измерений проводилась в соответствии с ГОСТ Р 8.736–2011 [10].

Результаты испытаний образцов (табл. 2) позволили исследовать характер изменения прочности центрифугированного бетона при повышении температуры.

Сравнение средних значений  $k_c(\theta)$  в целом по конструкции со значениями, приведенными в ТНПА и полученными другими учеными для вибрированных бетонов, приведено на рисунке 6.

Применяемые в расчетах огнестойкости коэффициенты условий работы бетона при пожаре по нормам [6, 7] несколько занижены как по сравнению со средними значениями  $k_c(\theta)$  проведенных исследований центрифугированного бетона, так и со значениями  $k_c(\theta)$ , полученными другими авторами для вибрированных бетонов. Вместе с тем значения  $k_c(\theta)$ , приведенные в [6, 7], практически совпадают с нижней границей доверительного интервала (при 95 %-ном уровне доверительной вероятности) проведенных исследований. Поскольку значения характеристик материалов следует определять с учетом статистической изменчивости свойств материалов [14], делаем вывод о том, что в ТКП 45-2.02-110-2008 [6] с целью повышения безопасности при проведении расчетов приведены значения  $k_c(\theta)$  нижней границы доверительного интервала.

Таблица 2. – Коэффициент условий работы centrifугированного бетона  $k_c(\theta)$  при пожаре

Слой	Температура, °С	Среднее значение прочности, МПа	Среднеквадратичное отклонение прочности, МПа	Доверительный интервал при определении прочности, МПа	Относительная погрешность при определении прочности, %	Относительная погрешность при определении $k_c(\theta)$ , %	$k_c(\theta)$	Абсолютная погрешность при определении $k_c(\theta)$
Внутренний	20	33,6	1,96	5,4	16,2	–	1,000	–
	200	31,8	1,14	3,2	10,0	19,0	0,946	0,180
	400	31,6	1,40	3,9	12,4	20,4	0,940	0,192
	600	20,5	3,03	8,4	41,1	44,1	0,611	0,270
	800	2,1	0,55	1,5	72,5	84,3	0,062	0,046
Средний	20	41,3	2,08	5,8	14,0	–	1,000	–
	200	42,5	2,23	6,2	14,6	20,2	1,028	0,208
	400	44,3	1,50	4,2	9,4	16,9	1,071	0,181
	600	28,3	0,96	2,7	9,5	16,9	0,685	0,116
	800	0,3	0,29	0,5	181,1	181,6	0,007	0,013
Наружный	20	45,1	3,27	9,1	20,1	–	1,000	–
	200	51,2	3,40	9,4	18,4	27,3	1,136	0,310
	400	52,7	1,38	3,8	7,3	21,4	1,170	0,250
	600	32,8	2,21	6,1	18,7	27,5	0,727	0,200
	800	0,0	0,01	0,0	179,0	180,1	0,000	0,001
Среднее значение	20	40,0	1,80	3,9	9,6	–	1,000	–
	200	41,8	2,47	5,3	12,6	15,9	1,213	0,166
	400	42,9	2,48	5,3	12,4	15,7	1,241	0,169
	600	27,1	1,73	3,7	13,7	16,7	0,792	0,114
	800	0,8	0,30	0,7	81,3	81,8	0,036	0,016

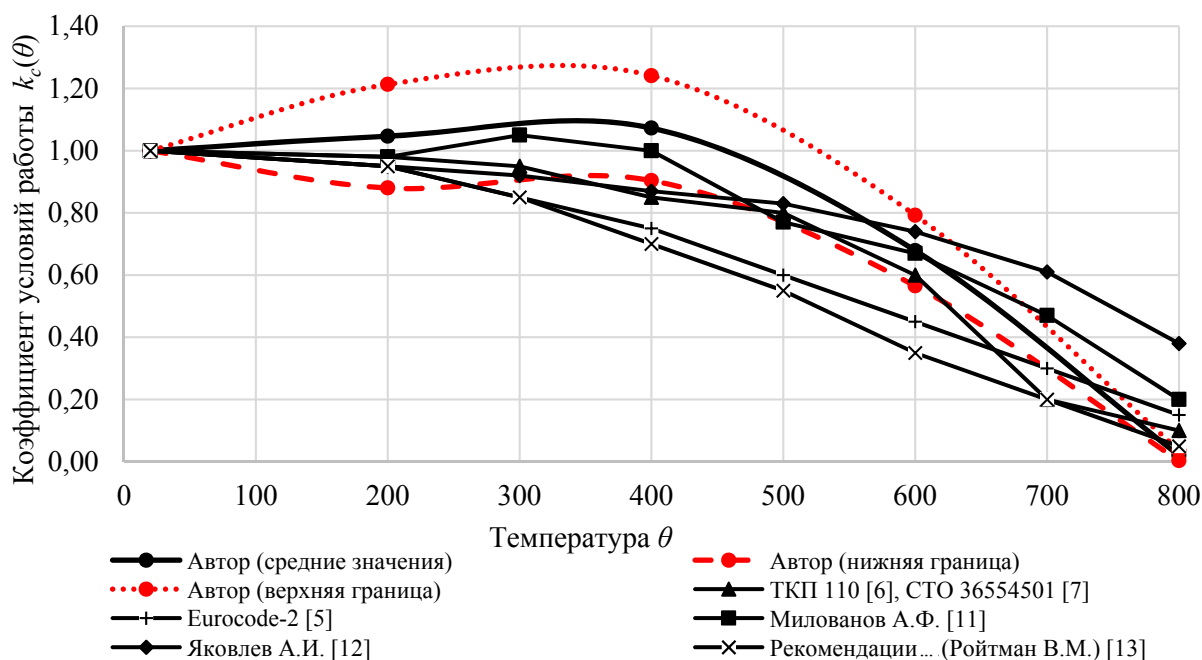


Рисунок 6. – Сравнительная оценка коэффициентов условий работы

Значения  $k_c(\theta)$ , приведенные в ТКП EN 1992-1-2-2009 [5], еще более занижены, что обеспечивает более высокий уровень безопасности при проведении практических расчетов по огнестойкости, понижает уровень значимости (повышает уровень доверительной вероятности). Схожая практика была предложена и В.М. Ройтманом, который в рекомендациях по расчету огнестойкости [13] приводил еще более заниженные значения  $k_c(\theta)$ . Данные, полученные А.Ф. Миловановым, В.В. Жуковым, А.И. Яковлевым [11, 12, 15], подтверждают



это. Вместе с тем W. Kusterle, W. Lindbauer, G. Hampejs, A. Heel в работе [16] утверждают и показывают на результатах других исследователей, что кривые значений  $k_c(\theta)$  в европейских нормах есть среднее значение результатов, полученных множеством ученых. Однако здесь следует сказать, что значения  $k_c(\theta)$  в [5] являются средними значениями результатов исследований ученых, которые в своих работах приводили нижнюю границу  $k_c(\theta)$  с учетом статистической изменчивости.

Результаты эксперимента показывают, что стойкость центрифугированного бетона при нагреве существенно меняется по мере движения от периферии к центру. Процесс изменения прочности бетона с повышением температуры в послойно выпиленных из конструкции образцах можно разбить на три участка (рис. 7):

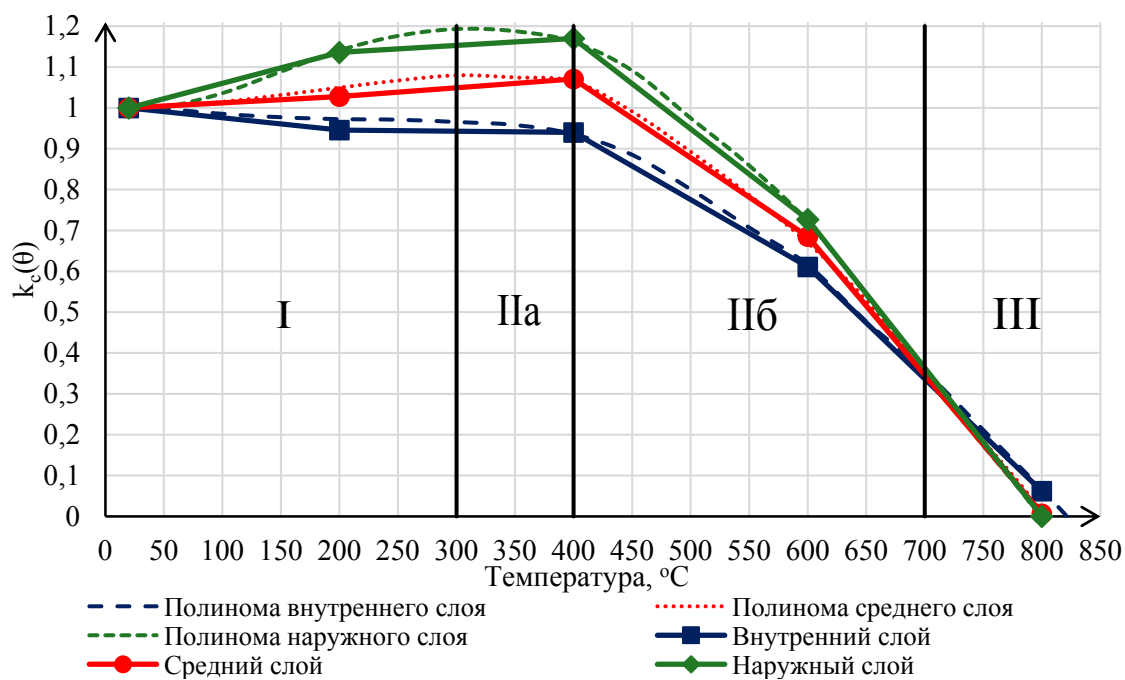


Рисунок 7. – Влияние местоположения образца на  $k_c(\theta)$

**I. Температура нагрева до 300 °C.** Данный участок характеризуется незначительным снижением прочности (до 5 %) во внутреннем слое и повышением до 19 и 8 % в наружном и среднем слоях соответственно. Наружный и средний слои достигают максимума своей прочности при 250–300 °C. Увеличение прочности наружного и среднего слоев объясняется повышением прочности цементного камня за счет уплотнения его структуры вследствие удаления воды, адсорбированной гелем двухкальциевого силиката из грубых пор, а также усиленной кристаллизацией  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , упрочняющей цементный камень. Ко всему этому расширение заполнителя приводит к сокращению объема пор в структуре бетона. Образующиеся при этом растягивающие усилия приводят к образованию микротрещин в бетонной матрице, однако при сжатии они погашаются внешней нагрузкой, что не приводит к уменьшению прочности [11]. Уменьшение водоцементного соотношения несколько увеличивает прочностные характеристики бетона. Падение прочности внутреннего слоя связано с наличием слоя раствора (без щебня), который дает усадку вследствие испарения воды, в то время как остальная часть образца (с наличием крупного заполнителя) расширяется. Нарастание микротрещин и впоследствии образование трещин интенсивно происходило на границе между бетоном и раствором, что привело к нарушению связи между этими компонентами.

**II. Нагрев от 300 до 700 °C.** Этот участок можно разбить на 2 части.

**IIa. 300–400 °C.** Здесь достигнутые на участке I максимумы прочности средним и наружным слоем стабилизируются и практически не меняются (падение не более 3–5 %). Снижения прочности во внутреннем слое практически не наблюдается. Скорость нарастания деструктивных процессов во всех слоях примерно одинаковая.

**IIб. 400–700 °C.** Наблюдается стремительное снижение прочности во всех слоях. При этом тангенс угла наклона кривой наружного слоя достигал наибольшего значения, что говорит о более высокой скорости деструктивных процессов. Наименьшую скорость деструктивных процессов имели образцы внутреннего слоя. Это объясняется увеличением

отношения мелкого и крупного заполнителя, увеличением толщины раствора (без щебня) по мере движения от периферии к центру [17]. Несмотря на увеличение скорости деструктивных процессов по мере движения от центра к периферии, прочность бетона наружного и среднего слоев ниже начальной прочности наступает лишь при 500 °С, и в целом стойкость наружного и среднего слоев на данном участке оказалась выше, что связано с высоким набором прочности у данных слоев и снижением прочности у внутреннего слоя на I участке. Прочность бетона снижается вследствие нарушения структуры затвердевшего портландцемента из-за усиливающейся разницы деформаций гелеобразной части цементного камня и неразложившихся зерен клинкера, а также из-за дегидратации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . После охлаждения оксид кальция снова реагирует с водой. Результирующее увеличение объема вызывает разрушение бетона. В дополнение к вышесказанному снижению прочности объясняется возникновением дополнительных напряжений, которые нарушают связь между заполнителем и цементным камнем, поскольку затвердевший цемент, обезвоживаясь, дает усадку, а зерна заполнителя расширяются [11]. Начиная с 570 °С происходит спонтанное превращение  $\alpha$ -кварца в  $\beta$ -кварц [18], что также сказывается на уменьшении прочности. Следует отметить, что роль влияния водоцементного отношения на данном участке не существенна, поскольку его уменьшение (характерное по мере движения от центра к периферии) не приводит к большому снижению прочности периферийных слоев свыше 300 °С. Здесь надо принимать во внимание процесс наложения таких факторов, как отношение мелкого и крупного заполнителей  $n_G$ , вид композиционного материала (ВКМ), водоцементное отношение (В/Ц), относительная масса цементного камня  $m_{ЦК}$ . Более низкая стойкость внутренних слоев к повышенным температурам на I и II участках объясняется и меньшей их однородностью.

**III. Нагрев свыше 700 °С.** На этом участке более высокая стойкость у внутреннего слоя, что подтверждается исследованиями, проведенными в [17] относительно влияния  $n_G$ ,  $m_{ЦК}$ , ВКМ с вибрированными образцами. Вместе с тем вибрированные образцы при изменении таких параметров, как  $n_G$ ,  $m_{ЦК}$ , ВКМ, проявляют существенное различие в стойкости начиная с температуры 400 °С. Данная разница может быть вызвана водоцементным отношением, оказывающим противоположное воздействие. При 800 °С прочность у внутреннего слоя составила не более 7 % от начальной. Средний слой имел менее 1 % начальной прочности. При этой температуре слой бетона, примыкающий к раствору, осыпался в руках. Прочность наружного слоя исчерпана, разлагаются фазы гидросиликата [18]. Заполнитель слегка изменяет окраску, что свидетельствует о превращении базальта в эклогит. Следует отметить, что наиболее стойким к высокой температуре оказался слой, примыкающий к внутренней части конструкции без крупного заполнителя (раствор), который сохранил свою структуру при 800 °С (рис. 4) и подвергался сжатию под прессом.

При одной и той же температуре относительное изменение прочности центрифугированного бетона, а равно коэффициент условий работы  $k_c(\theta)$ , отличается по сечению (рис. 8).

Построенные аппроксимирующие прямые характеризуют изменение  $k_c(\theta)$  по сечению. При этом данные прямые не параллельны друг другу, что говорит о неодинаковом изменении  $k_c(\theta)$  по сечению с ростом температуры, т. е.  $k_c(\theta) = k_c(\theta, \delta)$ . Характер данного изменения наиболее удобно описывается тангенсом наклона прямых к оси абсцисс  $\varphi$ , показывающим скорость изменения коэффициента условий работы центрифугированного бетона по сечению, и определяемым по формуле

$$\text{tg } \varphi(\theta) = \frac{\Delta k_c(\theta, \delta)}{\Delta \delta},$$

где  $\Delta \delta$  – приращение относительной толщины конструкции.

Обработка результатов эксперимента позволила выявить скорость изменения коэффициента условий работы по сечению при заданной температуре (рис. 9). С повышением температуры (начиная с 50 до 200 °С) она резко возрастает. После 200 °С наблюдается снижение скорости нарастания значения  $\text{tg } \varphi$ . При температуре 300–350 °С  $\text{tg } \varphi$  достигает своего максимума (соответствует максимальному набору прочности периферийными слоями). Здесь угол наклона кривых  $\varphi$  составляет более 30°. На участке 300–400 °С наблюдается плавное снижение  $\text{tg } \varphi$ . Начиная с 400 °С происходит интенсивное снижение скорости, что связано с более высоким ростом скорости деструктивных процессов наружных слоев по сравнению с внутренними. При температуре около 700 °С кривая пересекает ось абсцисс, что свидетельствует о равенстве коэффициента условий работы по сечению. Начиная с этой температуры кривая падает все так же интенсивно, а  $k_c(\theta)$  по мере движения от центра к периферии

уменьшается. При предельной (в эксперименте) для наружного слоя температуре, а именно 800 °С, угол  $\varphi = -10^\circ$ . Дальнейшее увеличение температуры будет увеличивать значение  $\text{tg}\varphi$  до нуля, поскольку наружный слой уже исчерпал свою прочность, а внутренний будет уменьшать свое значение прочности из-за проходящих в его структуре дальнейших физико-химических процессов, ведущих к полному разрушению [11, 15, 18, 19].

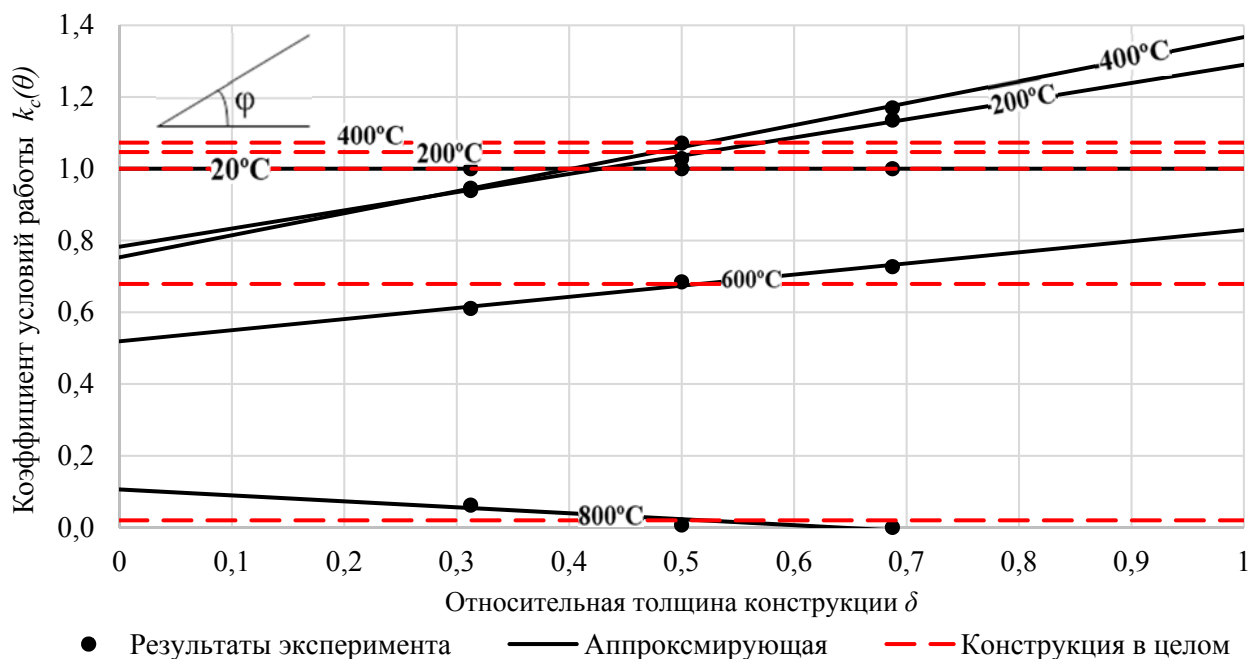


Рисунок 8. – Характер изменения коэффициента условий работы по сечению центрифугированной бетонной конструкции

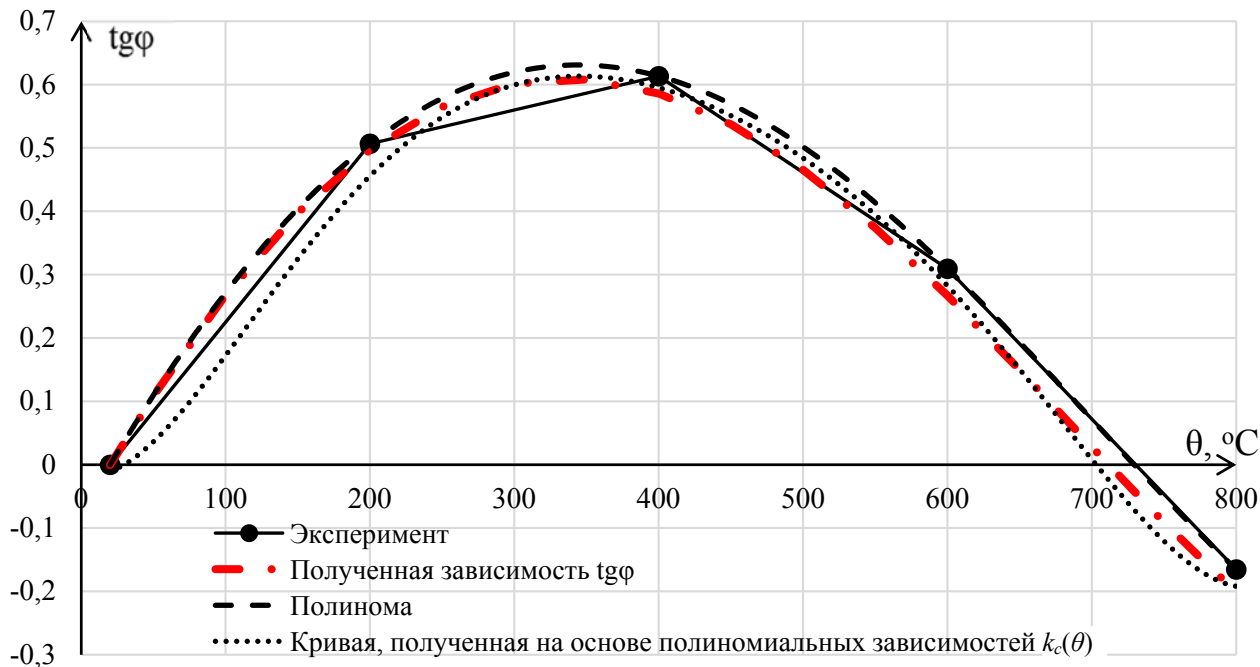


Рисунок 9. – Скорость изменения коэффициента условий работы центрифугированного бетона по сечению с повышением температуры

Математически скорость изменения коэффициента условий работы по сечению при  $\theta < 800$  °С описывается близкой к экспериментальным данным (рис.9) зависимостью:

$$\text{tg } \varphi = \text{tg } \varphi(\theta) = 4,7 \cdot 10^{-12} \theta^4 - 4 \cdot 10^{-9} \theta^3 - 5 \cdot 10^{-6} \theta^2 + 0,004 \theta - 0,0784. \quad (1)$$

Повышение стойкости от центра к периферии также достигается необходимой плотностью и более высокой однородностью строения бетона, которые более характерны для наружных слоев.

Дальнейшая обработка экспериментальных данных позволила получить кривые экспоненциального вида, показывающие значение коэффициента условий работы центрифугированного бетона при промежуточных значениях температур в зависимости от расположения в конструкции (рис. 10). Представленная на этом рисунке номограмма позволяет определить значение  $k_c(\theta)$  в любом сечении конструкции при заданной температуре.

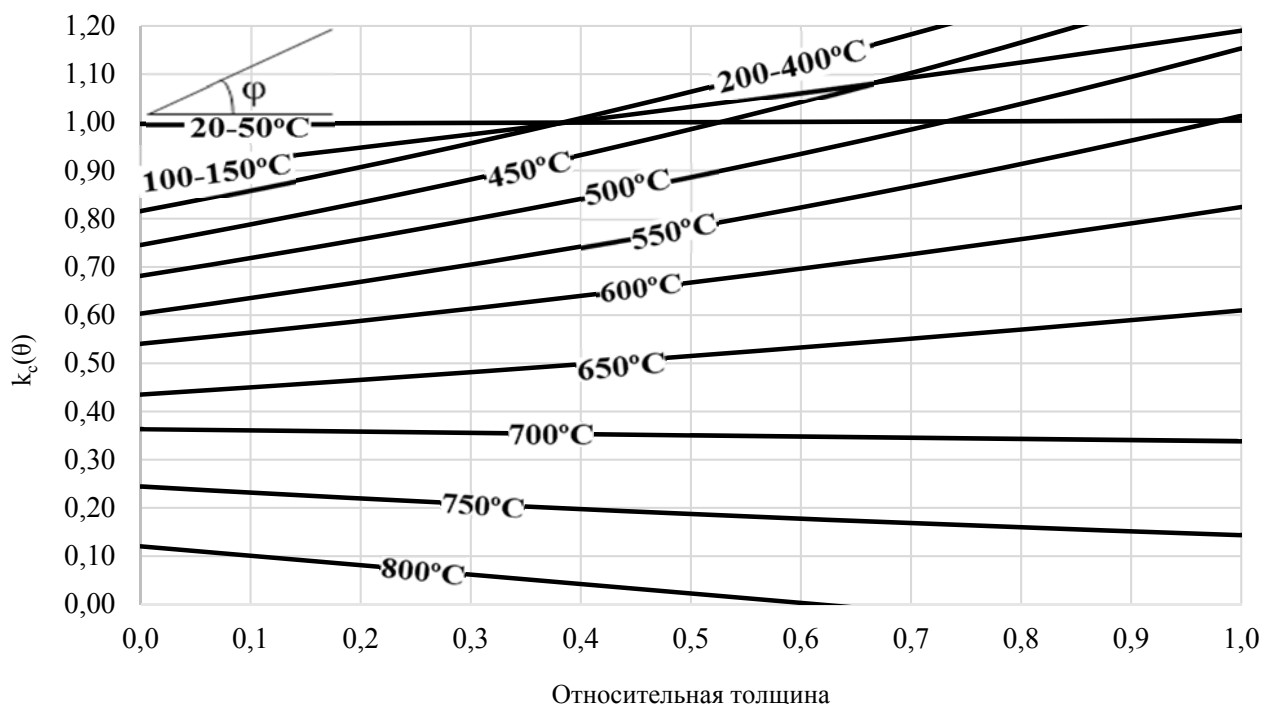


Рисунок 10. – Номограмма по определению коэффициента условий работы центрифугированного бетона

Прочность бетона при повышенных температурах зависит от температуры его нагрева, свойств составляющих его материалов и протекающих структурообразующих и деструктивных процессов [11, 12, 15]. Проблема анализа состава бетонной смеси затруднена сложностью происходящих при нагревании процессов, поскольку для различных температурных интервалов значимость влияния составных элементов композиций меняется.

Ввиду описанных выше закономерностей поведения центрифугированного бетона при повышенных температурах можно выделить 4 характерных участка поведения  $k_c(\theta)$ :

1) 20–50 °С (изменений в структуре бетона практически не происходит, прочность бетона во всех слоях отличается на доли процента от первоначальной прочности);

2) 50–300 °С (происходит значительное нарастание скорости изменения по сечению коэффициента условий работы; наружные и средние слои имеют прочность выше начальной; снижение прочности внутренних слоев не превышает 5 %; наблюдается достижение наружными слоями максимума своей прочности, превышающей до 20 % начальную; скорости изменения по сечению коэффициента условий работы резко возрастают, достигая при 300 °С своего максимума);

3) 300–700 °С (наблюдается изначально плавное, а после резкое снижение (до 80 %) прочности; значение  $\text{tg}\varphi$  также стремительно уменьшается, что свидетельствует о большем нарастании деструктивных процессов по мере движения от центра к периферии, при этом на всем участке стойкость наружных слоев выше, чем внутренних);

4) 700–800 °С (коэффициент условий работы внутренних слоев превышает коэффициент условий работы средних и наружных слоев; скорость нарастания разницы в коэффициентах условий работы интенсивно увеличивается вплоть до разрушения структуры наружных слоев бетона).

Ниже приведено математическое описание  $k_c(\theta)$  на выделенных участках:

$$20\text{--}50\text{ }^\circ\text{C}: \quad k_c(\theta) = 1; \quad (2)$$

$$50\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}: \quad k_c(\theta) = (B\theta^2 + C\theta + E)[1 + (\delta - 0,5)](\text{tg}\varphi)^\gamma; \quad (3)$$

$$300\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}: k_c(\theta) = [A(\theta - 300)^3 + B(\theta - 300)^2 + C(\theta - 300) + E][1 + (\delta - 0,5)](\text{tg } \varphi)^\gamma; \quad (4)$$

$$700\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}: k_c(\theta) = [B(\theta - 700)^2 + C(\theta - 700) + E][1 - (\delta - 0,5)]|\text{tg } \varphi|^\gamma, \quad (5)$$

где  $A, B, C, E$  – эмпирические коэффициенты, характеризующие интенсивность деструктивных процессов, связанных с повышением температуры;  $\gamma$  – поправочный коэффициент, учитывающий характер различия свойств бетона по толщине сечения при повышении температуры.

Обработка результатов экспериментальных исследований позволила определить значения коэффициентов  $A, B, C, E, \gamma$  (табл. 3).

Таблица 3. – Эмпирические коэффициенты  $A, B, C, E, \gamma$

Коэффициент	Температура, $^{\circ}\text{C}$		
	50–300 $^{\circ}\text{C}$	300–700 $^{\circ}\text{C}$	700–800 $^{\circ}\text{C}$
$A$	–	$3,7 \times 10^{-9}$	–
$B$	$1,7 \times 10^{-7}$	$-7,0 \times 10^{-6}$	$-4,7 \times 10^{-6}$
$C$	$4,0 \times 10^{-4}$	$3,3 \times 10^{-4}$	$-2,8 \times 10^{-3}$
$E$	0,9778	1,0788	0,3489
$\gamma$	2,8	1,6	0,2

Формулы (1)–(5) с учетом значений коэффициентов  $A, B, C, E, \gamma$  из таблицы 3 определяют зависимость коэффициента  $k_c(\theta) = k_c(\theta, \delta)$  центрифугированного бетона от температуры  $\theta$  и относительной толщины конструкции  $\delta$ .

**Практическая оценка коэффициента условий работы центрифугированного бетона при пожаре.** Полученные выше зависимости коэффициента условий работы центрифугированного бетона при пожаре имеют множество аргументов, что не очень удобно при проведении практических расчетов, замедляет процесс их проведения, а также не позволяет оперативно переходить от одних данных к другим при расчете пределов огнестойкости. Использование полученной номограммы (рис. 10) также является трудоемкой задачей, которая приводит не только к увеличению времени проведения расчетов, но и к получению дополнительных погрешностей. Поэтому для практической оценки коэффициента условий работы необходим более гибкий подход.

Широко используемый при оценке огнестойкости метод изотермы 500  $^{\circ}\text{C}$  (критическая температура бетона с известняковым заполнителем) не в полной мере приемлем для центрифугированных конструкций, поскольку не учитываются различия в критической температуре  $\theta_{cr}$  и в изменении прочностных характеристик при нагреве по сечению (в связи с изменяющимся составом). При этом данный метод не учитывает первоначальное изменение в различии прочности по сечению [20]. Простой отброс части сечения может привести к недооценке (переоценке) предела огнестойкости. В Eurocode-2 закреплен зонный метод, который основан на делении поперечного сечения на равные по ширине  $z$  параллельные элементарные зоны, в пределах которых бетон равномерно нагрет до одной температуры и обладает соответственно одинаковыми физико-механическими свойствами. Данный метод, несмотря на трудоемкость, является более точным, чем метод изотермы 500 $^{\circ}\text{C}$ , особенно для колонн. Вместе с тем данный метод будет являться наиболее приемлемым для неоднородных конструкций, поскольку введением ряда поправочных коэффициентов для каждого слоя возможно учесть множество особенностей. Приведенный в данном методе коэффициент снижения прочности  $k_{c,m}$ , показывающий долю сечения бетона, которая способна выполнять свои функции при пожаре, определяется по формуле

$$k_{c,m} = \frac{1}{n} \left( 1 - \frac{0,2}{n} \right) \sum_{i=1}^n c_i k_c(\theta_i),$$

где  $n$  – количество зон;  $c_i = A_{ci} / A_c$  – доля площади  $i$ -й зоны от общей площади сечения бетона [5, 17].

Наибольшее распространение при применении в строительстве получили центрифугированные конструкции кольцевого сечения. При этом наихудший вариант с точки зрения огнестойкости представляет случай, когда колонны расположены внутри здания и их обогрев происходит по всему периметру. Для центрифугированных конструкций кольцевого сечения (рис. 11) доля  $i$ -й зоны определяется по формуле

$$c_i = \frac{4z[D - z(2i - 1)]}{D^2 - d^2},$$



где  $D$  – наружный диаметр;  $d$  – внутренний диаметр;  $i$  – номер зоны;  $z$  – ширина зоны, определяемая по формуле

$$z = \frac{D - d}{2n}.$$

Если при пожаре колонна обогривается по некоторой части периметра, то  $c_i$  определяется исходя из геометрических соображений.

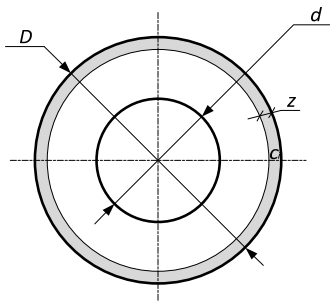


Рисунок 11. – Зонный метод оценки огнестойкости центрифугированных колонн кольцевого сечения: деление поперечного среза на равные по ширине  $z$  параллельные элементарные зоны

Полученная кривая средних значений  $k_c(\theta)$  центрифугированного бетона сходна с кривыми, полученными для вибрированных бетонов (рис. 6). Поэтому в целом для оценки огнестойкости железобетонных (бетонных) конструкций допустимо использование коэффициентов  $k_c(\theta)$ , приведенных в действующих ТНПА [5–7], однако при этом требуется введение некоего поправочного коэффициента  $k_{cor}$ , который учитывал бы влияние анизотропности бетона на несущую способность конструкции при пожаре. Тогда приведенный коэффициент снижения прочности  $k_{c,m}$  примет вид

$$k_{c,m} = \frac{1}{n} \left( 1 - \frac{0,2}{n} \right) \sum_{i=1}^n c_i k_{cor_i} k_c(\theta_i).$$

Поправочный коэффициент определяется по формуле

$$k_{cor_i} = k_{z_i} k_{s_i},$$

где  $k_{z_i}$  – поправочный коэффициент, учитывающий различие  $k_c(\theta_i)$  по сечению;  $k_{s_i}$  – коэффициент, показывающий различие прочности по сечению, связанной с методом изготовления.

По рисунку 8 можно заметить, что аппроксимирующие прямые пересекаются с прямыми, соответствующими значениям коэффициента условий работы конструкции в целом, при относительной толщине  $\delta = 0,5$ . Поэтому можно записать следующую зависимость:

$$k_{z_i} = 1 + (\delta_i - 0,5) \operatorname{tg} \varphi(\theta_i).$$

Для нахождения коэффициента  $k_s$  необходимо знать характер изменения прочности по сечению таких конструкций в начальных условиях (после изготовления). При оценке огнестойкости за расчетное сопротивление принимается произведение нормативного сопротивления на коэффициент условий работы [5–7, 12, 17]. При этом значение нормативного сопротивления характеризует конструкцию в целом, но никак не конкретный рассматриваемый слой. С целью адекватной характеристики каждого рассматриваемого слоя в сечении есть необходимость включения  $k_s$  в поправочную часть. Численно  $k_{s_i}$  равен отношению прочности  $i$ -того слоя к прочности конструкции в целом в нормальных условиях:

$$k_{s_i} = 0,74 + 0,6\delta_i.$$

Для связи относительной толщины, необходимой для определения  $k_z$  и  $k_s$ , и номера рассматриваемой зоны в центрифугированной конструкции кольцевого сечения, обогриваемой по периметру, предлагается следующая формула:

$$\delta_i = 1 - \frac{z(2i-1)}{D-d}.$$

Если при пожаре колонна обогривается по некоторой части периметра, то  $\delta_i$  определяется исходя из рассматриваемой зоны.

Полученные значения поправочного коэффициента  $k_{cor}$  представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Значения поправочного коэффициента  $k_{cor}$ 

Температура $\theta$ , °С	Относительная толщина слоя $\delta$										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
20	0,74	0,80	0,86	0,92	0,98	1,04	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34
100	0,64	0,71	0,79	0,87	0,95	1,04	1,13	1,22	1,32	1,42	1,52
200	0,56	0,64	0,73	0,83	0,93	1,04	1,15	1,28	1,40	1,53	1,67
300	0,52	0,61	0,70	0,81	0,92	1,04	1,17	1,30	1,44	1,59	1,74
400	0,52	0,61	0,71	0,81	0,92	1,04	1,16	1,30	1,43	1,58	1,73
500	0,57	0,65	0,74	0,83	0,93	1,04	1,15	1,27	1,39	1,52	1,65
600	0,64	0,71	0,79	0,87	0,95	1,04	1,13	1,22	1,32	1,42	1,52
700	0,73	0,79	0,85	0,91	0,98	1,04	1,10	1,17	1,23	1,29	1,36
800	0,81	0,86	0,91	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,15	1,18	1,21

Известно, что железобетонные конструкции, работающие на сжатие, разрушаются из-за потери прочности бетона и проявления его ползучести в сильно нагретых слоях. Вследствие перераспределения напряжений перегружается средняя зона поперечного сечения колонн, что приводит к их разрушению [21]. Анализ значений  $k_{cor}$  показывает, что прочность при высоких температурах в наружных слоях центрифугированного бетона при прочих равных условиях гораздо выше, чем во внутренних. Это означает, что как в нормальных условиях, так и в условиях пожара, основную нагрузку будут воспринимать имеющие большую прочность наружные слои [20] из-за более высокой, как мы полагаем, начальной жесткости, меньшей ее потери при нагреве и, как следствие, меньших деформаций. Однако прогрев наружных слоев до критических температур будет вызывать их разрушение, что повлечет перераспределение нагрузки на внутренние слои, которые не обладают достаточной для обеспечения несущей способности прочностью, что может привести к обрушению конструкции.

Сопrotивляемость сжатых центрифугированных элементов воздействию высоких температур при прочих равных условиях на первоначальном этапе будет выше, чем у конструкций, изготовленных методом вибрирования, из-за более высокой стойкости наружных слоев. Однако для более поздних стадий пожара, для которых характерен сильный прогрев наружной стороны конструкции – до 30–50 % толщины [13], верно и обратное, поскольку внутренние слои обладают маленькой начальной прочностью и более низкой сопротивляемостью температурам до 700°C. На основе проведенных исследований невозможно сказать однозначно, какая из конструкций, будет иметь более высокий предел огнестойкости при прочих равных условиях: необходимо учитывать изменение теплотехнических характеристик по сечению, характер прогрева неоднородных и однородных материалов, возможность наступления хрупкого разрушения, фактора работы центрифугированной конструкции как единого целого и др. Для оценки данного показателя необходимо проведение огневых испытаний на следующем уровне строительной продукции – железобетонная конструкция.

**Заключение.** Проведенное исследование привело к следующим результатам:

1. Разработана методика оценки изменения прочности центрифугированного бетона при высокотемпературном нагреве.

2. Обобщены изменения физико-механических свойств центрифугированного бетона при пожаре, которые рекомендуется учитывать соответствующими значениями коэффициента условий работы бетона при пожаре  $k_c(\theta)$ . Проведена сравнительная оценка полученных значений  $k_c(\theta)$  центрифугированного бетона с соответствующими значениями вибрированного бетона.

3. Выявлена экспериментально и подтверждена теоретически зависимость прочностных характеристик центрифугированного бетона от месторасположения в конструкции. Получена номограмма, позволяющая определить значение  $k_c(\theta)$  для тяжелых бетонов в любой точке центрифугированной железобетонной конструкции при температуре до 800 °С.

4. На основании экспериментальных данных впервые получена зависимость коэффициента  $k_c(\theta)$  центрифугированного бетона от температуры  $\theta$  и относительной толщины конструкции  $\delta$ .

5. Для практической оценки коэффициента условий работы центрифугированного бетона при пожаре получены значения поправочного коэффициента  $k_{cor}$ , учитывающего влияние анизотропности центрифугированного бетона на несущую способность конструкции при пожаре. Из анализа значений  $k_{cor}$  выдвинуто предположение о более высокой сопротивляемости центрифугированных конструкций воздействию высоких температур на первоначальных стадиях пожара. При этом для оценки данного показателя обоснована необходимость проведения огневых испытаний для железобетонных (бетонных) конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Неверович, И.И. Железобетонные конструкции: курс лекций для слушателей переподготовки по специальности 1-70 02 71 «Промышленное и гражданское строительство» МИПК и ПК БНТУ / И.И. Неверович. – Минск: МИПК и ПК БНТУ, 2013. – 211 с.
2. Иванов, В.П. Исследование и разработка технологии монтажа каркасов промышленных зданий с применением центрифугированных колонн кольцевого сечения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / В.П. Иванов; Белорус. ордена Трудового Красного Знамени политехнич. ин-т. – Минск, 1984. – 24 с.
3. Шилов, А.Е. Железобетонные центрифугированные двухветвевые колонны одноэтажных производственных зданий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / А.Е. Шилов; Белорус. гос. политехн. акад. – Минск, 1994. – 31 с.
4. Informationen rund um Schleuderbeton [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://schleuderbeton.de/vorteile.htm>. – Дата доступа: 30.07.2018.
5. Проектирование железобетонных конструкций. Ч. 1–2. Общие правила определения огнестойкости: ТКП EN 1992-1-2-2009. Еврокод 2. – Введ. 01.01.10. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 96 с.
6. Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости: ТКП 45-2.02-110-2008. – Введ. 01.01.09. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 135 с.
7. Стандарт организации. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций: СТО 36554501-006-2006. – Введ. 01.11.06. – М.: НИЦ «Строительство», 2006. – 79 с.
8. Леонович, С.Н. Долговечность центрифугированных железобетонных стоек: обзорная информация / С.Н. Леонович, Л.Н. Зикеев. – М.: Информэнерго, 1991. – 64 с.
9. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-2012. – Введ. 01.07.13. – М.: Стандартинформ, 2013. – 36 с.
10. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения: ГОСТ Р 8.736-2011. – Введ. 01.01.13. – М.: Стандартинформ, 2013. – 40 с.
11. Милованов, А.Ф. Стойкость железобетонных конструкций при пожаре / А.Ф. Милованов. – М.: Стройиздат, 1998. – 304 с.
12. Яковлев, А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций / А.И. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 143 с.
13. Ройтман, В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман. – М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001. – 382 с.
14. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02 – Взамен СНиП 2.03.01-84; введ. 01.07.03. – Минск: Минсктиппроект, 2003. – 140 с.
15. Жуков, В.В. Основы стойкости бетона при действии повышенных температур: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.23.05 / В.В. Жуков; НИИ ЖБ. – М., 1982. – 48 с.
16. Kusterle, W. Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton: Heft 544 / W. Kusterle [u.a.]. – Wien: Stubenring, 1992. – 221 p.
17. Полевода, И.И. Огнестойкость изгибаемых железобетонных конструкций из высокопрочного бетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / И.И. Полевода. – Минск, 2004. – 124 л.
18. Hermann, K. Brandverhalten von Beton / K. Hermann // Cementbulletin. – 1992. – № 10. – P. 1–8.
19. Jungbluth, O. Verbund- und Sandwichtragwerke: Tragverhalten, Feuerwiderstand, Bauphysik / O. Jungbluth, unter Mitarb. von K. Berner. – Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer, 1986. – 560 p.
20. Щуцкий, В.Л. Исследование физико-механических свойств центрифугированного бетона [Электронный ресурс] / В.Л. Щуцкий, Д.А. Дедух, М.Ю. Гриценко // Инженерный вестник Дона: электрон. науч. журн. – 2015. – № 2, Ч. 2. – 13 с. – Режим доступа: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_81\\_Shucki.pdf\\_4abc9232c.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81_Shucki.pdf_4abc9232c.pdf). – Дата доступа: 30.07.2018.
21. Кудзис, А.П. Железобетонные и каменные конструкции. Конструкции промышленных и гражданских зданий и сооружений: учеб. для строит. специальностей вузов, в 2 ч. / А.П. Кудзис. – М.: Высш. шк., 1989. – Ч. 2. – 264 с.

## BEHAVIOR OF CENTRIFUGED CONCRETE IN CASE OF FIRE

**Ivan Palevoda**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

**Dzianis Nekhan**

The Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies, Minsk, Belarus

**Dzmitriy Batan**

Open Joint-Stock Company «Svetlogorsk Plant of Concrete Products and Structures», Svetlogorsk, Belarus

*Purpose.* The article is devoted to the change in the strength of centrifuged concrete during heating.

*Methods.* Strength test of centrifuged concrete samples after high temperature heating.

*Findings.* The results of experimental and theoretical studies of the resistance of centrifuged concrete to high temperatures are presented. Empirical dependences of  $k_c(\theta)$  of centrifuged concrete were obtained. The values of the correction factor for estimating the  $k_c(\theta)$  of centrifuged concrete were obtained.

*Application field of research.* The results of the study can be used to determine the residual strength of concrete in structures made by centrifuging under high-temperature heating (in the event of a fire), as well as during engineering assessment of  $k_c(\theta)$  under current regulations.

*Conclusions.* The changes in the physical and mechanical properties of centrifuged concrete in a fire have been generalized, which are recommended to take into account by the corresponding coefficients of concrete working conditions at a fire. The dependence of the strength characteristics of centrifuged concrete on the location in the structure was determined experimentally and theoretically confirmed. Nomograms have been obtained that make it possible to determine the value of  $k_c$  for heavy concrete at any point in a centrifuged reinforced concrete structure at temperatures up to 800°C. Based on the experimental data, the coefficient  $k_c(\theta)$  of centrifuged concrete for the first time is mathematically described as a function of temperature  $\theta$ , the relative thickness of the structure  $\delta$ , and the rate of change of  $k_c(\theta)$  over the cross-section  $\tan\varphi$ . At the same time, to estimate  $k_c(\theta)$ , empirical coefficients were obtained, characterizing the intensity of destructive processes, associated with an increase in temperature and non-homogeneity in the cross section. The values of the correction factor  $k_{cor}$  for assessing the coefficient of working conditions of centrifuged concrete in case of fire under the current technical regulatory legal acts are obtained.

*Keywords:* strength, fire resistance, high-temperature heating, coefficient of concrete working conditions in case of fire, centrifuged concrete, anisotropy (heterogeneity), relative thickness, reduced strength reduction factor, correction factor.

(The date of submitting: October 24, 2018)

### REFERENCES

1. Neverovich I.I. *Zhelezobetonnyye konstruksiiy: kurs lektsiy dlya slushateley perepodgotovki po spetsial'nosti 1-70 02 71 «Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo»* [Reinforced concrete structures: a course of lectures for students of retraining in the specialty 1-70 02 71 «Industrial and civil construction»]. Minsk: Belarusian National Technical University, 2013. 211 p. (rus)
2. Ivanov V.P. *Issledovanie i razrabotka tekhnologii montazha karkasov promyshlennykh zdaniy s primeneniem tsentrifugirovannykh kolonn kol'tsevogo secheniya* [Research and development of the technology of mounting the frameworks of industrial buildings with the use of centrifugal columns of annular cross-section]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.23.08. Belarusian Order of Labor Red Banner Polytechnic Institute. Minsk, 1984. 24 p. (rus)
3. Shilov A.E. *Zhelezobetonnyye tsentrifugirovannyye dvukhvetvevyye kolonny odnoetazhnykh proizvodstvennykh zdaniy* [Reinforced concrete centrifuged two-branch columns of one-storey industrial buildings]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.23.08. Belorussian State Polytechnic Academy. Minsk, 1994. 31 p. (rus)
4. *Informationen rund um Schleuderbeton* [Information about spun concrete], available at: <http://schleuderbeton.de/vorteile.htm> (accessed: July 30, 2018). (deu)
5. *Proektirovanie zhelezobetonnykh konstruksiy. Chast' 1-2. Obshchie pravila opredeleniya ognestoykosti: TKII EN 1992-1-2-2009. Evrokod 2* [Design of reinforced concrete structures. Part 1-2. General rules for determining fire resistance: Technical Code of Practice EN 1992-1-2-2009. Eurocode 2]. Af-

- firmed January 01, 2010. Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2010. 96 p. (rus)
6. *Stroitel'nye konstruksii. Poryadok rascheta predelov ognestoykosti: TKP 45-2.02-110-2008* [Building construction. The procedure for calculating fire resistance: Technical Code of Practice 45-2.02-110-2008]. Affirmed January 01, 2009. Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2008. 135 p.(rus)
  7. *Standart organizatsii. Pravila po obespecheniyu ognestoykosti i ognesokhrannosti zhelezobetonnykh konstruksiy: STO 36554501-006-2006* [Standard of organization. Rules for ensuring fire resistance and fire safety of reinforced concrete structures: Standard of organization 36554501-006-2006]. Affirmed November 01, 2006. Moscow: Research Center «Stroitel'stvo», 2006. 79 p. (rus)
  8. Leonovich S.N., Zikeev L.N. *Dolgovechnost' tseftrifugirovannykh zhelezobetonnykh stoek* [Durability of centrifuged reinforced concrete racks]: overview information. Moscow: Informenergo, 1991. 64 p. (rus)
  9. *Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrol'nykh obratzam: GOST 10180-2012* [Concretes. Methods for determining the strength of control samples: State standard 10180-2012]. Affirmed July 1, 2013. Moscow: Standardinform, 2013. 36 p. (rus)
  10. *Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy (GSI). Izmereniya pryamye mnogokratnye. Metody obrabotki rezul'tatov izmereniy. Osnovnye polozheniya: GOST R 8.736–2011* [State system for ensuring the uniformity of measurements (ICG). Direct measurements are multiple. Methods for processing the results of measurements. Basic provisions: State standard of Russia 8.736–2011]. Affirmed January 1, 2013. – Moscow: Standardinform, 2013. 40 p. (rus)
  11. Milovanov A.F. *Stoykost' zhelezobetonnykh konstruksiy pri pozhare* [Resistance of reinforced concrete structures in case of fire]. Moscow: Stroyizdat, 1998. 304 p. (rus)
  12. Jakovlev A.I. *Raschet ognestoykosti stroitel'nykh konstruksiy* [Calculation of fire resistance of building structures]. Moscow: Stroyizdat, 1988. 143 p. (rus)
  13. Roytman V.M. *Inzhenernye resheniya po otsenke ognestoykosti proektiruemykh i rekonstruiruemykh zdaniy* [Engineering solutions for assessing the fire resistance of designed and reconstructed buildings]. Moscow: Association «Pozharnaya bezopasnost' i nauka», 2001. 382 p. (rus)
  14. *Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii: SNB 5.03.01-02* [Concrete and reinforced concrete structures: Building standards of Belarus 5.03.01-02]. Affirmed July 1, 2003. Minsk: Minsktipproekt, 2003. 140 p. (rus)
  15. Zhukov V.V. *Osnovy stoykosti betona pri deystvii povyshennykh temperatur* [Fundamentals of the resistance of concrete under the influence of elevated temperatures]. Grand PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.23.05. Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete. Moscow, 1982. 48 p. (rus)
  16. Kusterle W., Lindbauer W., Hampejs G., Heel A. *Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton* [Fire resistance of fiber, steel and prestressed concrete]. Wien: Stubenring, 1992. 221 p. (deu)
  17. Polevoda I.I. *Ognestoykost' izgibaemykh zhelezobetonnykh konstruksiy iz vysokoprochnogo betona* [Fire resistance of bent reinforced concrete structures made of high-strength concrete]. PhD techn. sci. diss: 05.23.01. Minsk, 2004. 124 p. (rus)
  18. Hermann K. *Brandverhalten von Beton* [Fire behavior of concrete]. *Cement Bulletin*, 1992. No. 10. Pp. 1-8. (deu)
  19. Jungbluth O., Berner K. *Verbund- und Sandwichtragwerke: Tragverhalten, Feuerwiderstand, Bauphysik* [Composite and Sandwich objects: structural behavior, fire resistance, building physics]. Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer, 1986. 560 p. (deu)
  20. Shchutskiy V.L., Dedukh D.A., Gritsenko M.Yu. *Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv tseftrifugirovannogo betona* [Investigation of physicomechanical properties of centrifuged concrete]. *Inzhenernyy vestnik Dona (electronic. sci. journal)*, 2015. No. 2, Part 2. 13 p., available at: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_81\\_Shucki.pdf\\_4abcf9232c.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81_Shucki.pdf_4abcf9232c.pdf) (accessed: July 30, 2018). (rus)
  21. Kudzis A.P. *Zhelezobetonnye i kamennye konstruksii. Konstruksii promyshlennykh i grazhdanskikh zdaniy i sooruzheniy* [Reinforced concrete and stone structures. Structures of industrial and civil buildings and structures]: textbook in 2 parts. Moscow: High school, 1989. Part 2. 264 p. (rus)

УДК 614.843.4

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕНОГЕНЕРАТОРА ПОЖАРНОГО СТВОЛА СПРУК 50/0,7 «ВИКИНГ»

Камлюк А.Н., Пармон В.В., Стриганова М.Ю., Морозов А.А.

Приведены результаты экспериментальных исследований пеногенератора с раструбами различной длины. Представлена испытательная установка, ее характеристики, условия проведения экспериментальных исследований. По результатам экспериментов получены зависимости кратности и дальности пенной струи от расхода огнетушащего вещества и длины раструба. Определены оптимальные геометрические параметры пеногенератора и режим подачи огнетушащего вещества.

*Ключевые слова:* пеногенератор, пена низкой кратности, сетка, раструб, стенд, дальность пенной струи, кратность пены.

(Поступила в редакцию 9 октября 2018 г.)

**Введение.** Ежегодно в Республике Беларусь происходят десятки пожаров, связанных с необходимостью применения для их тушения воздушно-механической пены. В настоящее время для ее получения в Республике Беларусь используются стволы воздушно-пенные (СВП, СВП-4 и т. д.), генераторы пены средней кратности (ГПС-200, ГПС-600, ГПС-2000) установки комбинированного тушения пожаров УКТП «ПУРГА». Данные приборы позволяют формировать пену в большом количестве, однако при тушении большинства пожаров такой объем огнетушащего вещества не требуется. Кроме того, масса и габариты данных устройств затрудняют их использование при тушении внутри помещений. Также они не обладают универсальностью, т. е. неприменимы для подачи воды. Поэтому, при необходимости замены вида огнетушащего вещества затрачивается время на смену прибора подачи, что зачастую приводит к увеличению площади пожара.

В 2017 году на вооружение белорусских спасателей поступил ствол пожарный ручной универсальный комбинированный СПРУК 50/0,7 «Викинг» [1]. Согласно паспортным данным [2] он обладает следующими гидродинамическими параметрами: дальность сплошной струи – 38 м; дальность распыленной струи – 20 м; возможность создания защитного экрана диаметром 4 м; регулируемый расход – до 4,9 л/с; рабочее давление – 0,7 МПа. Кроме того, его конструкция предусматривает возможность использования пеногенератора для получения воздушно-механической пены низкой кратности. В настоящее время пеногенератор не входит в комплектацию пожарного ствола, вследствие того, что не были изучены его основные характеристики. В работе [3] были представлены результаты экспериментальных исследований семи опытных образцов пеногенератора, отличающиеся друг от друга размером ячейки пеногенерирующей сетки, в ходе которых было установлено, что наиболее оптимальным является опытный образец пеногенератора с сеткой с площадью ячейки  $S = 4 \text{ мм}^2$ . Однако в [3] не приведены данные по обоснованию геометрических параметров пеногенератора, режима подачи огнетушащего вещества, а также дальности подачи пенной струи.

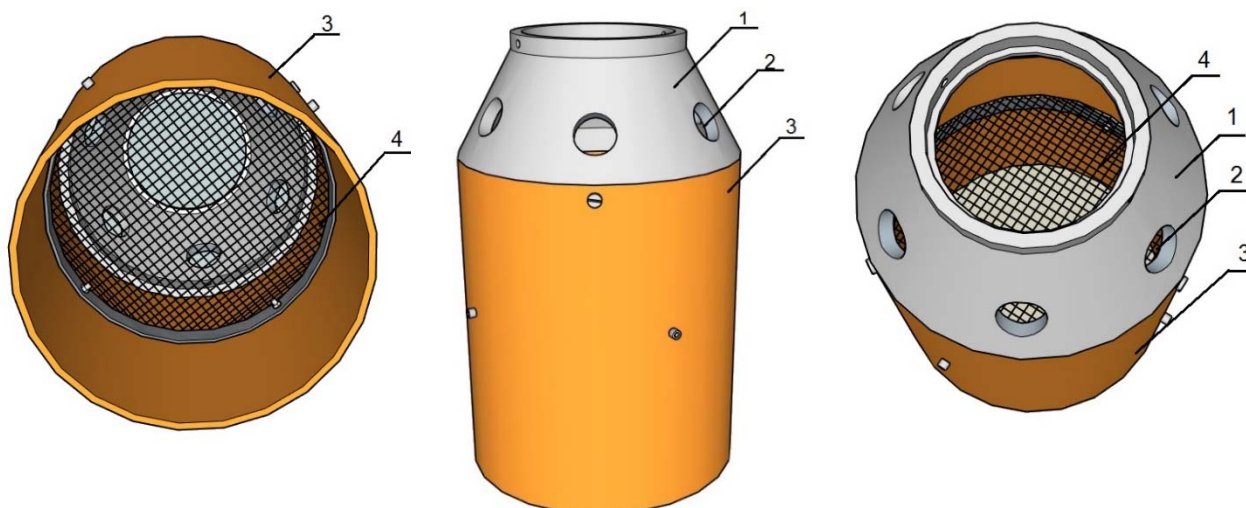
В данной работе будут впервые представлены результаты по оптимизации геометрических параметров пеногенератора на пожарный ствол СПРУК 50/0,7 «Викинг».

**Описание опытного образца пеногенератора и методика проведения экспериментальных исследований.**

Описание опытного образца пеногенератора представлено в [3] (рис. 1). В ходе проведения экспериментальных исследований на базе Университета гражданской защиты МЧС Беларуси были рассмотрены пять опытных образцов пеногенератора с пеногенерирующей сеткой с площадью ячейки  $S = 4 \text{ мм}^2$ , отличающиеся друг от друга длиной раструба: 140, 160, 220, 260, 300 мм.

Описание стенда и методики проведения испытаний представлено в [3] и [4].

**Результаты экспериментальных исследований.** При обработке экспериментальных данных применяли методики, приведенные в [5]. При этом полагали, что случайная ошибка измерений подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Оценка точности проводилась по методике оценки погрешности косвенных измерений.



1 – крепежная система; 2 – аэрационное отверстие; 3 – раструб; 4 – пеногенерирующая сетка

**Рисунок 1. – Трехмерная модель пеногенератора**

При исследовании кратности пены для всех опытных образцов пеногенератора проводили по 5 серий измерений для каждого положения регулятора расхода раствора пенообразователя при заданном давлении.

Согласно методике проведения экспериментов, описанной в предыдущем разделе, установлены  $V_{II} = 2 \text{ дм}^3$  и  $m_1 = 1029 \text{ г}$ .

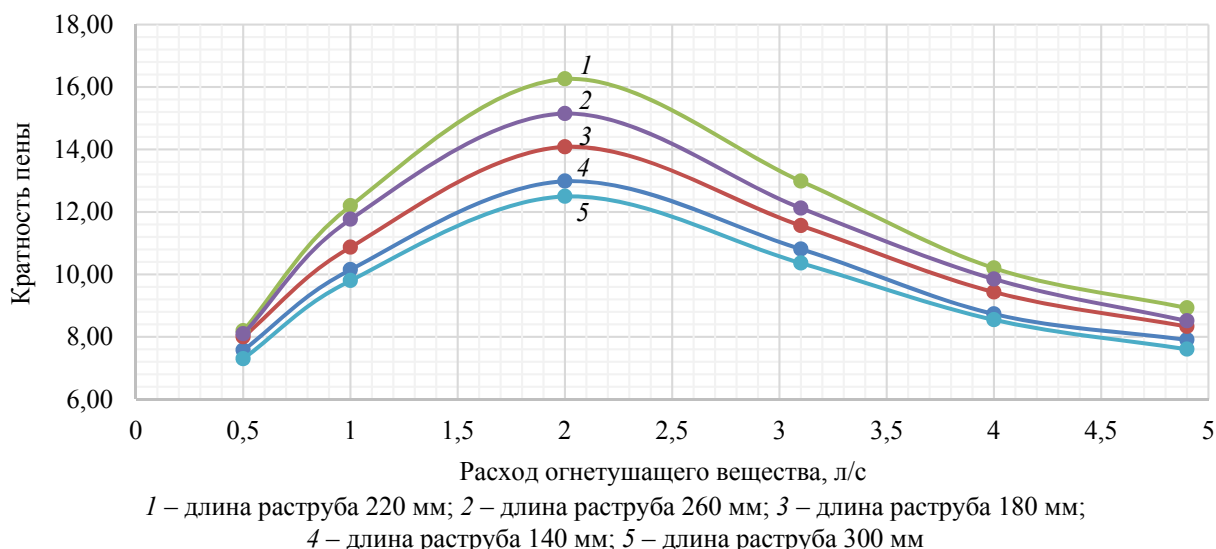
Результаты проведения исследований по определению кратности пены, генерируемой опытными образцами, представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

**Таблица 1. – Результаты определения кратности пены для раструба различной длины**

Длина раструба, мм	Расход пожарного ствола											
	1-е положение регулятора, 0,5 л/с		2-е положение регулятора, 1 л/с		3-е положение регулятора, 2 л/с		4-е положение регулятора, 3,1 л/с		5-е положение регулятора, 4 л/с		6-е положение регулятора, 4,9 л/с	
	$m_2$ , г,	$K$	$m_2$ , г,	$K$	$m_2$ , г,	$K$	$m_2$ , г,	$K$	$m_2$ , г,	$K$	$m_2$ , г,	$K$
140	264	7,58	197	10,15	154	12,99	185	10,81	229	8,73	253	7,91
180	250	8,00	184	10,87	142	14,08	173	11,56	212	9,43	240	8,33
220	244	8,20	164	12,20	123	16,26	154	12,99	196	10,20	224	8,93
260	247	8,10	170	11,76	132	15,15	165	12,12	203	9,85	235	8,51
300	274	7,30	204	9,80	160	12,50	193	10,36	234	8,55	263	7,60

Стоит отметить, что полученные результаты экспериментальных исследований отличаются от результатов, опубликованных в [3]. Так, согласно рисунку 2, для всех опытных образцов кратность увеличивается с увеличением расхода раствора пенообразователя, достигая пикового значения при 2 л/с. Далее с увеличением расхода кратность падает, что обусловлено высокими скоростями движения жидкости и, как следствие, уменьшением времени для газонасыщения раствора пенообразователя [6]. Различия в зависимостях кратности пены от расхода огнетушащего вещества связаны в способах получения раствора пенообразователя в данной работе и [3]: в первой – раствор получали через пеносмеситель пожарного насоса, а во второй – непосредственно в цистерне с водой, добавив в нее пенообразователь. Конечно, в этой работе результаты экспериментальных данных (рис. 2) максимально приближены к реальным условиям, поэтому представляют не только теоретический, но и практический интерес.

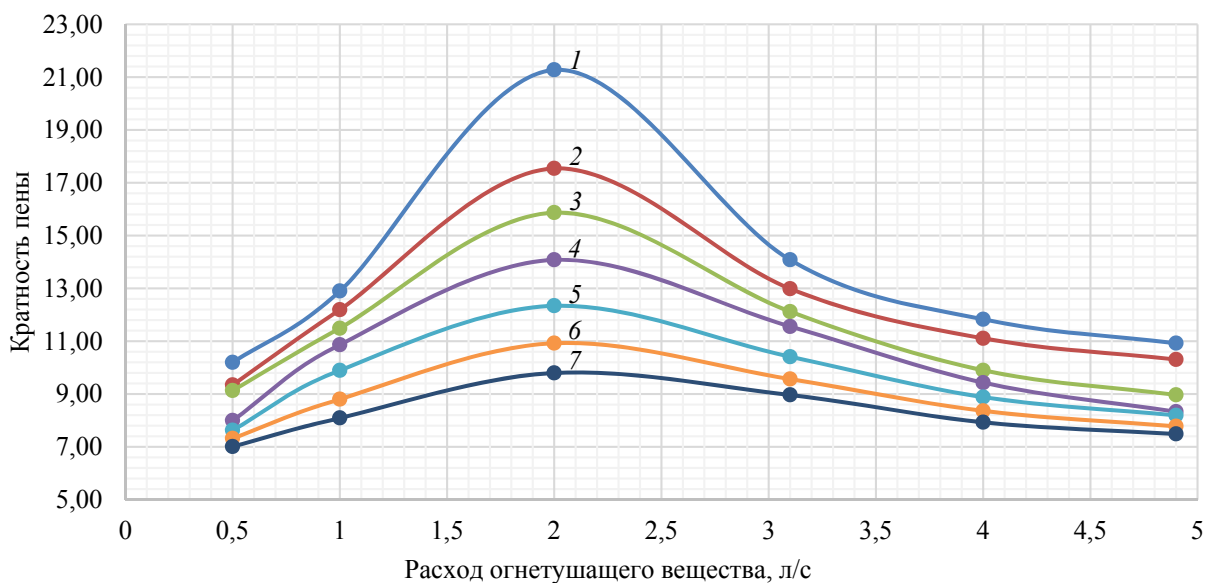
В связи с этим проведены повторные исследования влияния площади ячейки пеногенерирующей сетки на кратность получаемой пены с построением новых зависимостей. При этом за базовую принята длина раструба 180 мм. Результаты полученных экспериментальных исследований представлены в таблице 2 и на рисунке 3.



**Рисунок 2. – Кратность пены для образцов пеногенератора с различными длинами раструба при изменении расхода раствора пенообразователя**

**Таблица 2. – Результаты определения кратности пены для сетки с различными размерами ячейки**

Сетка		Расход пожарного ствола											
Размер ячейки, мм	Площадь ячейки, мм <sup>2</sup>	1-е положение регулятора, 0,5 л/с		2-е положение регулятора, 1 л/с		3-е положение регулятора, 2 л/с		4-е положение регулятора, 3,1 л/с		5-е положение регулятора, 4 л/с		6-е положение регулятора, 4,9 л/с	
		<i>m</i> <sub>2</sub> , г	<i>K</i>	<i>m</i> <sub>2</sub> , г	<i>K</i>	<i>m</i> <sub>2</sub> , г	<i>K</i>	<i>m</i> <sub>2</sub> , г	<i>K</i>	<i>m</i> <sub>2</sub> , г	<i>K</i>	<i>m</i> <sub>2</sub> , г	<i>K</i>
		0,5 x 0,5	0,25	196	10,20	155	12,90	94	21,28	142	14,08	169	11,83
0,7 x 0,7	0,49	214	9,35	164	12,20	114	17,54	154	12,99	180	11,11	194	10,31
1,0 x 1,0	1	219	9,13	174	11,49	126	15,87	165	12,12	202	9,90	223	8,97
2,0 x 2,0	4	250	8,00	184	10,87	142	14,08	173	11,56	212	9,43	240	8,33
3,2 x 3,2	10,24	262	7,63	202	9,90	162	12,35	192	10,42	225	8,89	244	8,20
4,0 x 4,0	16	273	7,33	227	8,81	183	10,93	209	9,57	239	8,37	257	7,78
5,0 x 5,0	25	285	7,02	247	8,10	204	9,80	223	8,97	252	7,94	267	7,49



**Рисунок 3. – Кратность пены для пеногенирующих сеток с различным размером ячейки при изменении расхода раствора пенообразователя**

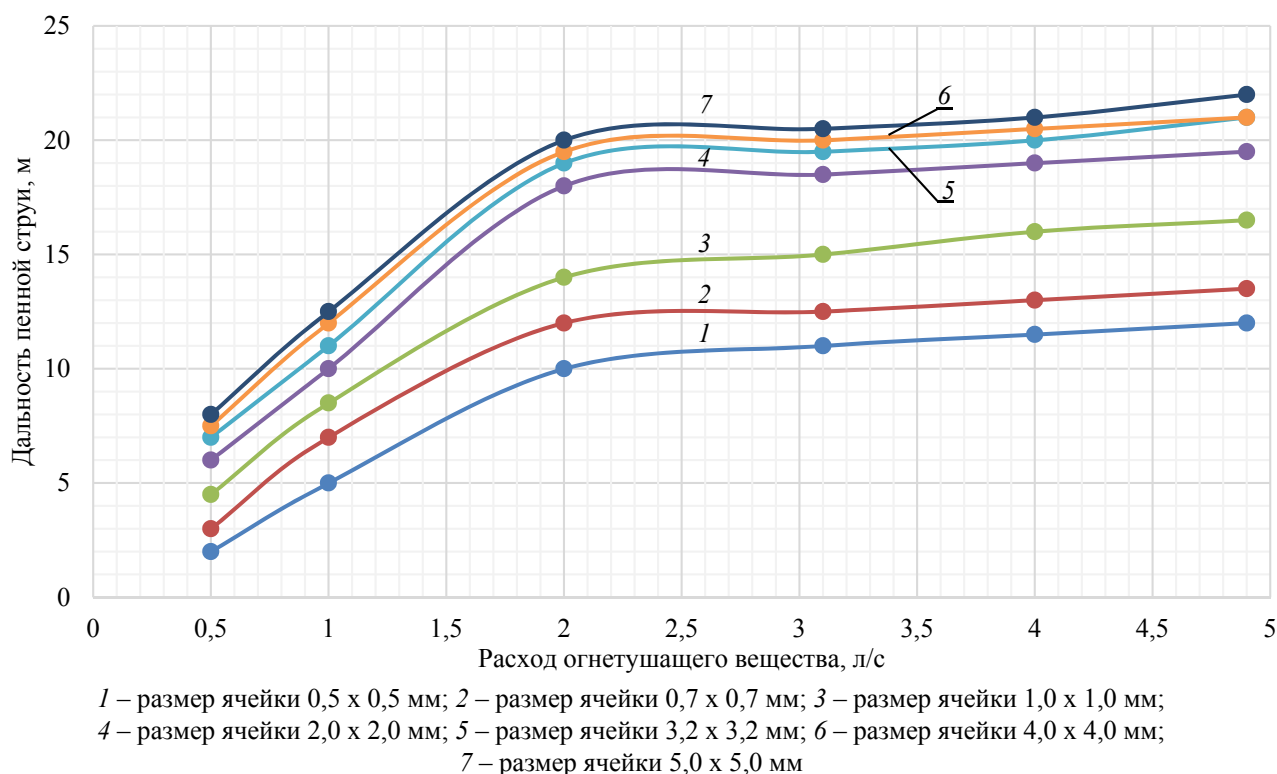


Очевидно, что с увеличением площади ячейки сетки кратность уменьшается (рис. 3).

Однако для выбора оптимальных длины раструба и размера ячейки сетки необходимо дополнительно изучить дальность пенной струи для различных режимов работы пеногенератора. В таблице 3 и на рисунке 4 приведены результаты исследования дальности пенной струи.

**Таблица 3. – Дальность пенной струи для сетки с различными размерами ячейки**

Расход пожарного ствола	Дальность пенной струи, м, для сетки с размером ячейки, мм						
	0,5x0,5	0,7x0,7	1,0x1,0	2,0x2,0	3,2x3,2	4,0x4,0	5,0x5,0
1-е положение регулятора, 0,5 л/с	2,0	3,0	4,5	6,0	7,0	7,5	8,0
2-е положение регулятора, 1 л/с	5,0	7,0	8,5	10,0	11,0	12,0	12,5
3-е положение регулятора, 2 л/с	10,0	12,0	14,0	18,0	19,0	19,5	20,0
4-е положение регулятора, 3,1 л/с	11,0	12,5	15,0	18,5	19,5	20,0	20,5
5-е положение регулятора, 4 л/с	11,5	13,0	16,0	19,0	20,0	20,5	21,0
6-е положение регулятора, 4,9 л/с	12,0	13,5	16,5	19,5	21,0	21,5	22,0



**Рисунок 4. – Дальность пенной струи для пеногенерирующих сеток с различным размером ячейки при изменении расхода раствора пенообразователя**

Согласно [7] дальность пенной струи из стволов с диаметром условного прохода соединительной головки 50 мм составляет не менее 18 м. Таким образом, сопоставив результаты, представленные на рисунках 6 и 7, можно сделать вывод, что по характеристике «кратность-дальность» наиболее оптимальной является сетка с площадью ячейки  $S = 4 \text{ мм}^2$ , для которой при расходе огнетушащего вещества 2 л/с дальность пенной струи составляет 18 м, а  $K = 14$ .

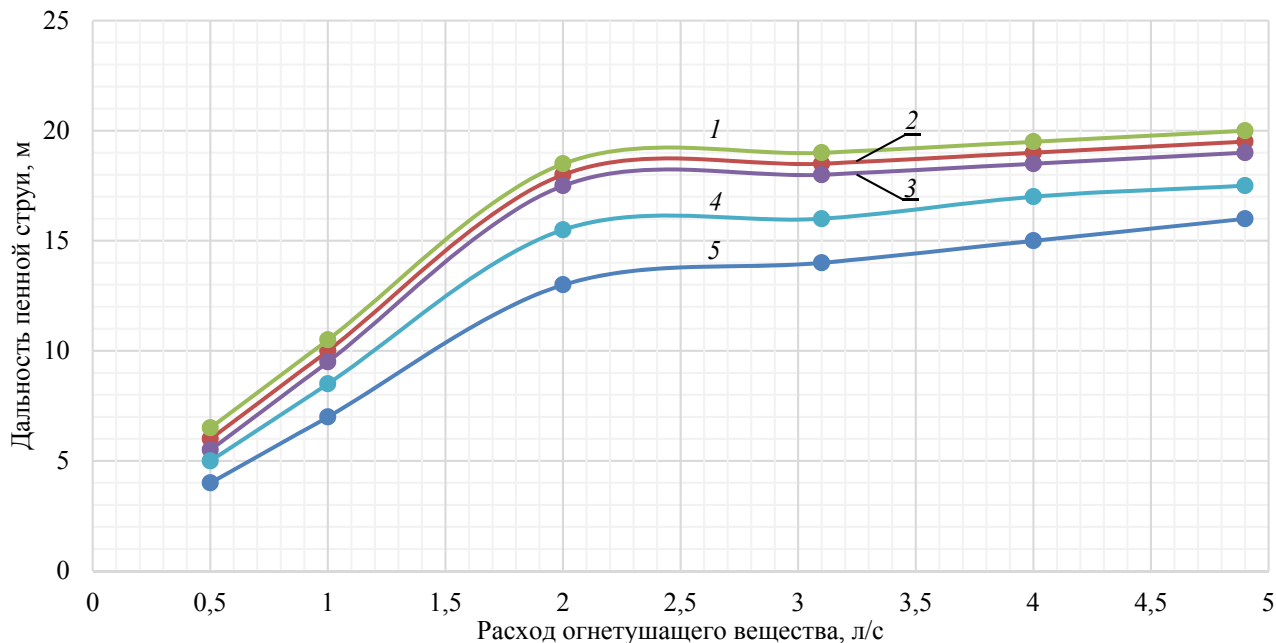
Аналогичным образом можно установить оптимальную длину раструба пеногенератора. Для этого дополним информацию о кратности (рис. 2) данными по дальности пенной струи в зависимости от длины раструба пеногенератора (табл. 3, рис. 5).

Сопоставив результаты, представленные на рисунках 2 и 5, можно сделать вывод, что по характеристике «кратность-дальность» наиболее оптимальным является раструб длиной 220 мм, для которого при расходе огнетушащего вещества 2 л/с дальность пенной струи равна 18 м, а  $K = 16$ .

На рисунке 6 показана зависимость дальности пенной струи от длины раструба. Видно, что при оптимальной длине 220 мм требуемая дальность достигается у кривых 1–4, однако только при расходе 2 л/с (кривая 4) достигается максимальная кратность  $K = 16$  (рис. 2).

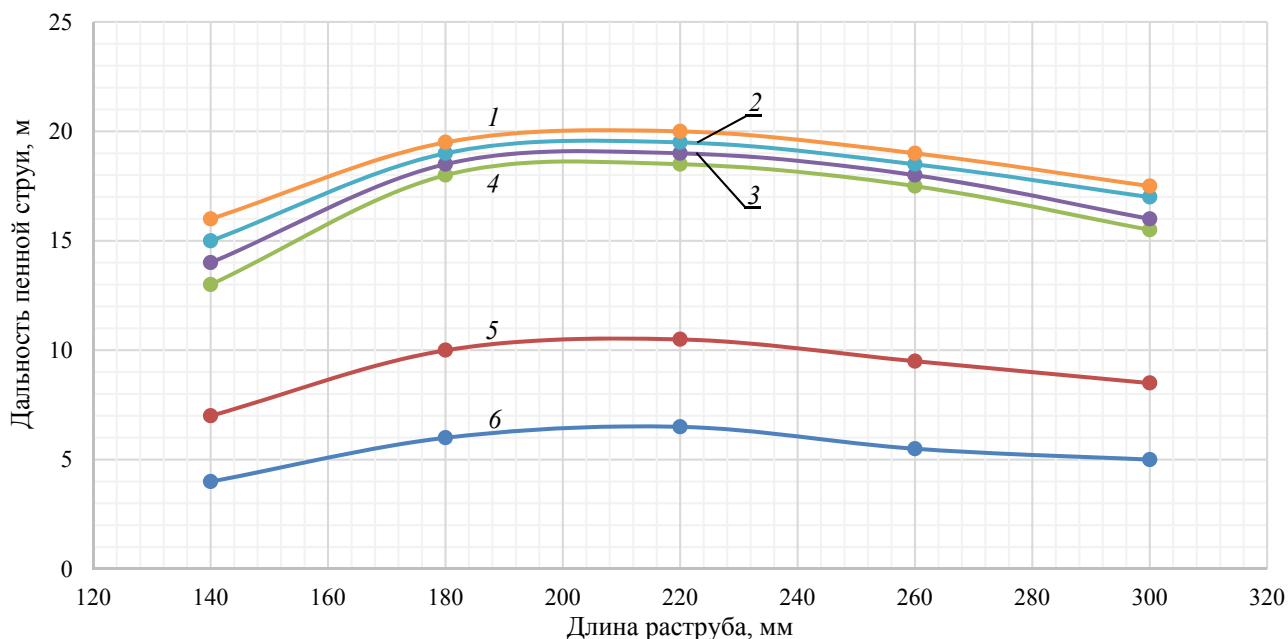
**Таблица 4. – Дальность пенной струи для раструба различной длины**

Расход пожарного ствола	Дальность пенной струи, м, для раструба различной длины, мм				
	140	180	220	260	300
1-е положение регулятора, 0,5 л/с	4,0	6,0	6,5	5,5	5
2-е положение регулятора, 1 л/с	7,0	10,0	10,5	9,5	8,5
3-е положение регулятора, 2 л/с	13,0	18,0	18,5	17,5	15,5
4-е положение регулятора, 3,1 л/с	14,0	18,5	19	18	16
5-е положение регулятора, 4 л/с	15	19,0	19,5	18,5	17
6-е положение регулятора, 4,9 л/с	16	19,5	20	19	17,5



1 – длина раструба 220 мм; 2 – длина раструба 180 мм; 3 – длина раструба 260 мм;  
4 – длина раструба 300 мм; 5 – длина раструба 140 мм

**Рисунок 5. – Дальность пенной струи для образцов пеногенератора с различными длинами раструба при изменении расхода раствора пенообразователя**



1 – расход 4,9 л/с; 2 – расход 4,0 л/с; 3 – расход 3,1 л/с; 4 – расход 2,0 л/с; 5 – расход 1,0 л/с; 6 – расход 0,5 л/с

**Рисунок 6. – Дальность пенной струи для образцов пеногенератора с различными расходами раствора пенообразователя при изменении длины раструба**

**Заключение.** В ходе проведения экспериментальных исследований опытных образцов пеногенератора установлено, что наиболее оптимальным является опытный образец пеногенератора с длиной раструба 220 мм и сеткой с площадью ячейки 4 мм<sup>2</sup>. При этом установлено, что с ростом расхода раствора пенообразователя кратность генерируемой пены растет, достигая максимума при расходе  $Q = 2$  л/с, и далее начинает падать, поэтому для формирования воздушно-механической пены целесообразно пользоваться третьим положением регулятора расхода пожарного ствола. Опытный образец пеногенератора с длиной раструба 220 мм позволяет подавать пену с наиболее высокой кратностью и требуемой дальностью пенной струи. Кроме того, в результате сравнения результатов этой работы и данных [3] установлено, что для получения раствора пенообразователя необходимо использовать пеносмеситель пожарного насоса.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены данные для последующей оптимизации устройства и размеров пеногенератора, даны рекомендации по использованию пеногенератора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Урядова, Н.В. Викинг знает свое дело / Н.В. Урядова // СБ Беларусь сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/viking-znaet-svoe-delo.html>. – Дата доступа: 09.10.2018.
2. Ствол пожарный ручной универсальный СПРУК-50/0,7 «Викинг». Паспорт. Руководство по эксплуатации. ЭФЮП 306142.001 РЭ. – М.: РУП «Приборостроительный завод «ОПТРОН». – 9 с.
3. Камлюк, А.Н. Пеногенератор пожарного ствола СПРУК 50/0,7 «Викинг» / В.В. Пармон, М.Ю. Стриганова, А.А. Морозов, А.С. Курочкин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2. – № 3. – С. 335–342.
4. Стенд для определения кратности и устойчивости пены низкой кратности: полез. модель ВУ 7605 / С.М. Малашенко, О.Д. Навроцкий. – Оpubл. 2011.10.30.
5. Учебно-методическое пособие по обработке экспериментальных данных / Н.И. Бохан [и др.]. – Светлая Роша: ИППК МЧС Республики Беларусь, 2008. – 34 с.
6. Качанов, И.В. О влиянии предварительного газонасыщения пенообразующего раствора на характеристики пены, генерируемой в автоматических установках пожаротушения / Д.А. Шафранский, В.В. Кулебякин, С.Ю. Павлюков // Вестник Командно-инженерного института. – 2015. – № 2 (22). – С. 53–60.
7. Система стандартов пожарной безопасности. Стволы пожарные ручные. Общие технические условия: СТБ 11.13.14-2009. – Введ. 21.08.09. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь: Минское областное управление МЧС Респ. Беларусь, 2009. – 12 с.

## OPTIMIZATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE FIRE REMOVAL PENOGENERATOR SPRUK 50/0.7 «VIKING»

**Andrei Kamluk**, PhD in Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor

**Valerij Parmon**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Marina Striganova**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Artsiom Marozau**

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The study of the dependence of generated air-mechanical foam multiplicity on the socket length of foam generator of the fire-hose barrel SPRUK 50/0.7 «Viking».

*Methods.* Experimental studies were carried out on the basis of the University of Civil protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus in accordance with the requirements of Standard of Belarus 11.13.14-2009 «Manual fire barrel. General specifications».

*Findings.* It was stated that the prototype of the foam generator with a socket length of 220 mm was the most optimal. It was found that with increasing consumption of foaming agent, the multiplicity of generated foam grows, reaching a maximum at a flow rate of  $Q = 2$  l/s, and then begins falling, therefore, to form an air-mechanical foam, it is advisable to use the third position of the flow regulator of fire-hose barrel. A prototype foam generator with a socket length of 220 mm allows you to apply the foam with the highest ratio and the required range of foam jet. It has also been established that to obtain a foam forming solution, it is necessary to use a fire pump foam mixer.

*Application field of research.* Extinguishing fires with air-mechanical foam using a fire-hose barrel SPRUK 50/0,7 «Viking».

*Conclusions.* In the course of experimental studies of prototypes of foam generator, it was established that the foam generator with a socket length of 220 mm allows to achieve the greatest range of the foam jet. Reducing or increasing the length of the socket leads to a decrease in the range.

*Keywords:* foam generator, low multiplicity foam, mesh, socket, stand, range of foam jet, foam multiplicity.

(The date of submitting: October 9, 2018)

### REFERENCES

1. Uryadova N.V. *Viking znaet svoje delo* [Viking knows his stuff]: *Belarus' segodnya*, available at: <https://www.sb.by/articles/viking-znaet-svoe-delo.html> (accessed: October 9, 2018). (rus)
2. *Stvol pozharnyy ruchnoy universal'nyy SPRUK-50/0,7 «Viking» Passport. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Fire barrel manual universal SPRUK-50 / 0,7 «Viking»]: Passport. Manual. EFYuP 306142.001 RE. Minsk. RUP «Priborostroitel'nyy zavod «OPTRON». 9 p. (rus)
3. Kamlyuk A.N., Parmon V.V., Striganova M.Yu., Morozov A.A., Kurochkin A.S. *Penogenerator pozharnogo stvola SPRUK 50/0,7 «Viking»* [Foam generator of the fire nozzle SPRUK 50/0,7 «Viking»]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2018. Vol. 2, No. 3. Pp. 335–342. (rus)
4. Malashenko M.S., Navrotskiy O.D. *Stend dlya opredeleniya kratnosti i ustoychivosti peny nizkoy kratnosti* [Stand for determining the multiplicity and stability of foam of low multiplicity]: patent BY 7605. Published December 30, 2005. (rus)
5. Bokhan N.I. *Uchebno-metodicheskoe posobie po obrabotke eksperimental'nykh dannykh* [Guide on experimental data processing]. Svetlaya Roshcha: Institute for Retraining and Professional Development of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, 2008. 34 p. (rus)
6. Kachanov I.V., Kulebyakin V.V., Pavlyukov S.Yu. *O vliyaniy predvaritel'nogo gazonasyscheniya penoobrazuyushchego rastvora na kharakteristiki peny, generiruemoy v avtomaticheskikh ustanovkakh pozharotusheniya* [On the effect of the preliminary gas saturation of a foaming solution on the characteristics of a foam generated in automatic fire extinguishing installations]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 53–60. (rus)
7. *Sistema standartov pozharnoy bezopasnosti. Stvolyy pozharnyye ruchnyye. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Fire fighting trunks manual. General specifications: Standard of Belarus 11.13.14-2009]. Affirmed August 21, 2009. Minsk: The State Committee for Standardization of the Republic of Belarus, 2009. 12 p. (rus)

УДК 621.793.3:678

## ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ГИБКИХ СВЕТООТРАЖАЮЩИХ СЛОЕВ Ni-P НА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОЙ ПОДЛОЖКЕ

Рева О.В., Назарович А.Н.

Разработан способ химического осаждения из растворов слоев Ni-P на полиэфирных подложках. Исследованы состав, микроструктура и физико-механические характеристики электропроводного светоотражающего металлопокрытия на поверхности полиэфирных тканей.

*Ключевые слова:* электропроводящий металлический слой, нанокпозиционный материал, функциональные светоотражающие покрытия.

(Поступила в редакцию 17 октября 2018 г.)

**Введение.** Одной из серьезных задач при разработке защитной одежды для пожарных-спасателей, сварщиков, электротехников, рабочих горячих цехов и представителей других опасных профессий является создание тепло-светоотражающих огнезащитных и электропроводящих тканевых материалов, в том числе с прочно прикрепленным поверхностным слоем металла. Нанесение токопроводящего и светоотражающего слоя осуществляется как методами вакуумного напыления и горячего прессования, так и ракельного формования слоев из вязкого раствора металлопорошков на основе полимерного связующего [1].

Процесс вакуумного напыления проходит в несколько стадий: переход напыляемого материала из конденсированной фазы в газовую, перенос молекул в газовой фазе к поверхности изделия, конденсация их на поверхности, образование и рост зародышей металла, формирование компактной пленки. Преимущество такого метода состоит в высокой скорости нанесения равномерного защитного слоя. Однако его применение чрезвычайно энергозатратно, поэтому вакуумное напыление заменяют на атмосферное плазменное напыление. Суть метода сводится к тому, что частицы металла разгоняются высокотемпературными потоками плазмы и осаждаются на основе в виде покрытия. Однако этот метод применим в большей части для нанесения защитного слоя на поверхность массивных металлических деталей, а не ткани. Недостатком плазменного напыления является сравнительно невысокая адгезионная и когезионная прочность покрытия. Другим способом металлизации является горячее распыление расплавленного металла из пульверизатора. При ударе о материал металл частично внедряется в структуру подложки. К недостаткам такого метода можно отнести невысокую прочность закрепления покрытия на подложке, а также разрушение ткани при напылении горячего металла [1].

Весьма распространенным методом нанесения защитного металлического слоя является ракельное формование слоев из вязкого раствора металлопорошков на основе полимерного связующего. На подложку первоначально наносится грунтовочный слой, а после защитный светоотражающий слой [2]. Проблемой является как подбор клеящего агента, так и функциональные свойства композита, в частности его суммарная огнестойкость.

Одним из перспективных способов получения гибкого, прочного, электропроводного и светоотражающего слоя на диэлектрической подложке является химическое осаждение металлов из растворов с получением нанокпозиционного материала. Наилучшими светоотражающими свойствами и электропроводностью отличаются серебряные слои [3, 4], однако они экономически нецелесообразны при массовом производстве защитной одежды. Слои Cu отличаются хорошей пластичностью и электропроводностью, но склонны к окислению. Весьма перспективными для решения поставленной задачи представляются автокаталитические покрытия на основе Ni-P, поскольку они хотя и более хрупкие, чем серебряные и медные, но значительно более коррозионно- и износостойкие и, как правило, имеют более высокую адгезию к диэлектрической подложке [3, 4].

Нанесение электропроводящего светоотражающего слоя на поверхность диэлектрика путем химической металлизации осуществляется в несколько стадий: травление, сенсбилизация, активация и нанесение металлического слоя [3–9].

Стадия травления необходима для разрыхления приповерхностного слоя, создания микроуглублений и микропор для более прочного сцепления металла с подложкой. Стадия

сенсibilизации предназначена для активации поверхности путем сорбции ионов, способных восстанавливать ионы осаждаемого металла. Традиционно используют растворы соединений Sn(II), поскольку они обладают ярко выраженными восстановительными свойствами и способностью адсорбироваться на поверхности твердых тел, хотя известны системы на основе соединений  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{1+}$ ;  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Ti}^{2+}/\text{Ti}^{4+}$  и др. [3–9].

Сформированные активные центры металла часто нуждаются в усилении. Для этого широко применяются растворы хлорида палладия  $\text{PdCl}_2$ , благодаря которому на поверхности адсорбированных частиц соединений Sn(II) происходит формирование каталитически активных центров  $\text{Pd}^0$ . На поверхности этих центров инициируется химическое осаждение из растворов Ni, Cu и других металлов.

Следует отметить, что если для гладких пленочных диэлектриков методы химической металлизации разработаны и описаны достаточно широко, то такие методики для металлопокрытий на волокнах и тканевых материалах с чрезвычайно развитой поверхностью в литературе освещены весьма незначительно.

Закономерности автокаталитического осаждения пленок Ni-P на массивные подложки изучаются уже достаточно давно, обзор большого количества источников приведен в работах [3, 4]. В основе химического осаждения покрытий Ni-P лежит кинетически заторможенная реакция взаимодействия ионов никеля с гипофосфитом, происходящая на границе раздела фаз. Свежесформированные частицы никеля на твердой поверхности являются катализатором реакции. На поверхности катализатора одновременно протекают анодная стадия окисления восстановителя и катодная стадия восстановления никеля и водорода, в результате водород может включаться в состав пленки. Содержание в покрытиях P, который является продуктом разложения гипофосфита, зависит от кислотности раствора и меняется в среднем от 3 до 25 мол. %. Скорость роста покрытия зависит от концентраций компонентов, природы лигандов, pH, температуры и электрохимической природы каталитической поверхности и может достигать 20–30 мкм/ч [3, 4].

Очень многие свойства тонких слоев металла определяются их морфологией. Известно, что зародыши никеля обладают способностью к двумерному росту в плоскости подложки без нового ядрообразования, что приводит к росту пластинчатых кристаллов [3, 4, 7, 8]. На дальнейших стадиях роста пленок происходит перекрывание первичных зародышей, их рекристаллизация и рост в направлении, перпендикулярном подложке. Регулирование скоростей зародышеобразования и роста ядер является очень сложной и недостаточно изученной проблемой. Индивидуальное влияние температуры, pH, природы и концентрации лигандов, ПАВ, а также природы подложки и способа ее активации (как правило, нелинейное) и воздействие их на морфологию покрытий в комплексе противоречиво и очень плохо прогнозируемо.

Процентный и фазовый состав автокаталитических пленок Ni-P также зависит от условий синтеза и природы подложки достаточно сложным образом. Покрытия, осажденные из кислых растворов, содержат больше фосфора (до 25 %), чем полученные из щелочных электролитов (8–10 %). Покрытия Ni-P с содержанием фосфора более 15 мол. % часто обладают аморфной структурой, либо представляют собой плохо упорядоченный твердый раствор фосфора в гексагональном никеле [3, 5, 9]. Покрытия с меньшим содержанием фосфора (5–9 мол. %) включают фазы кубического никеля и твердый раствор фосфора в гексагональном никеле.

Микротвердость и износостойкость покрытий Ni-P также изменяются нелинейно в зависимости от целого ряда факторов; они существенно выше, чем у чистого никеля и повышаются при росте содержания в пленках фосфора и кристаллических фосфидов [3, 5, 6]. Однако одновременно в пленках растут внутренние напряжения и хрупкость; поэтому автокаталитические покрытия Ni-P лимитированы по толщине. Увеличению коррозионной стойкости покрытий Ni-P способствуют высокое содержание фосфора и мелкодисперсность подложки.

Несмотря на обилие экспериментальных данных выявлено достаточно мало четких закономерностей по получению материалов с заданными свойствами. Данные по физико-механическим свойствам пленок Ni-P из различных источников трудно сопоставимы, поскольку они сложным образом зависят от условий осаждения и свойств подложки.



В данной работе исследовались закономерности синтеза и ряд свойств автокаталитических пленок Ni-P, химически осажденных из растворов на полиэфирные матрицы различного типа: пленки и ткань саржевого плетения.

**Методика эксперимента.** В качестве диэлектрической подложки использовали сбалансированную смесовую ткань (состав сырья, %: хлопок – 50, полиэфир – 50) комбинированного переплетения «рип-стоп» для спецодежды и полиэтилентерефталатную пленку толщиной 60 мкм.

Полиэфирную ткань или пленку протравливали в десятипроцентной смеси соляной HCl и серной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> кислот при комнатной температуре в течение 5 мин и промывали проточной водой. Затем подложку обрабатывали кислым водным раствором SnCl<sub>2</sub> в течение 10 мин. Сенсибилизированную и промытую дистиллированной водой полиэфирную ткань или пленку активировали в кислом водном растворе PdCl<sub>2</sub> в течение 40–50 сек, промывали дистиллированной водой и погружали в растворы химического осаждения никеля № 1 или 2 (табл. 1) на 120–130 сек. Для толстослойного наращивания первичного металлического слоя использовали раствор никелирования № 3, в котором первичный металлический слой на активированной диэлектрической поверхности не формируется.

**Таблица 1. – Состав изученных растворов химического никелирования, г/л**

№	(CH <sub>3</sub> COO)Na	NiCl <sub>2</sub>	Ni(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub> Cl	(CH <sub>3</sub> COO)NH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	Глицин	Сахарин	pH
1		24		37	27		32		1	8,6
2			25	37		30			1	6,2
3	15		25	25				20		6

Толщину покрытия *s* определяли весовым методом – измерением массы образцов *m* до и после осаждения металлического слоя и расчетом по формуле

$$s = \frac{\Delta m}{\rho S_{\text{обр}}}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – масса покрытия, мг;  $\rho$  – плотность металла, мг/см<sup>3</sup>;  $S_{\text{обр}}$  – площадь образца, см<sup>2</sup>. Измерение массы образцов осуществлялось на аналитических весах ВРЛ-200 точностью ±0,05 мг.

Макроструктуру покрытий на развитой поверхности изучали с помощью оптического металлографического микроскопа МБС-1. Для изучения микроструктуры поверхности покрытий на гладкой поверхности использовали растровый сканирующий электронный микроскоп марки LEO-1420. Локальный элементный состав поверхностной зоны пленок определялся методом электронно-зондового микрорентгено-спектрального анализа (РСА) на рентгеновском микроанализаторе (EDX) типа RONTES, являющегося приставкой к электронному микроскопу LEO-1420. Глубина анализируемого слоя ~3 мкм. Содержание фосфора в покрытиях определяли после их полного растворения в азотной кислоте методом атомно-эмиссионной спектроскопии на спектрометре модели ICP-2060T на индуктивно-связанной плазме.

При исследовании фазового состава покрытий использовали метод рентгенографического анализа. Съемка рентгенограмм осуществлялась на дифрактометре ДРОН-3 в интервале углов 2 $\Theta$  6–45° со скоростью записи 1 град/мин на молибденовом K $\alpha$ -излучении. В качестве справочных данных использовали картотеку АСТМ.

Коэффициент отражения направленного светового потока от поверхности металлических покрытий измеряли на фотоэлектрическом блескомере ФБ-2 при геометрии освещения/наблюдения 45°/45° в видимой области спектра. Сопротивление покрытия постоянному току измеряли на тераомметре Е6-13А с диапазоном работы от 10 до 10<sup>14</sup> Ом. Удельное сопротивление вычислялось по формуле

$$\rho = \frac{RS_{\text{обр}}}{l}, \quad (2)$$

где *R* – сопротивление образца, Ом;  $S_{\text{обр}}$  – площадь образца, см<sup>2</sup>; *l* – длина образца, см.

**Результаты и обсуждение.** Для обеспечения ряда функциональных свойств (электропроводность, свето- и теплоотражение, огнестойкость) пленки Ni (Ni-P) должны иметь суммарную толщину не менее 5–8 мкм. Однако на диэлектрической подложке с очень развитым рельефом формирование покрытий с хорошей когезией в одну стадию вряд ли возможно, поскольку на разных этапах формирования покрытия требуются различные

сочетания скоростей зародышеобразования и роста зерен. Для определения условий химического осаждения на полиэфирную ткань металлопокрытий с максимально высокими характеристиками были исследованы закономерности синтеза и свойства пленок Ni-P для растворов, отличающихся комплексным составом, pH и способностью к формированию слоя на нетокопроводящей поверхности. Для всех изученных растворов с увеличением температуры возрастает скорость осаждения никеля (рис. 1). В результате проведенных исследований установлено, что на поверхности гладкой полиэфирной пленки никелевые покрытия осаждаются из растворов № 1 и 2 до толщины не более 0,45 мкм; из слабокислого раствора № 3 – до толщины 20–25 мкм.

Для растворов № 1 и 2 ограничением толщины пленки является нарастание внутренних напряжений, которое приводит к растрескиванию тонкого покрытия, существенно раньше того момента, когда поверхность будет пассивирована продуктами неполного восстановления никеля и соединениями фосфора, следствием чего является замедление роста пленки (рис. 1а). Для электролита № 3 внутренние напряжения в покрытиях существенно меньше и скорость осаждения металла падает только при достижении им толщины 16–24 мкм (рис. 1б). Такое различие связано, очевидно, как с особенностями накопления в покрытиях соединений фосфора, так и с принципиальными различиями в микроструктуре формируемых пленок.

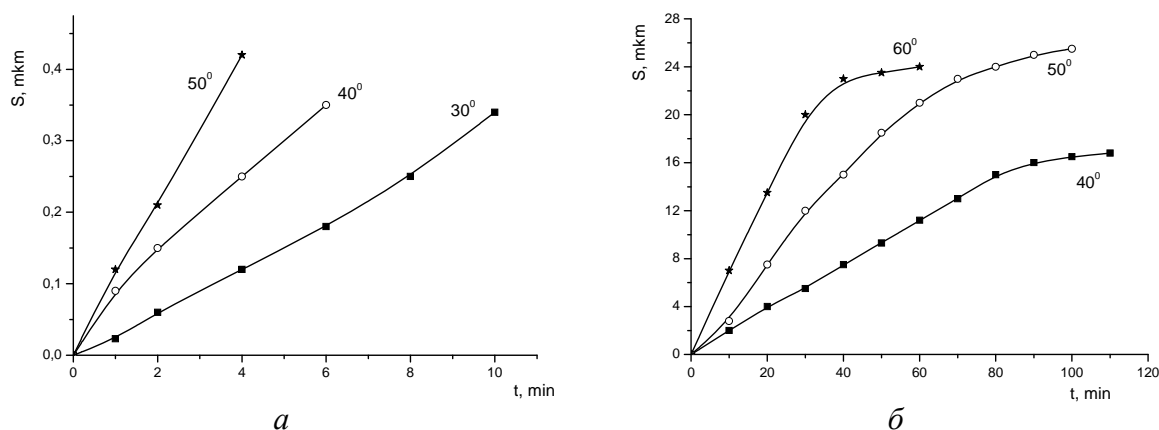


Рисунок 1. – Зависимость толщины никеля от времени осаждения  
а – из раствора № 1 при 30, 40 и 50 °С; б – из раствора № 3 при 40, 50 и 60 °С

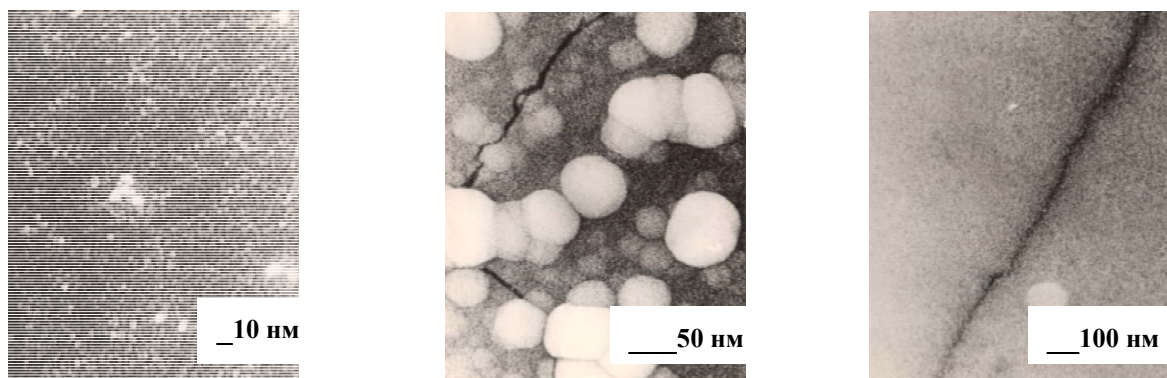
Для получения светоотражающего покрытия требуется достаточно высокая степень блеска, что реализуется при мелкозернистой структуре металла. Это свойство зависит от скорости формирования металлопокрытия на поверхности диэлектрика, определяющейся в свою очередь температурой раствора и природой лигандов.

Как было доказано методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), покрытие, полученное на пленочной поверхности из слабокислого раствора № 3, имеет значительно более крупнозернистую структуру: размеры элементов составляют до 30–60 нм, тогда как в случае растворов № 1 и 2 – 5–8 нм (рис. 2а и 2б). При автокаталитическом осаждении металла из растворов № 1 и 2 скорость зародышеобразования выше скорости роста зерен, тогда как для раствора № 3 преобладает стадия роста зерен, быстрее растут зерна с формированием крупной, но мало напряженной структуры.

Ацетатный раствор толстослойного никелирования № 3 характеризуется формированием достаточно крупнозернистого покрытия и отличается способностью к «залечиванию» микротрещин на тонких пленках, осажденных из растворов № 1 и 2 (рис. 2в). По всей вероятности, эта особенность стабилизированного ацетатного электролита связана со способностью образующихся на поверхности достаточно крупных плоских элементов структуры перекрывать микродефекты мелкозернистых затравочных покрытий.

Установлено, что при осаждении металла из растворов № 1 и 2 на гладкую полиэфирную пленку с приближением к предельной толщине покрытия (0,5 мкм) происходит падение адгезии металла к подложке и резкое возрастание электрического сопротивления пленки до 700–900 Ом·м (рис. 3а) вследствие нарастания внутренних напряжений и увеличения микродефектности покрытия. Возрастание удельного электрического сопротивления по мере увеличения толщины химически осажденного никеля может происходить как вследствие ухудшения контакта между микрочастицами

слоя, так и по причине увеличения содержания в покрытии фосфора по мере осаждения [3, 8, 9]. Для толстых слоев из раствора № 3 преобладает скорость роста зерен, и формируется крупная, но мало напряженная структура.

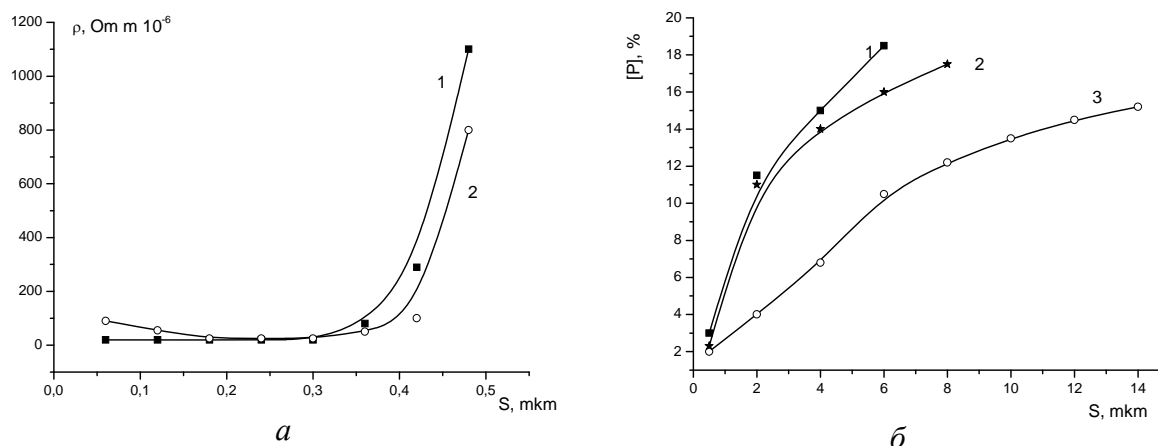


а (толщина металлического слоя – 0,5 мкм)

б (толщина металлического слоя – 1,5 мкм)

в (толщина металлического слоя – 8 мкм)

**Рисунок 2.** – СЭМ фотографии химически осажденных на поверхность полиэфирной пленки покрытий Ni-P: а – из раствора никелирования № 1; б – № 3; в – № 3 поверх слоя из № 1



**Рисунок 3.** – Зависимость: а – удельного сопротивления металлического слоя от толщины; б – содержания фосфора в автокаталитических никелевых покрытиях от толщины пленки

Рост содержания в пленке фосфора может привести также к искажению кристаллической решетки осаждаемого никеля вплоть до получения аморфного покрытия с принципиально иной микроструктурой и физико-механическими свойствами.

Поскольку на очень гладкой ПЭТФ-подложке из растворов № 1 и 2 невозможно получить покрытие толще 0,45 мкм, для изучения содержания фосфора в пленках из тех же растворов при тех же условиях были получены модельные покрытия на развитой стальной поверхности. На шероховатой подложке предельная толщина покрытий возрастает в 3–4 раза. Методами рентгеноструктурного анализа (РСА) и атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) установлено, что во всех случаях процентное содержание фосфора в пленках Ni-P увеличивается с ростом толщины покрытия (рис. 3б). При этом накопление фосфора значительно быстрее происходит при осаждении покрытий из растворов № 1 и 2. Так, в пленках, полученных из раствора № 3, содержание фосфора составляет ~12 % при толщине 8 мкм; а в пленках, осажденных из растворов № 1 и 2, такое же количество фосфора обнаруживается уже при толщине ~2,5 мкм. Это объясняет гораздо большую напряженность и хрупкость пленок, полученных из растворов № 1 и 2, и их существенно меньшую предельную толщину по сравнению с раствором № 3. Кроме того, имеет важное значение, в каком фазовом состоянии находится P в покрытиях.

Методом рентгенофазового анализа кристаллические соединения фосфора в покрытиях обнаруживаются только при его содержании менее 6 ат. %. Параметр кристаллической решетки этих покрытий несколько отличается от стандартного для Ni ( $\alpha = 0,3523$  нм), и тем значительнее, чем больше в пленке содержится фосфора. Для слоев, содержащих более 7 ат. % фосфора, параметр кристаллической решетки определить не

удалось, что свидетельствует о ее очень сильном искажении и приближении к аморфному состоянию. Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что для металлизации полиэфирной ткани более перспективным является раствор № 3 либо его комбинирование с тонкими слоями, полученными из растворов № 1 и 2, поскольку аморфные структуры более изотропны.

Закономерности осаждения пленок Ni-P на поверхности полиэфирной ткани несколько отличаются от обнаруженных для гладкой пленки. Скорость осаждения покрытия возрастает в 2–3 раза, индукционный период (обычно 5–10 с) при погружении активированной подложки в раствор практически отсутствует. Причиной, очевидно, является значительно большая адсорбция активирующих соединений Sn(II) и Pd(II) на очень развитой и пористой поверхности ткани по сравнению с полиэтилентерефталатной пленкой. На развитой поверхности ткани, в отличие от гладкой пленки возможно осаждение более толстых слоев (до 1,5–3 мкм) даже из растворов № 1 и 2 вследствие более равномерного распределения напряжений на сложной поверхности и фактического прорастания металла между волокнами сквозь крупные поры подложки. В случае применения раствора № 3 максимальная толщина слоя составляет 13,8 мкм.

Для получения металлического покрытия на ткани было опробовано комбинированное химическое осаждение никеля в виде нескольких слоев из различных растворов. Слои осаждали с релаксацией между их осаждением в течение 1–3 суток. В результате на полиэфирной ткани были получены комбинированные слои с суммарной толщиной до 9–14 мкм, практически неотделимые от основы расслаиванием и клейкой лентой.

Удельное сопротивление этих слоев составляет всего 0,4–1,5 Ом·м (табл. 2), что соответствует требованиям ГОСТ к защитной одежде. Вероятно, на ткани, в отличие от пленки образуются более кристаллизованные слои, т. к. они отличаются от аморфных существенно лучшей проводимостью. Однако в этом случае возможно падение отражающей способности слоя, т. к. покрытия становятся более крупнозернистыми.

**Таблица 2. – Удельное сопротивление и коэффициент отражения видимого света металлизированной тканью в зависимости от толщины слоя и условий синтеза**

№ раствора первого слоя	Суммарная толщина покрытия, мкм	Удельное сопротивление, Ом·м	Коэффициент отражения
1	13,78	0,15	0,8
	13,78	0,13	0,85
2	9,13	0,45	0,6
	9,35	0,3	0,6
	11,08	1,5	0,55

Было установлено, что коэффициент отражения видимого света металлизированной тканью (так же, как и в случае гладкой пленки) увеличивается по мере толщины покрытия и достигает 0,6–0,85 (табл. 2), что с учетом очень высокой суммарной шероховатости основы (рис. 4) явно выше ожидаемого.



**Рисунок 4. – Микрофотография поверхности химически осажденного на поверхность полиэфирной ткани покрытия Ni-P**

**Заключение.** В результате проведенных исследований обнаружены существенные различия в закономерностях формирования и функциональных свойствах автокаталитических покрытий Ni-P, нанесенных на полиэфирные материалы с различным типом поверхности – пленки и ткани. Металлизированные химическим способом полиэфирные ткани и волокнистые материалы обладают характеристиками, представляющими интерес для применения в защитной одежде и изделиях технического назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов, А. Металлизация текстильных изделий [Электронный ресурс] / А. Артемов. – Режим доступа: <http://www.lpb.ru/print.php?id=1232>. – Дата доступа: 15.09.2018.
2. Дмитракович, Н.М. Сравнительный анализ технологических процессов получения огнестойких тканей с металлизированным покрытием / Н.М. Дмитракович, Ю.Г. Русецкий, В.В. Гнутенко [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2004. – № 6 (16). – С. 27–35.
3. Химическое осаждение металлов из водных растворов / В.В. Свиридов, Т.Н. Воробьева, Т.В. Гаевская, Л.И. Степанова / Под ред. В.В. Свиридова. – Минск: Университетское, 1987. – 270 с.
4. Electroless Plating: Fundamentals & Applications / Ed. by G.O. Mallory, J.B. Hajdu. – American Electroplaters and Surface Finishers Society: Orlando F 1. – 1990. – 273 p.
5. Бабяк, С.И. Влияние режимов нанесения никельсодержащих химических покрытий на их твердость / С.И. Бабяк, В.Д. Скопинцев, А.В. Моргунов // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем: материалы междунар. науч.-практ. конф., Москва, 17–20 апр. 2006 г. / Московский гос. ун-т природообустройства. – М., 2006. – Ч. 1. – С. 205–208.
6. Дровосеков, А.Б. Коррозионные свойства и защитная способность химико-каталитических Ni-P-покрытий / А.Б. Дровосеков, М.В. Иванов, О.А. Полякова, Т.Е. Цупак // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2011. – Т. XIX, № 4. – С. 41–46.
7. Петухов, И.В. О механизме роста Ni-P-покрытий, получаемых методом химического осаждения // Электрохимия. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 36–43.
8. Хоперия, Т.Н. Химическое никелирование неметаллических материалов. – М.: Металлургия. – 1982. – 144 с.
9. Вашкялис, А.Ю. О включении фосфора в покрытие при восстановлении гипофосфитом / А.Ю. Вашкялис, А.В. Ягминене, А.Ю. Прокопчик. – Вильнюс, 1983. – 33 с. – Деп. в Лит. ВИНТИ 28.06.83, № 1073.

## CHEMICAL DEPOSITION OF FLEXIBLE REFLECTIVE LAYERS NI-P ON POLYETHYLENE TEREPHTHALATE UNDERLAY

Olga Reva, PhD in Chemical Sciences, Associate Professor

Andrei Nazarovich

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The article is devoted to the method of synthesis of flexible light and heat reflective metal layers on a polyethylene terephthalate substrate and the study of the obtained coatings.

*Methods.* Gravimetry, scanning electron microscopy, X-ray graphic analysis, X-ray structural analysis, electron probe X-ray microanalysis, atomic emission spectroscopy, atomic absorption spectrometry.

*Findings.* Combined Ni-P layers with a total thickness of up to 9–14  $\mu\text{m}$  of a predominantly amorphous structure, containing up to 8–15 mol % of phosphorus (P) were obtained on polyester fabric. They have a coefficient of visible light reflection about 85%.

*Application field of research.* The metallized fabric with light and heat reflecting properties can be used in protective special clothes and technical products.

*Conclusions.* As a result of the research, the significant differences were found in the patterns of formation and functional properties of Ni-P autocatalytic coatings deposited on polyester materials with different types of surface film and fabric. Chemically metallized polyester fabrics and fibrous materials possess characteristics are of interest for the use in protective clothing and technical items.

*Keywords:* electrically conductive metal layer, nanocomposite material, functional reflective coatings.

(The date of submitting: October 17, 2018)

### REFERENCES

1. Artemov A. *Metallizatsiya tekstil'nykh izdeliy*, available at: <http://www.lpb.ru/print.php?id=1232> (accessed: September 15, 2018). (rus)
2. Dmitrakovich Yu.G. Rusetskiy, V.V. Gnutenko et al. Sravnitel'nyy analiz tekhnologicheskikh protsessov polucheniya ognetermostoykikh tkaney s metallizirovannym pokrytiem [Comparative analysis of technological processes for producing fire-resistant fabrics with metallic coating]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2004. No. 6 (16). Pp. 27–35. (rus)
3. Sviridov V.V., Vorob'eva T.N., Gaevskaya T.V., Stepanova L.I. *Khimicheskoe osazhdenie metallov iz vodnykh rastvorov* [Chemical precipitation of metals from aqueous solutions]. Ed. by V.V. Sviridova. Minsk: Universitetskoe, 1987. 270 p. (rus)
4. *Electroless Plating: Fundamentals & Applications* / Ed. by G.O. Mallory, J.B. Hajdu. American Electroplaters and Surface Finishers Society: Orlando F 1. 1990. 273 p.
5. Babyak S.I., Skopintsev V.D., Morgunov A.V. Vliyanie rezhimov naneseniya nikel'soderzhashchikh khimicheskikh pokrytiy na ikh tverdost' [Effect of nickel-containing chemical coating deposition regimes on their hardness]. *Proc. Intern. scientific-practical conf. «Rol' prirodoobustroystva v obespechenii ustoychivogo funktsionirovaniya i razvitiya ekosistem»*, Moscow, April 17–20, 2006. Moscow State University of Environmental Engineering. Moscow, 2006. Part 1. Pp. 205–208. (rus)
6. Drovosekov A.B. Ivanov M.V., Polyakova O.A., Tsupak T.E. Korroziionnye svoystva i zashchitnaya sposobnost' khimiko-kataliticheskikh Ni-P pokrytiy [Corrosion Properties and Protective Power of Ni-P Coating]. *Electroplating and Surface Treatment*, 2011. Vol. 19, No. 4. Pp. 41–46. (rus)
7. Petukhov I.V. O mekhanizme rosta Ni-P-pokrytiy, poluchaemykh metodom khimicheskogo osazhdeniya [On the growth mechanism of Ni – P coatings obtained by chemical deposition]. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2007. Vol. 43, No. 1. Pp. 36–43. (rus)
8. Khoperiya T.N. *Khimicheskoe nikelirovanie nemetallicheskih materialov* [Chemical nickel plating of non-metallic materials]. Moscow: Metallurgy, 1982. 144 p. (rus)
9. Vashkyalis A.Yu., Yagminene A.V., Prokopchik A.Yu. O vklyuchenii fosfora v pokrytie pri voss-tanovlenii gipofosfitom [On the inclusion of phosphorus in the coating during the restoration of hypophosphite]. Vilnius, 1983. 33 p. Dep. in Litva VINITI 28.06.83, No. 1073. (rus)

УДК 621.62:678.546

**КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ГАЗОПЛАМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ****Вариков Г.А., Дрозд К.М., Жорник В.И.**

Исследовано влияние концентрации и дисперсности микроразмерного неорганического модификатора (ситалл, алюминиевая пудра) на коррозионную стойкость полимерного композиционного материала (ПКМ) газопламенных покрытий на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и полиамида (ПА-6). Получена зависимость уровня коррозионной стойкости от дисперсности и концентрации наполнителя.

*Ключевые слова:* полимерные покрытия, газопламенное напыление, микроразмерный наполнитель, концентрация и дисперсность наполнителя, коррозионная стойкость.

(Поступила в редакцию 1 августа 2018 г.)

**Введение.** Коррозионные процессы относятся к числу тех негативных явлений, которые в значительной степени определяют ресурс использования металлических емкостей для хранения и доставки огнетушащих веществ, в свою очередь определяющий боеготовность и надежность функционирования мобильных и стационарных устройств для пожаротушения. Это требует разработки эффективных технических решений конструктивного технологического или иного характера.

Полимерные материалы являются наиболее прогрессивным видом защитных материалов, и темпы роста их использования для защиты от коррозии опережают темпы роста применения для этих целей металлических и керамических материалов.

В отличие от металлов, где процессы взаимодействия с агрессивной средой происходят на их поверхности, разрушение полимеров в агрессивных средах происходит в некоторой реакционной зоне, размеры которой изменяются от нескольких монослоев до полного объема полимерного изделия. Для описания процессов разрушения полимеров под воздействием агрессивных сред наиболее применим термин «химическая деструкция», под которым понимают совокупность химических процессов, приводящих к изменению химической структуры материала. Химическая деструкция протекает с разрывом межмолекулярных связей и сопровождается изменением массы полимера. Химическая деструкция – сложный физико-химический процесс, включающий диффузию агрессивной среды в полимере и последующие реакции превращения химически нестойких связей. По характеру действия на полимерные материалы, агрессивные среды делятся на две группы: физически агрессивные среды, вызывающие обратимые изменения в материале и химически агрессивные среды, под действием которых происходят необратимые изменения [1–3].

По отношению к веществам, обладающим окислительными свойствами, неустойчивы все полимеры. Максимальной стойкостью к окислителям обладают фторопласты. По отношению к кислотам и основаниям неустойчивы полимеры с гетероатомами в боковой или основной цепи и устойчивы карбоцепные полимеры, не имеющие двойных связей в основной цепи и разнородные атомы в боковых цепях. Характер взаимодействия полимеров с газообразными и жидкими средами в значительной мере определяют сорбционные и диффузионные процессы [4–6].

Защитная способность в агрессивных средах наряду со стойкостью полимерного материала к химической деструкции определяется также проницаемостью самого покрытия по отношению к агрессивной среде [7]. В связи с тем, что изменение режимов газопламенного нанесения полимерных покрытий в большей степени отражается на изменении внутри- и межмолекулярного взаимодействия макромолекул полимера, их фазового состояния, структуры (степени кристалличности), а не на изменении химического состава (формулы) полимера, то можно предположить, что режимы напыления будут в большей степени влиять на проницаемость покрытий, чем на стойкость к химической деструкции их материала. В то же время опыт применения полимерных покрытий свидетельствует о том, что независимо от способа их нанесения, степень антикоррозионных (защитных) свойств в жидких и газообразных агрессивных средах существенно зависит от правильности выбора технологических (температурно-временных) параметров формирования полимерных покрытий [7–



9]. Это обусловлено тем, что термические воздействия при нанесении покрытий приводят к тем или иным химическим, физическим и структурным изменениям полимера.

Известно также, что введение в состав полимерной матрицы различного рода наполнителей приводит к существенному изменению процессов формирования структуры кристаллических и аморфных областей полимера и его свойств. При введении мелкодисперсных частиц наполнителя повышается степень кристалличности полимера, и температура его плавления сдвигается в сторону более высоких значений. Развитая поверхность мелкодисперсных наполнителей, имеющая многочисленные центры кристаллизации, по-видимому, является источником формирования кристаллитов [10].

В связи с этим цель данной работы состояла в выявлении влияния неорганических наполнителей на коррозионную стойкость газопламенных полимерных покрытий на основе различных видов полимерных материалов.

**Материалы и методика исследований.** В качестве матрицы композиционного покрытия использовались гранулы полиэтилена высокого давления (ГОСТ 16337-77) производства завода «Полимир» ОАО «Нафтан» (г. Новополоцк), полиамида ПА-6 (ТУ 6-13-3-88) производства ОАО «Азот» (г. Гродно) и полиэтилентерефталата (ГОСТ 51695-2000) производства ОАО «Могилевхимволокно», измельченные до дисперсности 100–150 мкм. В качестве неорганической добавки использовались порошок ситалла (измельченное стекло ВВС) с размером частиц 100–150 мкм и алюминиевая пудра с размером частиц 10–20 мкм, которые смешивались с полимерным порошком. Далее производилось газопламенное напыление полученной смеси на режимах, рекомендованных [11]. Толщина полимерных покрытий составляла 250–300 мкм.

Коррозионная стойкость полимерных покрытий определялась с использованием двух методик, одна из которых связана с оценкой циклической прочности образцов, подвергнутых в различной степени воздействию агрессивной среды, а вторая – с измерением электросопротивления полимерного покрытия. Известно, что показатели циклической прочности являются одной из наиболее чувствительных характеристик, реагирующих на коррозионные повреждения материалов [12]. Исходя из этого для косвенной оценки коррозионной стойкости полимерных покрытий были проведены исследования изменения циклической прочности стальных образцов, защищенных различными газопламенными покрытиями, после экспозиции образцов в растворе серной кислоты. На образцы в виде стержней диаметром 3 мм и длиной 120 мм наносились полимерные покрытия на основе ПЭТФ, ПЭВД и ПА-6. По одному из вариантов этой методики проводились исследования образцов покрытий на основе различных полимеров, в том числе с содержанием 10 об.% ситалла после экспозиции в 0,2 н растворе серной кислоты с различной продолжительностью (от 0,1 до 12 суток). По другому варианту испытаниям подвергались образцы с покрытием на основе ПЭТФ с различным содержанием ситалла и алюминиевой пудры (от 5 до 30 об.%) после их экспозиции в 0,2 н растворе  $H_2SO_4$  в течение 12 суток. В обоих вариантах образцы подвергались испытаниям на перегиб в соответствии с ГОСТ 1579-93. Циклическая прочность оценивалась по количеству перегибов, предшествующих поломке образца. Второй из методов оценки коррозионной стойкости полимерных покрытий соответствовал методике МИ-1.2001 «Ускоренные испытания полимерных покрытий для гальванических ванн на коррозионную стойкость», разработанной в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси на основе ГОСТ 9.072-72. Методика заключается в экспериментальном определении зависимости ресурса покрытий от свойств агрессивной среды. Критерием отказа (предельного состояния) являлось снижение электрического сопротивления покрытия в 15 %-ном растворе серной кислоты до величины сопротивления разрушения  $R_{пр.крит}$ . Приведенное электрическое сопротивление покрытия  $R_{пр.}$  ( $Ом \cdot м^2$ ) вычислялось по формуле

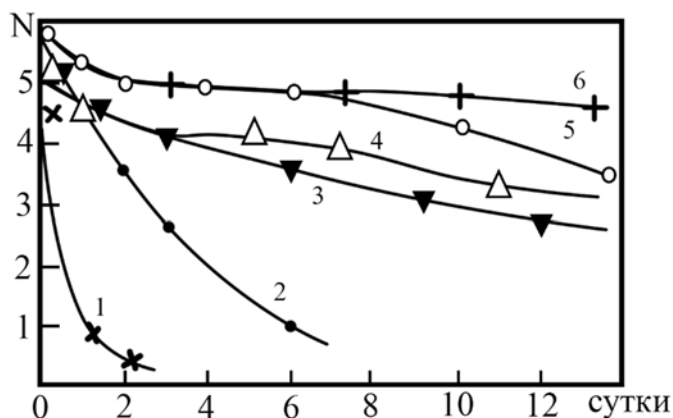
$$R_{пр.} = RS,$$

где  $R$  – общее электрическое сопротивление покрытия, Ом;  $S$  – площадь соприкосновения агрессивной среды с поверхностью покрытия,  $м^2$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** Контрольные измерения по первой из методик, проведенные в нормальных атмосферных условиях на образцах, не подвергнутых экспозиции в серной кислоте, показали, что циклическая прочность образцов с покрытиями выше, чем у образцов без покрытия, поскольку полимерные покрытия затрудняют доступ агрессивных компонентов атмосферы к металлу, способствуя повышению выносливости образцов. Известно, что молекулы газов, адсорбированные на поверхностях недавно обра-

зовавшихся трещин в твердых телах, создают расклинивающее давление, препятствующее смыканию трещин [12].

Циклическая прочность незащищенных образцов резко снижается уже после первых суток выдержки в коррозионной среде (кривая 1 на рис. 1). В этих же условиях количество циклов нагружения  $N$ , предшествующих разрушению образцов с покрытиями на основе ПЭТФ и ПЭВД (кривые 3–6), снижается не более чем на 15 %, и участок заметного уменьшения  $N$  относится к периоду первых суток экспозиции, что, по-видимому, соответствует деградации барьерных свойств покрытий. При дальнейшем увеличении продолжительности экспозиции в серной кислоте наблюдается незначительное изменение числа циклов  $N$  до разрушения, а появление наполнителя в полимерных покрытиях положительно сказывается на их коррозионной стойкости. Как отмечалось в работе [13], введение наполнителей в состав полимера изменяет соотношение между механизмами кристаллизации. Вероятно, наличие в расплаве полимера частиц наполнителя, в данном случае ситалла, способствует процессу гетерогенного зародышеобразования на их поверхности, что положительно отражается на проницаемости и коррозионной стойкости полимера.



1 – без покрытия; 2 – покрытие ПА-6; 3 – покрытие ПЭВД; 4 – покрытие ПЭВД+10 об.% ситалла; 5 – покрытие ПЭТФ; 6 – покрытие ПЭТФ+10 об.% ситалла

Рисунок 1. – Зависимость количества перегибов образца, предшествующих его разрушению, от длительности экспозиции в растворе кислоты и состава полимерных покрытий

Исследование зависимости степени коррозионного воздействия агрессивной среды в течение 12 ч экспозиции в растворе серной кислоты от концентрации и дисперсности неорганического наполнителя в полимерном покрытии показало, что максимальная коррозионная стойкость для дисперсного наполнителя (алюминиевая пудра) соответствует концентрации наполнителя в количестве 15–20 об.%, а для крупного (ситалл) – концентрации наполнителя в количестве 10–15 об.% (табл. 1). Уровень коррозионной стойкости при использовании более дисперсного наполнителя оказался выше.

Таблица 1. – Влияние концентрации наполнителя на коррозионную стойкость покрытий из ПЭТФ (по количеству перегибов до разрушения)

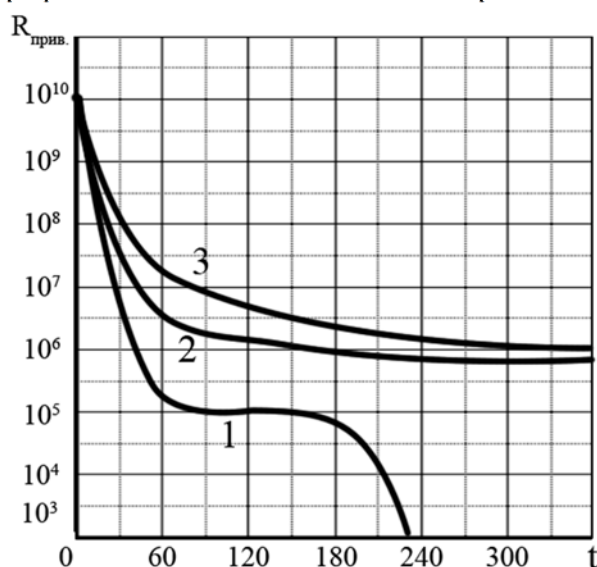
Концентрация наполнителя, об.%	Вид наполнителя	
	Ситалл	Алюминиевая пудра
5	5	6
10	6	7
15	6	8
20	5	8
25	4	6
30	3	5

Подобного рода зависимости, по нашему предположению, обусловлены спецификой упрочняющего действия наполнителей различной дисперсности и природы. Как известно [14], основными причинами упрочнения полимеров высокодисперсными наполнителями являются затраты внешней энергии на образование большого числа микротрещин около частиц наполнителя, торможение роста микротрещин при встрече с частицами наполнителя, повышение модуля упругости матрицы из-за ограничения подвижности части адсорбированных на наполнителе макромолекул. При этом существенное влияние на процессы

упрочнения/разупрочнения полимерного композиционного материала (ПКМ) оказывает степень адгезионного взаимодействия между полимером и наполнителем. Это влияние существенно отличается для мелких и крупных частиц наполнителя, и существует критическое значение дисперсности наполнителя, выше которого может проявляться разупрочняющее действие наполнителя. В ПКМ частицы наполнителя практически не деформируются вместе с полимерной матрицей вследствие значительной разницы в модулях упругости компонентов. В результате в процессе деформирования на границе «полимер-наполнитель» возникают перенапряжения, способствующие появлению трещин в матрице. Наряду с этим, в случае невысокой адгезии между компонентами может происходить отслаивание полимера от наполнителя при деформировании ПКМ. Таким образом, при деформировании материала частицы наполнителя могут являться источником дефектов и трещин в полимере. Размер этих трещин и отслоений пропорционален размеру дисперсных частиц. Если размер частиц наполнителя меньше критического, то образующиеся трещины или отслоения также меньше критического и не вызывают разрушения материала. Вместе с тем на отслоение полимера от наполнителя и образование микротрещин тратится приложенная к образцу энергия. В результате диссипации энергии в объеме композиции ее прочность повышается, поэтому введение высокодисперсного наполнителя повышает прочность полимера. Совсем другая ситуация возникает, если размер частиц наполнителя больше критического. Введение такого наполнителя в полимер вызывает возникновение крупных трещин и ведет к разрушению материала при меньших нагрузках, чем без наполнителя.

Подобного рода рассуждения можно привести и относительно концентрации наполнителя в ПКМ.

На следующем этапе исследований коррозионная стойкость напыленных полимерных покрытий оценивалась по методике МИ-1.2001. Графики зависимости приведенного электрического сопротивления от продолжительности испытания для алкидного лака, покрытия из полиэтилентерефталата и монолитного ПЭТФ приведены на рисунке 2.



1 – покрытие из алкидного лака; 2 – покрытие ПЭТФ; 3 – литая пластина из ПЭТФ

**Рисунок 2. – Зависимость приведенного электросопротивления образцов от времени испытаний (мин) в 20 %-ном растворе серной кислоты**

Полученные данные свидетельствуют о том, что защитные свойства газопламенного покрытия из ПЭТФ достаточно высокие, хотя несколько и уступают литому материалу того же состава. Отмеченному факту может быть предложено следующее объяснение. После формирования слоя из частиц ПЭТФ на поверхности стали и их оплавления полученный расплав представляет собой коллоидную гетерогенную систему, состоящую из высокомолекулярного компонента исходного материала и небольшого количества продуктов термоокислительной деструкции. Последние возникают при сгорании тонкого верхнего слоя частиц в процессе их транспортировки к поверхности основы высокотемпературным газовым потоком (рис. 3).

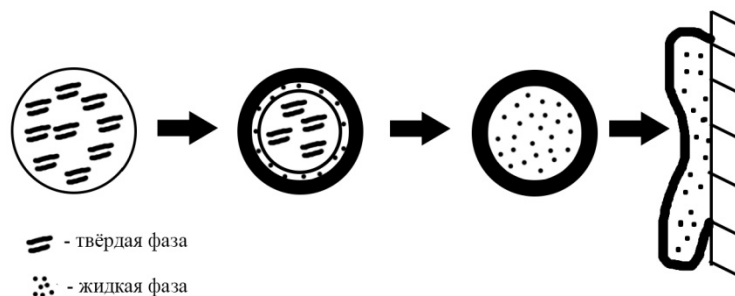


Рисунок 3. – Схематичное изображение изменения агрегатного состояния частицы полимера в процессе транспортировки высокотемпературным газовым потоком (темный слой – продукты деструкции)

В процессе кристаллизации покрытия происходит миграция низкомолекулярных продуктов в межфазную область дисперсной системы, что приводит к обогащению поверхностного слоя и границ зерен низкомолекулярными веществами. В области контактов двух фазовых составляющих (высокомолекулярного и низкомолекулярного) могут происходить морфологические изменения, способствующие возникновению локальных сдвиговых дефектов, а следовательно, и микротрещин, что обуславливает снижение механических характеристик и коррозионной стойкости газопламенных покрытий.

Таким образом, появление низкомолекулярных продуктов термоокислительной деструкции вследствие окисления полимерных частиц является определяющим фактором при формировании надмолекулярной структуры в процессе образования покрытия и обуславливает некоторое снижение свойств газопламенных полимерных покрытий по сравнению с литыми полимерными материалами, однако это снижение может быть нивелировано введением в состав полимерной матрицы неорганических наполнителей.

**Заключение.** Отмечено, что появление низкомолекулярных продуктов термоокислительной деструкции вследствие окисления полимерных частиц является определяющим фактором при формировании надмолекулярной структуры в процессе формирования газопламенных покрытий и обуславливает некоторое снижение их прочностных защитных свойств по сравнению с литыми полимерными материалами того же состава. Однако это снижение может быть со значительным превышением компенсировано введением в состав полимерной матрицы газопламенного покрытия неорганических наполнителей.

Показано, что коррозионная стойкость полимерного композиционного материала (ПКМ) в газопламенном покрытии зависит от концентрации и дисперсности неорганического наполнителя. В частности, для ПКМ с матрицей из полиэтилентерефталата и наполнителем в виде алюминиевой пудры дисперсностью 10–20 мкм максимальная коррозионная стойкость соответствует концентрации наполнителя в количестве 15–20 об.%, а для ПКМ с той же матрицей и более крупным наполнителем (ситалл дисперсностью 100–150 мкм) максимальная коррозионная стойкость достигается при 10–15 об.% наполнителя. Уровень коррозионной стойкости при использовании дисперсного наполнителя выше.

Полученные результаты исследования влияния концентрации и дисперсности неорганического наполнителя на коррозионную стойкость газопламенных полимерных покрытий могут быть использованы при отработке составов композиционных полимерных покрытий, используемых для защиты от коррозионного воздействия различных элементов металлических конструкций, таких как емкости для хранения и доставки огнетушащих веществ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тодт, Ф. Коррозия и защиты от коррозии / Ф. Тодт. – М.: Химия, 1967. – 709 с.
2. Можяев, Ю.В. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах / Ю.В. Можяев, Г.В. Зайков. – Л.: Химия, 1979. – 262 с.
3. Сухарева, Л. А. Долговечность полимерных покрытий / Л.А. Сухарева. – М.: Химия, 1984. – 240 с.
4. Назаров, А. П. Роль ионообменных взаимодействий в процессах пассивации и локальной коррозии металлов / А.П. Назаров, М.А. Петрунин, Ю.Н. Михайловский // Защита металлов. – 1992. – Т. 28, № 4. – С. 564–574.
5. Чалых, А.Е. Диффузия в полимерных системах / А.Е. Чалых. – М.: Химия. – 1987. – 312 с.

6. Кириллова, Э.И. Старение и стабилизация термопластов / Э.И. Кириллова, Э.С. Шульгина. – Л.: Химия. – 1988. – 240 с.
7. Улиг, Г.Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г.Г. Улиг, Р.У. Реви. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.
8. Протасов, В.Н. Теория и практика применения полимерных покрытий в оборудовании и сооружениях нефтегазовой отрасли / В. Н. Протасов. – М.: Недра, 2007. – 374 с.
9. Зверев, Э.В. [и др.] Технология нанесения полимерных порошковых покрытий специального назначения / Э.В. Зверев [и др.] // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2010. – № 2. – С. 34–36.
10. Nourbakhsh, A. Effects of Filler Content and Compatibilizing Agents on Mechanical Behavior of the Particle-Reinforced Composites / A. Nourbakhsh, A. Hosseinzadeh, F. Basiji // J Polym Environ. – 2011. – № 19. – P. 908–911.
11. Белоцерковский, М.А. Активированное газопламенное напыление покрытий порошками полимеров / М. А. Белоцерковский // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – № 6. – С. 19–23.
12. Долгов, Н. А. Сравнение различных методов определения остаточных напряжений в полимерных покрытиях / Н. А. Долгов, Н. Н. Букетова, А. В. Бесов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №7 (57). – С. 40–43.
13. Тушинский, Л. И., Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Л.И. Тушинский, А. В. Плохов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 200 с.
14. Довгяло, В.А. Композиционные материалы и покрытия на основе дисперсных полимеров. Технологические процессы / В.А. Довгяло, О.Р. Юркевич. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 256 с.

## CORROSIVE RESISTANCE OF GAS-PLASMA POLYMERIC COATINGS MODIFIED BY INORGANIC ADDITIVES

Gennadii Varikov

Kiril Drozd

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Victor Zhornik, Grand PhD of Technical Sciences, Associate Professor

The State Scientific Institution «Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* Evaluation of the corrosion resistance of gas-flame polymer coatings modified with inorganic additives. The research task was to check for corrosion resistance when adding a polymer composite material (PCM) of gas-flame coatings based on polyethylene terephthalate (PET), high-pressure polyethylene (HPPE) and polyamide (PA-6).

*Methods.* The corrosion resistance of polymer coatings was determined using two methods. One of them is related to the evaluation of the cyclic strength of samples exposed to an aggressive environment in varying degrees. The second method is the measurement of the electrical resistance of a polymer coating.

*Findings.* It is noted that the appearance of low molecular weight products of thermo-oxidative degradation due to oxidation of polymer particles is a determining factor in the formation of a super molecular structure during the formation of gas-flame coatings. That causes some decrease in their strength protective properties in comparison with cast polymeric materials of the same composition. However, this decrease may be significantly compensated by the introduction of inorganic fillers into the composition of the polymer matrix of the gas-flame coating.

*Application field of research.* The use of technologies for forming coatings of thermoplastic polymers to protect against corrosion and wear is one of the effective ways to increase the durability of machine parts and structural elements. The coatings formed by dispersed polymers successfully replace paintwork, electroplating and obtained by gummying.

*Conclusions.* It is shown that the corrosion resistance of a polymer composite material (PCM) in a gas-flame coating depends on the concentration and dispersion of the inorganic filler. In particular, for PCM with a matrix of polyethylene terephthalate and a filler in the form of aluminium powder with a dispersity of 10–20  $\mu\text{m}$ , the maximum corrosion resistance corresponds to a concentration of filler in the amount of 15–20 vol.%. For PCM with the same matrix and a larger filler (pyroceramics dispersion of 100–150 microns) it will correspond to the concentration 10–15 vol.% of filler. The level of corrosion resistance when using more dispersed dispersed filler is higher.

*Keywords:* polymer coatings, gas-flame coating, micro-dimensional filler, concentration and dispersion of the filler, corrosion resistance.

(The date of submitting: August 1, 2018)

### REFERENCES

1. Todt F. *Korroziya i zashchity ot korrozii* [Corrosion and corrosion protection]. Moscow: Khimiya, 1967. 709 p. (rus)
2. Mozhaev Yu.V., Zaikov G.V. *Khimicheskaya stoykost' polimerov v agressivnykh sredakh* [Chemical resistance of polymers in corrosive environments]. Leningrad: Khimiya, 1979. 262 p. (rus)
3. Sukhareva L.A. *Dolgovechnost' polimernykh pokrytiy* [Durability of polymer coatings]. Moscow: Khimiya, 1984. 240 p. (rus)
4. Nazarov A.P., Petrunin M.A., Mikhaylovskiy Yu.N. Rol' ionoobmennykh vzaimodeystviy v protsessakh passivatsii i lokal'noy korrozii metallov [The role of ion-exchange interactions in the processes of passivation and local corrosion of metals]. *Zashchita metallov*, 1992. Vol. 28, No. 4. Pp. 564–574. (rus)
5. Chalykh A.E. *Diffuziya v polimernykh sistemakh* [Diffusion in polymer systems]. Moscow: Khimiya, 1987. 312 p. (rus)
6. Kirillova E.I., Shul'gina E.S. *Starenie i stabilizatsiya termoplastov* [Aging and stabilization of thermoplastics]. Leningrad: Khimiya, 1988. 240 p. (rus)
7. Ulig, G.G., Revi R.U. *Korroziya i bor'ba s ney. Vvedenie v korrozionnuyu nauku i tekhniku* [Corrosion and fight with it. Introduction to corrosion science and techniques]. Leningrad: Khimiya, 1989. 456 p. (rus)

8. Protasov V.N. *Teoriya i praktika primeneniya polimernykh pokrytiy v oborudovanii i sooruzheniyakh neftegazovoy otrasli* [Theory and practice of application of polymer coatings in equipment and facilities of oil and gas industry]. Moscow: Nedra, 2007. 374 p. (rus)
9. Zverev E.V., Galimov E.R., Tukbaev E.E., Galimova N.Ya. Tekhnologiya naneseniya polimernykh poroshkovykh pokrytiy spetsial'nogo naznacheniya [Technology of applying polymer powder coatings for special purposes]. *Vestnik KGTU im. A.N.Tupoleva*, 2010. No. 2. Pp. 34–36. (rus)
10. Nourbakhsh A., Hosseinzadeh A., Basiji F. Effects of Filler Content and Compatibilizing Agents on Mechanical Behavior of the Particle-Reinforced Composites. *J Polym Environ*, 2011. No. 19. Pp. 908–911.
11. Belotserkovskiy M.A. Aktivirovannoe gazoplazmennoe napylenie pokrytiy poroshkami polimerov [Activated flame spraying of coatings by polymers powders]. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya*, 2007. No. 6. Pp. 19–23. (rus)
12. Dolgov N.A., Buketova N.N., Besov A.V. Sravnenie razlichnykh metodov opredeleniya ostatochnykh napryazheniy v polimernykh pokrytiyakh [Comparison of various methods for determining residual stresses in polymer coatings]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, 2012. No. 7 (57). Pp. 40–43.
13. Tushinskiy L.I., Plokhov A.V. *Issledovanie struktury i fiziko-mekhanicheskikh svoystv pokrytiy* [The study of the structure and physico-mechanical properties of coatings]. Novosibirsk: Nauka, 1986. 200 p. (rus)
14. Dovgyalo V.A., Yurkevich O.R. *Kompozitsionnye materialy i pokrytiya na osnove dispersnykh polimerov. Tekhnologicheskie protsessy* [Composite materials and coatings based on dispersed polymers. Technological processes]. Minsk: Navuka i tekhnika, 1992. 256 p. (rus)



УДК 519.63

**АСПЕКТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДВИЖЕНИЯ ВОДНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПРОРЫВЕ ПЛОТИН****Стриганова М.Ю., Самедов С.А.о.**

Проведен анализ существующих исследований движения водных потоков в различных плоскостях, и в том числе потоков при прорыве подпорных сооружений. Изложены основные особенности гидродинамической опасности Тахтакорпюнского водохранилища и земляной плотины, возведенной для его создания. Определены цели и задачи по изучению распространения волн по нижнему бьефу выбранного сооружения при гидродинамической аварии.

*Ключевые слова:* волна прорыва, гидродинамическая авария, нижний бьеф, математическая модель.

(Поступила в редакцию 9 октября 2018 г.)

**Введение.** В связи с потенциальной угрозой возникновения крупных аварий и техногенных чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях (ГТС) вопросы обеспечения их безопасности являются актуальными для всех стран мира. Гидродинамические аварии могут произойти по причинам сильных проливных дождей (ливней) или же после резкого таяния снега, обильно выпавшего во время зимнего периода; сильных ветров, в результате которых волны водных бассейнов обрушиваются на прибрежную полосу; возникновения вулканов, приливов, а также в результате подземных толчков, возникших разломов и трещин на земной поверхности; по вине человека.

Затопление территории приводит не только к огромным материальным потерям, изменению местной геоэкологической обстановки, перебоям в водо- и энергоснабжении населенных пунктов, но и к человеческим жертвам. Строительство высотных плотин и создание высокогорных водоемов усиливают эту опасность, т. к. возникающие прорывные потоки водонасыщенной грунтовой массы, составляющей тело плотины, распространяются вниз по течению и обладают катастрофической мощностью.

Минимизация последствий аварийных ситуаций на ГТС во многом становится возможной при оперативном принятии решений в условиях быстрого изменения окружающей обстановки, основанного на знании характера развития чрезвычайных ситуаций и их последствий (скорости распространения волн, времени начала и продолжительности затопления, глубине и площади затопления территории).

**Основная часть.** Водную безопасность Азербайджана обеспечивает реализация проектов по созданию новых водохранилищ и строительству каналов. В стране уделяется постоянное внимание этим вопросам, т. к. основные источники воды, питающие страну, формируются за пределами Азербайджана.

Для обеспечения дополнительными водными ресурсами были построены и сданы в эксплуатацию в 2013 г. Тахтакорпюнское водохранилище (рис. 1), гидростанция и каналы Вельвелечай-Тахтакорпю и Тахтакорпю-Джейранбатан. Новое гидротехническое сооружение водохранилище Тахтакорпю построено в Шабранском районе Азербайджана. Его площадь составляет 8,71 км<sup>2</sup>, общее водоизмещение сооружения – 270 млн м<sup>3</sup>, полезный объем воды в озере равен 238,4 млн м<sup>3</sup>. Поступающая в водохранилище вода является источником для выработки электроэнергии, подачи на питьевые и технические нужды, а также орошения прилегающих территорий сельскохозяйственных предприятий и небольших поселков. Из водохранилища Тахтакорпю вода по каналу Тахтакорпю-Джейранбатан поступает в озеро Джейранбатан. Водохранилище создано земляной плотинной с глиняным ядром. Высота плотины составляет 142,5 м. Это одна из самых высоких земляных плотин не только в регионе, но и за пределами страны. Опасность последствий возникновения возможной аварии обусловлено тем, что данное сооружение находится на высоте около 140 м над простирающейся долиной, по которой проходят международная автотрасса, железная дорога, трасса водопровода, линия электропередач и размещены населенные пункты Шабран и Савран. При прорыве плотины возможно затопление долины с расположенными зданиями и сооружениями, полное нарушение энергоснабжения, водоснабжения, транспортного сообщения.

Учитывая погодные условия и рельеф Шабранского района, вероятность разлива водохранилища «Тахтакорпю» и последующее затопление прилегающей области возможны по причине возникновения подземных толчков, возникших разломов и трещин на земной поверхности, техногенных катастроф и диверсионных действий.



Рисунок 1. – Тахтакорпюнское водохранилище

В мировой практике эксплуатации плотин в сейсмических районах известны случаи нарушения целостности плотин, ухудшения свойств их конструктивных составляющих при возникновении землетрясений (табл. 1) [1]. Опасность разрушения грунтовых плотин при воздействии таких явлений по сравнению с бетонными возрастает. Образование трещин в теле плотины способствует ее достаточно быстрому размыву.

Таблица 1. – Плотины, испытавшие сейсмическое воздействие

Название плотины, страна	Объем водохранилища, км <sup>3</sup>	Высота, м
Койна, Индия	2,78	103
Кариба, Замбия	175	128
Кремаста, Греция	4,75	120
Мид, США	35	142
Талбинго, Австралия	0,935	162
Хендрик-Фервурд, Южная Африка	374	90
Вайонт, Италия	150 млн	266
Монтэнар, Франция	275 млн	130
Гран-Валь, Франция	292 млн	78
Нурекская ГЭС, Таджикистан	11	250 (300)
Куробе, Япония	149 млн	180
Уэд-Фодда, Алжир	225 млн	89
Бенмор, Нов. Зеландия	2,04	96

Исследование прорывных потоков на реальных объектах провести практически невозможно. Имитация прорыва подпорного фронта гидротехнического сооружения, например, при максимальном открытии отверстий водосбросных сооружений может сопровождаться реальным затоплением местности. Поэтому для изучения характеристик таких потоков возможно только моделирование и лабораторный эксперимент.

В настоящее время развитие возможностей вычислительной техники и появление мощных математических пакетов программ позволяет осуществлять математическое моделирование различной сложности. Моделированию движения водных потоков, и в частности потоков при прорыве подпорных сооружений, посвящено большое количество исследовательских работ.

Метод, предлагаемый большим количеством авторов (Н.М. Борисова, А.В. Гусев, В.В. Остапенко, J. Wang, H. Ni, Y. He, F. Alcrudo, F. Benkhaldoun, G. Colicchio, A. Colagrossi, M. Greco, M. Landrini и др.), позволяет в рамках первого приближения теории мелкой воды смоделировать процесс распространения прерывных волн по сухому руслу. Исследователи рассматривают течение воды, которое возникает при разрушении плотины в прямоугольном канале с горизонтальным дном и сухим русом в нижнем бьефе, как волновое. Основу данного метода составляет модифицированный закон сохранения полного импульса, учитывающий сосредоточенные потери импульса, обусловленные образованием

локальных турбулентно-вихревых структур в поверхностном слое жидкости по фронту прерывной волны.

В исследованиях [2] при помощи эвристического метода, в основе которого лежит согласование с результатами лабораторных экспериментов, предложена модификация закона сохранения полного импульса, допускающая в рамках уравнения мелкой воды распространение прерывных волн по сухому руслу. Приведены результаты численного моделирования процесса формирования, распространения и трансформации прерывной волны, возникающей в результате полного или частичного разрушения плотины в русле с горизонтальным и наклонным дном, а также дном, имеющим локальное препятствие в нижнем бьефе.

Применительно к моделям теории мелкой воды и течений потоков по наклонным поверхностям развит и реализован один из вариантов метода частиц, состоящий в адаптации формы частиц на каждом шаге по времени с целью выполнения условия слабой аппроксимации исходного решения. Для численного моделирования движения оползня-потока, аналогичного течению жидкости в открытых каналах, используется вариант метода частиц [3–5]. Модель движения грунтового потока основана на гидравлическом подходе. Это означает, что продольный масштаб изучаемого явления должен быть много больше глубины потока и что берутся средние по поперечному сечению параметры потока. Он рассматривается как тонкий, однородный слой несжимаемой жидкости, для которого плотность, коэффициенты гидравлического и сухого трения не изменяются [6–11]. Считается, что в начальный момент смещающаяся часть массива мгновенно дробится и превращается в жидкость, которая затем стекает по склону. Склон рассматривается как поверхность с переменной крутизной, имеющей значительные длину и ширину. На частицы потока действуют силы тяжести и силы трения. Новое решение задачи для наклонных каналов получено после перехода в систему координат, движущуюся с ускорением. Анализ решений показывает, что уравнения мелкой воды при течении потока над ровным дном (в горизонтальных и наклонных каналах) с учетом трения на дне или без трения позволяют получить скорость потока. Она описывается линейным уравнением, а высота потока – квадратичным уравнением. Дана постановка и приведены результаты вычислительных экспериментов для теории мелкой воды (задача о разрушении плотины, задача о распространении бора, об отражении бора от твердой стенки, задача о гидравлическом прыжке). Проведен сравнительный анализ с численным решением задачи о прорыве плотины, полученным с помощью конечно-разностных методов.

Для расчета параметров аварийного разлива и распространения волны прорыва по сухому руслу применена методика [12], использующая метод частиц. К достоинствам этого метода относится достаточно простая физическая интерпретация, обеспечение строгого соблюдения закона сохранения массы по своему построению. Данный метод позволяет прозрачно контролировать баланс импульса. Параметры волны прорыва определяются с помощью математической модели, позволяющей обеспечить достаточную достоверность расчетов в конкретных условиях решаемой задачи. Расчеты выполнялись на примере нескольких объектов. Для описания рассматриваемого процесса использовалась математическая модель, основанная на известных уравнениях Сен-Венана.

В работах В.В. Чуруксаевой и других авторов [13] по результатам исследований сформулирована математическая модель стационарного турбулентного течения вязкой несжимаемой жидкости в открытом русле. Для построения математической модели использованы осредненные по глубине уравнения Рейнольдса для вязкой жидкости в гидростатическом приближении с учетом незначительных изменений основных характеристик потока по глубине. Горизонтальные размеры значительно превышают глубину потока. Турбулентное замыкание уравнений гидродинамики проводится с помощью соответствующей модификации двухпараметрической модели турбулентности с замыкающими соотношениями Буссинеска. Математическая модель дополняется уравнением конвекции-диффузии для моделирования переноса пассивной примеси.

Н.Г. Панченко и другими авторами [14] рассмотрены особенности моделирования открытых бурных двумерных в плане стационарных водных потоков. Методы решения граничных задач для таких потоков разбиты по группам: аналитические в физической области течения потока; основанные на методе характеристик; численные; аналитико-численные; аналитические, использующие промежуточную плоскость годографа скорости; эмпирические, позволяющие для определения некоторых параметров движущегося потока, использовать обработанные полученные результаты многочисленных экспериментов.

Целью исследований в работе Папченко Н.Г. являлось создание общей схемы решения задачи по определению параметров потока, вывод основных дифференциальных и интегральных уравнений. Рассматривались два вида водных потоков: первый с допущением отсутствия сил сопротивления потоку; второй – с учетом этих сил. Определено, что решение задачи в плоскости годографа скорости является первичной при решении общей задачи. Выявлен характер изменения параметров потока и порядок расчета большого количества задач по свободному растеканию водного потока. Разработанные алгоритмы и программы позволяют получить информацию о всех основных параметрах потока: траектории растекания потока; глубинах и скоростях потока в любой выбранной точке.

Исследования свободного растекания бурного потока в широкое отводящее русло за водопропускными трубами, работающими в безнапорном режиме [15], проводились на модели для которой с допущениями: поток открытый, бурный, двухмерный в плане, стационарный; поток имеет продольную ось симметрии в плане течения; дно отводящего русла плоское, горизонтальное; силы сопротивления потоку не учитываются; движение потока потенциальное.

Получена система уравнений движения потока в плоскости годографа скорости. Установлена закономерность изменения глубины: вдоль расширяющейся струйки бурного потока скорости возрастают, глубины уменьшаются, а характер растекания всего потока справедлив вдоль произвольной линии тока как на границе, так и внутри потока.

Методы математического моделирования были применены для решения задач расчета динамики прохождения прорывных паводков по долинам рек [16]. Для достижения целей данной работы были использованы двумерные математические модели, основанные на реализации численных методов решения системы уравнений Сен-Венана. Отличием программного комплекса FLO-2D является наличие селевого блока, позволяющего рассчитывать параметры движения селевого потока на основе уравнений движения неньютоновских жидкостей.

Кроме математического и гидродинамического моделирования движения потоков был проведен ряд экспериментальных исследований.

Поток, движущийся по сухому руслу может возникнуть в результате аварии на плотине, возникшей в результате смещения горных пород по склону и перекрывших горную реку. Опасность представляет не только сам водный поток, но и обломки пород, увлекаемые им. Известны лабораторные экспериментальные исследования такого потока [17–19]. Самой разрушающей является волна, возникающая на переднем участке потока. Волна имеет крутой фронт, ее часто называют «стеной воды». В передней части волны формируется горизонтальный вихрь диаметром порядка амплитуды волны. У дна возникает плотная упаковка вихревых диполей диаметром порядка размера донных частиц. Центральная часть диполей поднимается вверх с захваченным гравием, скручивается с большим вихрем, образуя жгут. Центральная часть жгута поднимается вверх, формируя стену из воды, грунта и обломков пород.

В экспериментальной установке объем воды использовался в значительно уменьшенном объеме в сравнении с реальными условиями, поэтому в горизонтальном канале вихри быстро теряли грунт после опускания центральной части жгута. В натуральных условиях при больших расходах воды и на крутых горных склонах такая стена из воды с грунтом возникает неоднократно в головной части волны, нанося огромный ущерб на пути движения.

А.В. Чеботниковым получены результаты экспериментальных исследований на моделях по определению параметров волн, возникающих в верхнем и нижнем бьефах при частичном разрушении гидротехнических сооружений [20]. Рассмотрены различные варианты возникновения и протекания процессов аварийных ситуаций и предложены методы расчета параметров волны прорыва. Показано, что через достаточно короткий интервал времени после начала истечения его можно отнести к квазистационарному течению, что позволяет рассматривать истечение через проран в плотине, как истечение через водослив и определять расход переливающейся воды по соответствующим уравнениям.

**Выводы.** Проведенные различными авторами исследования указывают на соотношение между характером движения, уклоном, скоростью и глубиной потока – с увеличением уклона, скорости и уменьшением глубины течение становится бурным; с уменьшением уклона, скорости и увеличением глубины течение приобретает спокойный характер. При выходе на равнину скорость потока резко уменьшается, он распадается на многочисленные участки, движущиеся в виде веера.

Для прогнозирования последствий возможной чрезвычайной ситуации на плотине Тахтакорпунского водохранилища необходимо смоделировать движение прорывного потока по наклонной плоскости и перемещение в горизонтальной плоскости исходя из особенностей данной местности в нижнем бьефе. Существующие методы исследований рассматривают особенности движения таких потоков по отдельности в разных плоскостях.

Конечной целью научных исследований ставится оценка последствий гидродинамической аварии. Для ее реализации необходимо решить задачи по определению особенностей сооружения, оценке основных параметров прорывного потока, предполагаемых зон затопления для заблаговременной разработки мер по предупреждению, ликвидации чрезвычайной ситуации и уменьшению ущерба.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гупта, Х.К. Плотины и землетрясения / Х. К. Гупта, Б. Растоги. – М.: Мир, 1979. – 251 с.
2. Есиркенов, С.Р. Численное моделирование течений жидкости с прерывными волнами / С.Р. Есиркенов, А.К. Каримов // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2017. – Т. 100, – № 1. – С. 228–234.
3. Мекенбаев, Б.Т. Автомодельное решение динамики гравитационных потоков в наклонных каналах / Б.Т. Мекенбаев, Ч.Т. Дуйшеналиев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2016. – № 3 (35). – С. 59–71.
4. Mangeney, A. Analytical Solution for Testing Debris Avalanche Numerical Models / A. Mangeney, P. Heinrich, R. Roche // PAGEOPH. – 2000. – Vol. 157. – P. 1081–1096.
5. Zahibo, N. The Savage-Hutter model for theavalanche dynamics in inclined channels: analytical solutions / N. Zahibo, E. Pelinovsky, T. Talipova, I. Nikolchina // J. Geophys. Res. – 2010. – Vol. 115. B03402. DOI: 10.1029/2009JB006515
6. Стокер, Дж. Волны на воде. Математическая теория и приложения / Дж. Стокер. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1959. – 617 с.
7. Эглит, М.Э. Неустановившиеся движения в руслах и на склонах / М.Э. Эглит. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 96 с.
8. Богомолов, С.В. Моделирование волн на мелкой воде методом частиц / С.В. Богомолов, Е.В. Захаров, С.В. Зеркаль // Математическое моделирование. – 2002. – Т. 14, № 3. – С. 103–116.
9. Burguete, J. An Upwind Conservative Treatment of Source Terms in Shallow Water Equations / J. Burguete, P.G. Navarro // CD-ROM Proceedings of European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering «ECCOMAS 2000». – Barcelona, 11–14 September 2000. – 17 p.
10. Зеркаль, С.В. Апостериорная оценка погрешности метода частиц на моделях теории мелкой воды / С.В. Зеркаль // Прикладная математика и информатика: Труды факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова / Под ред. Д.П. Костомарова, В.И. Дмитриева. – 2002. – № 10. – С. 90–101.
11. Brooks, G.R. The Lemieux Landslide of June 20, 1993, South Nation Valley, Southeastern Ontario / G.R. Brooks, J.M. Aylsworth, S.G. Evans, D.E. Lawrence. – Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario, 1994. – 18 p.
12. Кушнерева, О.Н. Расчет гидродинамических процессов при разрушении водоподпорных грунтовых сооружений и ледовых образований: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.23.16 / О.Н. Кушнерева; Учреждение НГАСУ (Сибстрин). – Новосибирск, 2012. – 18 с.
13. Чуруксаева, В.В. Численное исследование турбулентных течений в открытых каналах и руслах на основе модели мелкой воды: дис. ...канд. физ.-мат.наук: 01.02.05 / В.В. Чуруксаева. – Томск, 2016. – 159 л.
14. Папченко, Н.Г. Моделирование потенциального течения двухмерных бурных водных потоков: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18 / Н.Г. Папченко. – п. Персиановский, 2014. – 146 л.
15. Дуванская, Е.В. Граничная задача свободного растекания бурного потока и ее общее решение / Е.В. Дуванская // Природообустройство. – 2012. – № 2. – С. 73–77.
16. Кидяева, В.М. Оценка потенциальной опасности при прорывах горных озер: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.27/ В.М. Кидяева. – М., 2014. – 195 л.
17. Ancey, S. Debris Flows and Related Phenomena. In «Geomorphological Fluid Mechanics» / S. Ancey. – Ed. N.J. Balmforth and A. Provenzale. – Berlin: Springer, 2001. – P. 528.
18. Мельникова, О.Н. Динамика руслового потока: учеб. пособие / О.Н. Мельникова. – М.: МАКС Пресс, 2006. – 139 с.
19. Мельникова, О.Н. Захват гравия головной волной, возникающей при прорыве плотины в сухом русле / О.Н. Мельникова // Известия Российской академии наук. Сер. Физическая. – 2008. – Т. 72, № 12. – С. 1793–1796.

20. Чеботников, А.В. Экспериментальное изучение волн перемещения, образующихся при частичном разрушении плотины: дис.... канд. техн. наук: 05.23.16 / А.В.Чеботников; Учреждение НГАСУ (Сибстрин). – Новосибирск, 2008. – 143 л.

## ASPECTS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE MOVEMENT OF WATER FLOWS DURING A BREAK OF DAMS

**Marina Striganova**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

**Samedagha Samedov**

Ministry of Emergency Situations of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

*Purpose.* Examine and evaluate existing studies of the movement of water flows during hydrodynamic accidents, identify criteria and parameters for comparison, and determine the direction of research taking into account the characteristics of the Takhtakorpunsky reservoir.

*Methods.* Systems approach, comparative analysis, review, generalization of the main points of view, review of existing approaches.

*Findings.* The analysis of existing studies of the movement of water flows in various planes in general, including flows at the breakout of retaining structures, is given. The causes and consequences of a possible emergency situation on the object selected for investigation are determined.

*Application field of research.* The research results can be used to calculate the engineering situation and predict the consequences of the accident at Takhtakorpunsky reservoir and similar objects.

*Conclusions.* For the selected object, it is necessary to simulate jointly the movement of the breakthrough flow on an inclined plane and movement in the horizontal plane, taking into account the particular features of the downstream and possible consequences of a hydrodynamic accident.

*Keywords:* breakthrough wave, hydrodynamic accident, downstream, mathematical model.

(The date of submitting: October 9, 2018)

### REFERENCES

1. Gupta Kh.K., Rastogi B. *Plotiny i zemletryaseniya* [Dams and earthquakes]. Moscow: Mir, 1979. 251 p. (rus)
2. Esirkenov S.R., Karimov A.K. Chislennoe modelirovanie techeniy zhidkosti s preryvnymi volnami [Numerical simulation of fluid flow with discontinuous waves]. *Vestnik Kazakhskoy akademii transporta i kommunikatsiy im. M. Tynyshpaeva*, 2017. Vol. 100. No. 1. Pp. 228–234. (rus)
3. Mekenbaev B.T., Duyshenaliev Ch.T. Avtomodel'noe reshenie dinamiki gravitatsionnykh potokov v naklonnykh kanalakh [Automobile solution of the dynamics of gravitational flows in inclined channels]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii*, 2016. No. 3 (35). Pp. 59–71. (rus)
4. Mangeney A., Heinrich P., Roche R. Analytical Solution for Testing Debris Avalanche Numerical Models. *PAGEOPH*, 2000. Vol. 157. Pp. 1081–1096.
5. Zahibo N., Pelinovsky E., Talipova T., Nikol'kina I. The Savage-Hutter model for the avalanche dynamics in inclined channels: analytical solutions. *J. Geophys. Res.*, 2010. Vol. 115. B03402. DOI: 10.1029/2009JB006515
6. Stoker Dzh. *Volny na vode. Matematicheskaya teoriya i prilozheniya* [Waves in the water. Mathematical theory and applications]. Moscow: Izdatel'stvo inostrannoy literatury, 1959. 617 p. (rus)
7. Eglit M.E. *Neustanovivshiesya dvizheniya v ruslakh i na sklonakh* [Unsteady movements in the beds and on the slopes]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1986. 96 p. (rus)
8. Bogomolov S.V., Zakharov E.V., Zerkal' S.V. Modelirovanie voln na melkoy vode metodom chastits [Modeling of waves on shallow water by the particle method]. *Matematicheskoe modelirovanie*, 2002. Vol. 14. No. 3. Pp. 103–116. (rus)
9. Burguete J., Navarro P.G. An Upwind Conservative Treatment of Source Terms in Shallow Water Equations. *CD-ROM Proceedings of European Congress on Computational Methods in Applied Science and Engineering «ECCOMAS 2000»*. Barcelona, September 11–14, 2000. 17 p.
10. Zerkal' S.V. Aposteriori otsenka pogreshnosti metoda chastits na modelyakh teorii melkoy vody [A posteriori estimation of the error of the particle method on models of the theory of shallow water]. *Priladnaya matematika i informatika: Trudy fakul'teta VMiK MGU im. M.V. Lomonosova*. Ed. by Kostomarov D.P., Dmitriev V.I. 2002. No. 10. Pp. 90–101. (rus)
11. Brooks G.R., Aylsworth J.M., Evans S.G., Lawrence D.E. *The Lemieux Landslide of June 20, 1993*, South Nation Valley, Southeastern Ontario. Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario, 1994. 18 p.
12. Kushnereva O.N. *Raschet gidrodinamicheskikh protsessov pri razrushenii vodopodpornykh gruntovykh sooruzheniy i ledovykh obrazovaniy* [Calculation of hydrodynamic processes in the de-



- struction of water-retaining ground structures and ice formations]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.23.16. Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (SIBSTRIN). Novosibirsk, 2012. 18 p. (rus)
13. Churuksaeva V.V. *Chislennoe issledovanie turbulentnykh techeniy v otkrytykh kanalakh i ruslakh na osnove modeli melkoy vody* [Numerical study of turbulent flows in open channels and channels based on the shallow water model]. PhD phys.-math sci. diss. Synopsis: 01.02.05. Tomsk, 2016. 159 p. (rus)
  14. Papchenko N.G. *Modelirovanie potentsial'nogo techeniya dvukhmernykh burnykh vodnykh potokov* [Simulation of the potential flow of two-dimensional turbulent water flows]. PhD phys.-math sci. diss. Synopsis: 05.13.18. settl. Persianovskiy, 2014. 146 p. (rus)
  15. Duvanskaya E.V. Granichnaya zadacha svobodnogo rastekaniya burnogo potoka i ee obshchee reshenie [The boundary problem of free flow of a turbulent flow and its general solution] *Prirodobustroystvo*, 2012. No. 2. Pp. 73–77. (rus)
  16. Kidyayeva V.M. *Otsenka potentsial'noy opasnosti pri proryvakh gornyykh ozer* [Assessment of potential danger in the breakthroughs of mountain lakes]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 25.00.27. Moscow, 2014. 195 p. (rus)
  17. Ancey C. *Debris Flows and Related Phenomena*. In «*Geomorphological Fluid Mechanics*». Ed. by N.J. Balmforth and A. Provenzale. Berlin: Springer. 2001. 528 p.
  18. Mel'nikova O.N. *Dinamika ruslovogo potoka* [Dynamics of the channel stream]: tutorial. Moscow: MAKS Press, 2006. 139 p. (rus)
  19. Mel'nikova O.N. Zakhvat graviya golovnoy volnoy, vznikayushchey pri proryve plotiny v sukhom rusle [Capture of gravel by the head wave that occurs when the dam is broken in the dry channel]. *Izvestiya RAN, Physical series*, 2008. Vol. 72. No. 12. Pp. 1793–1796. (rus)
  20. Chebotnikov A.V. *Eksperimental'noe izuchenie voln peremeshcheniya, obrazutsyushchikhsya pri chastichnom razrushenii plotiny* [Experimental study of the displacement waves generated by the partial destruction of the dam]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.23.16. Novosibirsk, 2008. 143 p. (rus)

УДК 622.235.53

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЗАЩИТЕ ОТ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АТАК, РЕАЛИЗУЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЗРЫВНЫХ УСТРОЙСТВ В МЕСТАХ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

Пасовец В.Н., Пасовец Е.Ю., Бирюк В.А.

Проведен аналитический обзор террористических актов в Республике Беларусь и Российской Федерации. Сделан вывод о наиболее применяемых технологиях их реализации. Исследованы основные технические средства защиты от террористических атак, совершаемых с использованием взрывных устройств. Определен комплексный подход в разработке средств защиты от террористических актов и разработана конструкция локализатора взрывных систем, которая позволяет обеспечить защиту населения в случае террористических атак с использованием взрывных устройств в местах с массовым пребыванием людей.

*Ключевые слова:* взрывное устройство, локализатор взрывных систем, взрыв, террористический акт, взрывозащитные контейнеры, радиоблокиратор, национальная безопасность.

(Поступила в редакцию 15 октября 2018 г.)

**Введение.** Террор как способ достижения целей посредством физического насилия и морально-психологического устрашения известен с давних времен. С начала XX века терроризм превратился в одну из опаснейших глобальных проблем современности и серьезную угрозу безопасности всего мирового сообщества. При этом общество на современном этапе развития к терроризму относит противоправные уголовно наказуемые деяния, выражающиеся в совершении взрывов, поджогов или иных действий, создающих опасность гибели людей, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных общественно опасных последствий, если эти действия совершены в целях нарушения общественной безопасности, устрашения населения либо оказания воздействия на принятие решений органами власти [1].

Первым крупным террористическим актом в СССР с использованием взрывчатых веществ можно считать теракт, который произошел в 1977 г. Тогда почти одновременно в Москве было произведено три взрыва: первый – в метро, второй – в магазине, третий – на улице. 7 человек погибли, 37 – получили ранения различной степени тяжести [2, 3].

Печальную статистику Московского метро продолжают теракты, произошедшие в период с 1996 по 2010 г. Так, в 1996 г. самодельное взрывное устройство стало причиной гибели 4 человек и ранения 14. Необходимо отметить теракт 8 августа 2000 г. в Москве, в подземном переходе на станции «Пушкинская». Сработавшее взрывное устройство, эквивалентное по своей мощности 800 г тротила, находилось в сумке, оставленной у одного из киосков. Взрыв привел к гибели 13 человек. 118 человек, в том числе 6 детей, получили ранения. В результате данного теракта были разрушены торговые павильоны и конструкции перехода [4, 5].

Не обошла террористическая угроза и культурную столицу Российской Федерации. 4 февраля 2007 г. в Санкт-Петербурге у вестибюля станции метро «Владимирская» произошел взрыв. Мощность его составила 50 г в тротиловом эквиваленте. В результате взрыва пострадали 3 человека. 18 февраля того же года в Санкт-Петербурге в ресторане «Макдоналдс» из-за взрыва неустановленного устройства мощностью до 75 г в тротиловом эквиваленте пострадали 6 человек [6–8].

3 апреля 2017 г. теракт в Петербургском метрополитене унес жизни 16 пассажиров, пострадали 87 человек. Мощность взрывного устройства составила около 200–300 г в тротиловом эквиваленте. В тот же день в метрополитене было обнаружено еще одно самодельное взрывное устройство мощностью 1 кг в тротиловом эквиваленте, которое имело дистанционное управление и было снаряжено поражающими элементами [9].

К сожалению, Республика Беларусь также оказалась в числе стран, столкнувшихся с наиболее агрессивными проявлениями экстремизма, выражающимися в совершении взрывов. Так, во время концерта в честь Дня Независимости Беларуси, проходившего в Минске неподалеку от мемориала Городу-герою 4 июля 2008 г., сработало взрывное устройство,

замаскированное под пакет сока и начиненное поражающими элементами в виде гаек и болтов. В результате получили ранения 54 человека [10].

11 апреля 2011 г. в г. Минске, на станции метро «Октябрьская», произошел мощный взрыв. Устройство мощностью 5 кг в тротиловом эквиваленте было начинено обрезками гвоздей, измельченной арматурой, металлической дробью. В результате теракта на станции повреждены потолочные перекрытия и перрон, где осталась воронка диаметром 80 см. Погибли 15 человек, более 200 получили ранения [11].

При взрывах происходит освобождение большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени, что сопровождается образованием сильно нагретого газа с чрезвычайно высоким давлением, который при мгновенном и стремительном расширении оказывает механическое воздействие на окружающие объекты [12].

На сегодняшний день наиболее распространенным способом реализации террористических актов является совершение взрывов в местах с массовым пребыванием людей. Как следствие, защита населения и объектов от террористических актов, совершаемых с использованием взрывных устройств, реализуемая на основе средств современной науки и техники, является актуальной и важной задачей [13].

Цель работы состояла в разработке инновационных средств защиты от взрывов при совершении террористических актов.

**Взрывы, взрывные устройства и взрывчатые вещества.** Знание методов защиты от угроз терроризма, внешних признаков взрывных устройств, последовательности действий при обнаружении взрывоопасных предметов позволяет эффективно локализовать угрозу и свести к минимуму возможные негативные последствия. Так, демаскирующими признаками взрывного устройства являются наличие антенны с радиоприемным устройством или проводной линии управления, часового механизма или электронного таймера, характерная форма объекта. Также к настораживающим признакам относятся бесхозные предметы: сумка (рис. 1), коробка, чемодан, пакет, сверток, пакеты из-под соков, молока, консервные банки и т. п. Наличие хотя бы одного или нескольких из перечисленных признаков позволяет сделать предположение о наличии взрывчатых веществ в предмете [14].



а



б

Рисунок 1. – Взрывное устройство, замаскированное под сумку:  
а – с часовым механизмом; б – с радиуправляемым механизмом

Для совершения актов террористической направленности используются взрывные устройства, основными элементами которых являются заряд взрывчатого вещества и конструктивно соединенное с ним средство инициирования, размещенные в корпусе или иной оболочке. Зачастую применяются взрывчатые вещества бризантного действия: гексоген, тетрил, тротил, аммиачная селитра, динамит.

В качестве корпусов взрывных устройств применяются металлические оболочки промышленного типа либо специально приспособленные для этого баллоны огнетушителей, баллончики от сифонов, отрезки стальных труб с концевыми заглушками и т. п. Реже используются стеклянные бутылки, консервные банки, пластмассовые коробки и деревянные ящики. Для усиления поражающего действия корпус взрывного устройства заполняется мелкими металлическими предметами. При этом некоторым взрывным устройствам для маскировки придается вид бытовых предметов (рис. 2).



Рисунок 2. – Взрывные устройства с металлической оболочкой

Приведение взрывных устройств в действие осуществляется посредством тепловых, взрывных, механических и огневых средств инициирования. В среднем при детонации 1 кг взрывчатого вещества типа тринитротолуол выделяется порядка 1000 л газов и 4,184 МДж тепловой энергии [15]. Поэтому взрывные устройства оказывают на объекты поражения различные виды разрушающего воздействия:

а) *бризантное*, или дробящее, являющееся результатом резкого удара продуктов взрыва по окружающим предметам и оказывающее местное разрушительное действие, т. к. проявляется лишь на близких расстояниях от места взрыва, где давление продуктов взрыва достаточно велико [16]. За счет бризантного действия происходит измельчение, пробивание или дробление среды, соприкасающейся с зарядом взрывчатого вещества (в частности, дробление корпусов взрывных устройств на осколки);

б) *фугасное* является результатом прохождения через среду ударной волны, представляющей собой резкий скачок давления среды, которая может распространяться как в воздухе, так и в различных плотных средах (грунт, элементы строительных конструкций). Фугасное действие проявляется в форме раскалывания и отбрасывания среды, в которой происходит взрыв [16];

в) *термическое*, или зажигательное, выражающееся в возникновении очагов воспламенения, реализуется на близком расстоянии от людей и материальных объектов, проявляется в виде возгорания одежды, ожогов кожи, предметов и вещей. При взрыве кусочки непрореагировавшего взрывчатого вещества, разлетающиеся с поверхности заряда, внедряются в преграды, образуя при этом мелкие слепые раневые каналы и ожоги.

Если взрывное устройство имеет оболочку, то образующиеся при взрыве осколки разлетаются в стороны в виде поражающих элементов. При этом чем больше масса осколков и выше их кинетическая энергия, тем сильнее их поражающее действие и больше дистанция разлета. Осколочное действие взрыва оценивается так называемым радиусом сплошного поражения, убийственным радиусом и наибольшей дальностью разлета осколков. Радиус сплошного поражения – радиус круга, в котором при взрыве устройства поражается не менее 90 % находящихся в нем целей. На расстоянии, равном радиусу сплошного поражения, в каждую цель шириной 0,5 м и высотой 1,5–2 м попадает 1–2 убийственных осколка. Убийственным считается тот осколок, который при встрече с преградой имеет кинетическую энергию более 100 Дж, т. е. способен проникать в сухую сосновую доску на глубину 2,5 см и более [17]. Для сравнения можно отметить, что пуля массой 6,1 г, выпущенная из пистолета ПМ, обладает энергией 300 Дж.

**Средства локализации взрывов.** Для защиты от поражающего действия взрыва взрывных устройств применяются конструкции различных типов. С целью локализации поражающего действия взрыва используются защитные экраны. В качестве простого средства для экранирования секторов разлета осколков и распространения ударной волны могут использоваться появившиеся в последнее время у городских дорожных служб переносные полые пластмассовые барьеры, наполняемые водой и устанавливаемые временно на дорогах, например, для разделения встречных потоков транспорта на узких участках. Такие барьеры, имея длину и высоту порядка 1 м, а толщину – 25–30 см, обеспечивают торможение

осколков и значительно ослабляют ударную волну за счет процессов ее отражения от более плотной среды и затрат энергии на метание воды [18].

Также в работе [18] отмечается, что для эффективного демпфирования действия ударной волны и продуктов детонации зарядов взрывчатых веществ массой до 5 кг в тротиловом эквиваленте может быть использован слой песка толщиной 25–30 см. Энергия ударной волны в данном случае практически полностью уходит на адиабатическое сжатие воздушных включений и метание мелкодисперсного песка, а продукты детонации при этом интенсивно охлаждаются.

Для локализации поражающего действия взрыва такого устройства при его ликвидации могут быть использованы защитные конструкции из полиэтиленовых (бумажных) пакетов с песком или другим сыпучим наполнителем (мягким грунтом, мелким шлаком). Толщина слоя наполнителя в направлении защищаемых секторов должна составлять не менее 15 см для зарядов массой до 200 г в тротиловом эквиваленте. Такая конструкция позволяет быстро возвести защитную стенку и вместе с тем не препятствует последующим действиям по обезвреживанию взрывного устройства. Отметим, что для надежного улавливания осколков боеприпасов (типа ручных гранат РГО, РГН, Ф-1) достаточно слоя песка толщиной 10 см.

Эффективная защита от фугасного действия безоболочечных взрывных устройств мощностью до 1 кг в тротиловом эквиваленте, что особенно актуально в городских условиях при наличии значительных площадей остекления, т. е. высокой вероятности поражения людей осколками стекла, может быть обеспечена при использовании жидких или конденсированных пористых материалов плотностью до  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Для этих целей могут быть рекомендованы: пенные барьеры, создаваемые пенными огнетушителями; пенополиуретан, используемый, в частности, для создания габаритных макетов, упаковочные пенопласты и быстротвердеющие пенополиуретановые композиции типа «Пенофлекс», применяющиеся в строительстве для тепло- и звукоизоляции помещений. В ряде случаев установка барьера с помощью строительной пены Makroflex, Penoplex может осуществляться путем непосредственного напыления пенного состава [19].

Результаты экспериментов, представленные в работе [20], показывают, что эффективная круговая защита от поражающих факторов взрыва безоболочечных взрывных устройств с мощностью до 400 г в тротиловом эквиваленте и осколочных боеприпасов (типа ручных гранат) может быть обеспечена при использовании установленных друг на друга в виде колонны автомобильных покрышек. Для ограничения действия взрыва более мощных взрывных устройств колонна из покрышек должна усиливаться вкруговую или по наиболее ответственным секторам наполненными песком полиэтиленовыми или бумажными пакетами. В зимних условиях эффективная защита от фугасного действия взрыва зарядов взрывчатых веществ мощностью 0,2–0,4 кг в тротиловом эквиваленте может быть обеспечена путем использования снеговых экранов толщиной 0,5–1 м.

В качестве подручного средства для создания кругового и секторного защитного экрана на основе воды могут быть использованы пожарные рукава (рис. 3). Для удобства перегиба рукава при укладке вблизи взрывного устройства его внутренний объем заполняется водой не полностью, а с воздушными полостями. Рукав укладывается вокруг взрывного устройства без контакта с ним. При этом расстояние от рукава до ближайшей поверхности устройства может составлять от нескольких сантиметров до 1–1,5 м [21].

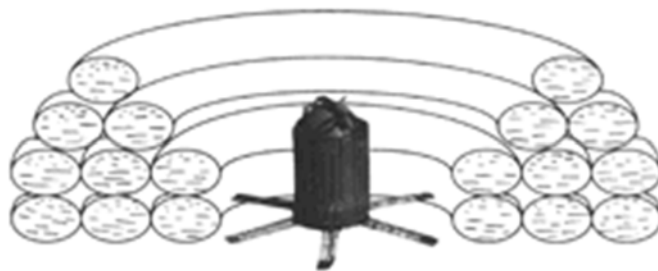


Рисунок 3. – Создание защитного экрана путем укладки пожарного рукава в водонаполненном состоянии

В настоящее время зарубежной промышленностью выпускаются средства локализации поражающего действия взрыва, к которым относятся противоосколочные одеяла иматы на основе стойкой баллистической ткани, а также взрывозащитные контейнеры.



Недостатками противоосколочных одеял (рис. 4), ограничивающими их применение, являются неудобство укладки, а также возможность приведения к срабатыванию взрывателей и исключение возможности обезвреживания взрывоопасных предметов с помощью специальных разрушителей или стрелковых систем. Необходимо иметь в виду, что при взрыве под одеялом осколочных боеприпасов, например, ручных гранат оборонительного типа (РГО), имеется значительная вероятность разлета в приземном слое воздуха некоторой части осколков. При этом противоосколочное одеяло защищает только от маломощных взрывных устройств, удерживая осколки ограниченной массы и скорости, и не может существенно снизить тепловое излучение [22, 23].



Рисунок 4. – Противоосколочное одеяло «УЮТ»

Взрывозащитные контейнеры закрытого типа (рис. 5) рассчитаны на полную локализацию бризантного, фугасного и осколочного действия при взрыве в них взрывных устройств с массой тротила от 10 г до 3 кг. Однако они обладают значительной массой и высокой стоимостью, т. к. изготовлены из броневой стали. При этом, если мощность заряда превышает допустимую величину по критерию прочности, разрушенный корпус контейнера может сам стать источником осколков. Также к недостаткам взрывозащитных контейнеров можно отнести необходимость транспортировки подозрительных предметов и их загрузку в контейнер, что создает высокую степень риска взрыва в результате срабатывания устройства [24].



Рисунок 5. – Взрывозащитный контейнер, расположенный на станции Московского метрополитена

В США, Великобритании, Норвегии, Японии, Саудовской Аравии, Кувейте и других странах получили распространение эластичные контейнеры для локализации действия взрыва (рис. 6а). Обычно такие контейнеры весят 47 кг и имеют внутренний диаметр

517 мм, высоту 900 мм и толщину стенки 18 мм. Их корпус изготавливается из стеклопластика с гель-покрытием. Данные эластичные контейнеры предназначены для локализации взрывов зарядов веществ мощностью до 500 г в тротиловом эквиваленте. Только в ЮАР находятся в эксплуатации более 10 000 подобных устройств [25].

Наибольшее распространение в Российской Федерации получили локализаторы взрыва «Фонтан» (рис. 6б), представляющие собой портативные контейнеры с гетерофазным диспергентом [26, 27]. Принцип работы данных устройств основан на первичном гашении взрывной волны при прохождении слоя двухфазного диспергента с последующей диссипацией энергии взрыва. При этом поражающее действие ударной волны уменьшается в 10–20 раз, а количество осколков при подрыве ручных гранат – более чем в 10 раз. Необходимо обратить внимание на то, что при взрыве ручной гранаты Ф-1 с зарядом тротила массой 60 г образуется порядка 300 осколков с начальной скоростью 500–700 м/с. Количество убойных осколков составляет 30–40 % от их общего числа.



Рисунок 6. – Контейнер для локализации действия взрыва (а) и локализатор взрыва «Фонтан» (б)

Следует отметить, что наилучшим способом защиты от поражающих факторов взрыва как безоболочечных зарядов, так и осколочных является защита расстоянием, осуществить которую в условиях современного города не всегда возможно [28]. Таким образом, для повышения эффективности защиты от взрывов в местах массового пребывания людей необходим комплексный подход, который объективно обуславливает создание инновационных средств обеспечения безопасности в рамках террористических угроз.

**Локализатор взрывных систем.** В процессе выполнения научных исследований разработана новая конструкция устройства, предназначенного для отделения от окружающего пространства объектов, подозрительных на наличие взрывных устройств, локализации взрыва веществ и самодельных устройств с мощностью до 0,4 кг в тротиловом эквиваленте, – локализатора взрывных систем (рис. 7).



Рисунок 7. – Локализатор взрывных систем



Проведенный комплекс испытаний показал, что локализатор обеспечивает подавление бризантного, фугасного и осколочного воздействий взрыва, способных вызвать телесные повреждения различной степени тяжести у людей или повредить материальные объекты окружающей обстановки, которые находятся в непосредственной близости от него, в случае несанкционированного однократного срабатывания помещенного в него заряда бризантного взрывчатого вещества с оболочкой или готовыми поражающими осколочными элементами любой формы из металла.

Отличительными особенностями локализатора взрывных систем, разработанного для предотвращения террористических актов, совершаемых с использованием взрывных устройств, являются: высокая мобильность за счет небольшого веса в транспортном состоянии; возможность предупреждения срабатывания радиоуправляемых взрывных устройств, за счет наличия блокиратора радиосигнала; удобство обследования взрывоопасного предмета, т. к. устройство не создает помех в рентгеновском диапазоне и имеет центральное отверстие.

Принцип действия разработанного локализатора взрывных систем заключается в следующем. При поступлении сигнала об обнаруженном подозрительном предмете, находящимся в месте массового пребывания людей, например, на перроне станции метро, в здании автовокзала, железнодорожной станции или аэропорту, работниками службы безопасности включается блокиратор радиовзрывателей, закрепленный на корпусе устройства. При этом локализатор взрывных систем устанавливается на подозрительный предмет таким образом, чтобы полностью отделить его от окружающего пространства. Тем самым обеспечивается предупреждение срабатывания радиоуправляемых взрывных устройств.

В дальнейшем возможно несколько вариантов развития ситуации. При прибытии взрывотехников центральное отверстие локализатора может быть использовано для осмотра подозрительного предмета и обезвреживания обнаруженного устройства. В случае его срабатывания, если мощность недостаточна для разрушения конструкции локализатора, происходит подавление бризантного, фугасного, термического и осколочного воздействия взрыва. Центральное отверстие при взрыве позволяет снизить давление в полости локализатора взрывных систем. При взрыве подобного устройства мощностью, достаточной для разрушения конструкции локализатора, происходит значительное ослабление осколочного воздействия за счет уменьшения кинетической энергии осколков.

**Заключение.** Проведенный анализ террористических актов в Республике Беларусь и Российской Федерации позволил сделать вывод о том, что наиболее применяемыми технологиями реализации террористических атак являются взрывы. В работе рассмотрены основные технические средства защиты от совершаемых с использованием взрывных устройств террористических атак. Отмечается, что в таких странах, как США, Великобритания, Норвегия, Япония, Саудовская Аравия, Кувейт и ЮАР, большое количество объектов с массовым пребыванием людей оснащены средствами локализации взрывов террористической направленности.

Инновационной отечественной разработкой является локализатор взрывных систем [29], широкомасштабное внедрение которого в значительной степени повысит уровень защиты населения и территорий от террористических актов с применением взрывных устройств, а также снизит индекс террористической опасности страны. По сравнению с зарубежными аналогами локализатор взрывных систем обладает следующими преимуществами: простота использования, небольшая масса, возможность предотвращать срабатывание взрывных радиоуправляемых устройств за счет наличия блокиратора радиовзрывателей, низкая стоимость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кодекс Республики Беларусь от 09.07.1999 г. № 275-3 (ред. от 18.07.2017) «Уголовный кодекс Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn---ctbcgfviccvibf9bq8k.xn--90ais/>. – Дата доступа: 10.10.2018.
2. Килясханов, Х.Ш. ОБСЕ в борьбе с терроризмом / Х.Ш. Килясханов; под ред. Ф.П. Васильева. – М.: ЮНИТИ-ДАНА: Закон и право, 2013. – 523 с.
3. Коробкина, И.А. Международный терроризм и проблемы безопасности на Северном Кавказе / И.А. Коробкина, В.Н. Садченко, Л.Н. Величко. – Ставрополь: СКФУ, 2016. – 270 с.
4. Белашева, И.В. Психология терроризма / И.В. Белашева, Д.А. Ершова, М.Л. Есяян. – Ставрополь: СКФУ, 2016. – 155 с.

5. Соснин, В.А. Современный терроризм. Социально-психологический анализ / В.А. Соснин, Т.А. Нестик. – М.: Ин-т психологии РАН, 2008. – 239 с.
6. Лапин, А.А. Стратегия обеспечения криминологической безопасности личности, общества, государства и ее реализация органами внутренних дел / А.А. Лапин. – М.: Юнити-Дана: Закон и право, 2012. – 295 с.
7. Солодовников, С.А. Терроризм и организованная преступность / С.А. Солодовников. – М.: Юнити-Дана: Закон и право, 2015. – 172 с.
8. Тамаев, Р.С. Экстремизм и национальная безопасность: правовые проблемы / Р.С. Тамаев. – М.: Юнити-Дана: Закон и право, 2012. – 263 с.
9. Williams, B.G. The Islamic State Threat to the 2018 FIFA World Cup / B.G. Williams, R.T. Souza // CTC Sentinel. – 2018. – Vol. 11, Iss. 5. – P. 1–11.
10. Веруш, А.И. Национальная безопасность Республики Беларусь / А.И. Веруш. – Минск: Амалфея, 2012. – 204 с.
11. Xiaodong, Zh. The Shanghai Cooperation Organisation and CounterTerrorism Cooperation / Zh. Xiaodong. – Stockholm: Institute for Security and Development Policy, 2012. – 27 p.
12. Андреева К.К. Теория взрывчатых веществ / К.К. Андреева. – М.: Оборонгиз, 1963. – 231 с.
13. Быкадоров, В.А. Техническое регулирование и обеспечение безопасности / В.А. Быкадоров, Ф.П. Васильев, В.А. Казюлин. – М.: Юнити-Дана: Закон и право, 2014. – 639 с.
14. Капитонова, Е.А. Современный терроризм / Е.А. Капитонова, Г.Б. Романовский. – М.: Юрлитинформ, 2015. – 216 с.
15. Авакян, Г.А. Справочник по взрывчатым веществам / Г.А. Авакян, Л.И. Хмельницкий; под ред. проф. С.С. Новикова; Воен. ордена Ленина и ордена Суворова артиллер. инж. акад. им. Ф.Э. Дзержинского. – М.: [б. и.], 1960. – Ч. 2. – 844 с.
16. Беляев, А.Ф. О природе фугасного и бризантного действия / А.Ф. Беляев, М.А. Садовский // Физика взрыва. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. – С. 3–19.
17. Комлацкий А.В. Расчет основных параметров взрыва осколочных мин направленного поражения / А.В. Комлацкий, Е.В. Проскуряков // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 5, № 3. – С. 204–209.
18. Каримов, А.А. Первоначальные действия сотрудников ОВД при обнаружении самодельных взрывных устройств / А.А. Каримов, М.Б. Руденко, Д.С. Морозов. – Иркутск: ФГКОУ ВО ВСИ МВД России, 2016. – 84 с.
19. Взрывчатые вещества и взрывные устройства. Средства обнаружения и локализации угрозы взрыва / Под ред. А.М. Патрака. – СПб.: Санкт-Петербургский ун-т МВД России, 2004. – 66 с.
20. Коровкин, Д.С. Поиск, локализация и обезвреживание взрывных устройств: Рабочая лекция / Д.С. Коровкин. – СПб.: Санкт-Петербургский ун-т МВД России, 2017. – 45с.
21. Петренко, Е.С. Средства и способы локализации поражающего действия взрыва / Е.С. Петренко // Специальная техника, 2001. – № 2. – С. 15–24.
22. Jacobs, M.J.N. Ballistic protection mechanisms in personal armour / M.J.N. Jacobs, J.L.J. Van Dingenen // Journal of Materials Science. – 2001. – Vol. 36, Iss. 13. – P. 3137–3142.
23. Противоосколочное одеяло «УЮТ» [Электронный ресурс] / НПО специальных материалов. – Режим доступа: [https://npo-sm.ru/sredstva\\_zashity\\_ot\\_vzryva/protivooskolochnoe\\_odeyalo\\_uyut/](https://npo-sm.ru/sredstva_zashity_ot_vzryva/protivooskolochnoe_odeyalo_uyut/). – Дата доступа: 02.10.2018.
24. Наумов, М.С. Московское метро. Путеводитель / М.С. Наумов, И.А. Кусый. – М.: Вокруг света, 2006. – 360 с.
25. Петренко, Е.С. Взрывобезопасные урны как один из методов повышения антитеррористической защищенности объектов городской и транспортной инфраструктуры в современных условиях / Е.С. Петренко, А.В. Кузнецов // Спецтехника и связь. – 2010. – № 2–3. – С. 31–33.
26. Сильников, М.В. «ФОНТАН» / М.В. Сильников, В.А.Химичев // Калашников. Оружие, боеприпасы, снаряжение. – 2000. – № 6. – С. 66–68.
27. Локализаторы «ФОНТАН» [Электронный ресурс] / Спецтехнология. – Режим доступа: <http://spectehnologia.ru/bronezashhita/sredstva-zashhity-ot-vzryva/lokalizatory-vzryva-fontan/>. – Дата доступа: 01.10.2018.
28. Устинов, В.В. Международный опыт борьбы с терроризмом: стандарты и практика / В.В. Устинов. – М.: Юрлитинформ, 2002. – 560 с.
29. Локализатор взрывных систем: заявка №а 20170111 на пат. Респ. Беларусь, МПК F42B39/00, F42B33/00/ И.И. Полевода, В.Н. Пасовец, Е.Ю. Пасовец, В.А. Бирюк; заявитель УГЗ МЧС РБ. – № а 20170111; заявл. 04.04.17.

## INNOVATIVE APPROACH TO PROTECTION FROM TERRORIST ACTS REALIZED WITH THE USE OF EXPLOSIVE DEVICES IN PLACES WITH MASS HUMAN PRESENCE

**Vladimir Pasovets**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Elena Pasovets**, PhD in Juridical Sciences, Associate Professor

**Viktar Biruk**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The state Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The article is devoted to the development of protection from terrorist acts realized with the use of explosive devices.

*Methods.* Justification use of the localizer of explosive systems.

*Findings.* An analytical review of terrorist acts in the Republic of Belarus and the Russian Federation was conducted. The conclusion about the most used technologies for the implementation of terrorist attacks was made. The main technical means of protection against terrorist attacks committed with the use of explosive devices were investigated.

*Application field of research.* The results can be applied in places with mass human presence.

*Conclusions.* An integrated approach to the development of remedies for terrorist acts has been identified. The design of the localizer of explosive systems has been developed.

Keywords: explosive device, localizer of explosive systems, explosion, terrorist act, explosion-proof containers, radioblocking device, national security.

(The date of submitting: October 15, 2018)

### REFERENCES

1. *Kodeks Respubliki Belarus' «Ugolovnyy kodeks Respubliki Belarus'»* [Criminal Code of the Republic of Belarus]: Affirmed July 09, 1999 N 275-Z, available at: <http://xn----ctbcgfviccvibf9bq8k.xn--90ais/> (accessed: October 10, 2018). (rus)
2. Kilyashkanov Kh.Sh. *OBSE v bor'be s terrorizmom* [OSCE in the fight against terrorism]. Ed. by F.P. Vasil'yeva. Moscow: Yuniti-Dana: Zakon i pravo, 2013. 523 p. (rus)
3. Korobkina I.A., Sadchenko V.N., Velichko L.N. *Mezhdunarodnyy terrorizm i problemy bezopasnosti na Severnom Kavkaze* [International terrorism and security problems in the North Caucasus]. Stavropol': SKFU, 2016. 270 p. (rus)
4. Belasheva I.V., Yershova D.A., Esayan M.L. *Psikhologiya terrorizma* [Psychology of terrorism]. Stavropol': SKFU, 2016. 155 p. (rus)
5. Sosnin V.A., Nestik T.A. *Sovremennyy terrorizm. Sotsial'no-psikhologicheskyy analiz* [Modern terrorism. Socio-psychological analysis]. Moscow: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2008. 239 p. (rus)
6. Lapin A.A. *Strategiya obespecheniya kriminologicheskoy bezopasnosti lichnosti, obshchestva, gosudarstva i yeye realizatsiya organami vnutrennikh del* [The strategy of ensuring criminological security of an individual, society, state and its implementation by internal affairs agencies]. Moscow: Yuniti-Dana: Zakon i pravo, 2012. 295 p. (rus)
7. Solodovnikov S.A. *Terrorizm i organizovannaya prestupnost'* [Terrorism and organized crime]. Moscow: Yuniti-Dana: Zakon i pravo, 2015. 172 p. (rus)
8. Tamayev R.S. *Ekstremizm i natsional'naya bezopasnost': pravovyye problemy* [Extremism and national security: legal problems]. Moscow: Yuniti-Dana: Zakon i pravo, 2012. 263 p. (rus)
9. Williams B.G., Souza R.T. The Islamic State Threat to the 2018 FIFA World Cup. *CTC Sentine*, 2018. Vol. 11, Iss. 5. Pp. 1 – 11.
10. Verush A.I. *Natsional'naya bezopasnost' Respubliki Belarus'* [National Security of the Republic of Belarus]. Minsk: Amalfeya, 2012. 204 p. (rus)
11. Xiaodong Zh. *The Shanghai Cooperation Organisation and CounterTerrorism Cooperation*. Stockholm: Institute for Security and Development Policy, 2012. 27 p.
12. Andreyeva K.K. *Teoriya vzryvchatykh veshchestv* [Theory of explosives]. Moscow: Oborongiz, 1963. 231 p. (rus)
13. Bykadorov V.A., Vasil'yev F.P., Kazyulin V.A. *Tekhnicheskoye regulirovaniye i obespecheniye bezopasnosti* [Technical regulation and security]. Moscow: Yuniti-Dana: Zakon i pravo, 2014. 639 p. (rus)

14. Kapitonova Ye.A., Romanovskiy G.B. *Sovremennyy terrorizm* [Modern terrorism]. Moscow: Yurlitinform, 2015. 216 p. (rus)
15. Avakyan G.A., Khmel'nitskiy L.I. *Spravochnik po vzryvchatym veshchestvam* [Handbook of explosives]. Ed. by prof. S.S. Novikova. Military Orders of Lenin and Suvorov Artillery Engineering Academy named after F. Dzerzhinsky. Moscow, 1960. Part 2. 844 p. (rus)
16. Belyayev A.F., Sadovskiy M.A. O prirode fugasnogo i brizantnogo deystviya [On the nature of the high-explosive and blasting action]. *Physics of the explosion*. – Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, 1952. Pp. 3–19. (rus)
17. Komlatskiy A.V., Proskuryakov Ye.V. Raschet osnovnykh parametrov vzryva oskolochnykh min napravlennoy porazheniya [Calculation of the main parameters of the explosion of fragmentation mines of directional damage]. *Interesko Geo-Sibir'*, 2015. Vol. 5, No. 3. Pp. 204–209. (rus)
18. Karimov A.A., Rudenko M.B., Morozov D.S. *Pervonachal'nyye deystviya sotrudnikov OVD pri obnaruzhenii samodel'nykh vzryvnykh ustroystv* [Initial actions of ATS employees in detecting improvised explosive devices]. Irkutsk: East-Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2016. 84 p. (rus)
19. *Vzryvchatyye veshchestva i vzryvnyye ustroystva. Sredstva obnaruzheniya i lokalizatsii ugrozy vzryva* [Explosives and explosive devices. Means of detection and localization of the threat of explosion]. Ed. by A.M. Patraka. St. Petersburg: St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2004. 66 p. (rus)
20. Korovkin D.S. *Poisk, lokalizatsiya i obezvrezhivaniye vzryvnykh ustroystv: Rabochaya leksiya* [Search, localization and neutralization of explosive devices: a working lecture]. St. Petersburg: St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2017. 45p. (rus)
21. Petrenko Ye.S. Sredstva i sposoby lokalizatsii porazhayushchego deystviya vzryva [Means and methods for localizing the destructive effect of an explosion]. *Spetsial'naya tekhnika*. 2001. No. 2. Pp. 15–24. (rus)
22. Jacobs M.J.N., Van Dingenen J.L.J. Ballistic protection mechanisms in personal armour. *Journal of Materials Science*, 2001. Vol. 36, Iss. 13. Pp. 3137 – 3142.
23. *Protivooskolochnoye odevyalo «UYUT»* [The «YUT» splinter blanket]: NPO sspetsial'nykh materialov, available at: [https://npo-sm.ru/sredstva\\_zashity\\_ot\\_vzryva/protivooskolochnoe\\_odevalo\\_uyut/](https://npo-sm.ru/sredstva_zashity_ot_vzryva/protivooskolochnoe_odevalo_uyut/) (accessed: October 2, 2018). (rus)
24. Naumov M.S., Kusyy I.A. *Moskovskoye metro. Putevoditel'* [Moscow Metro. Guide]. Moscow: Vokrug sveta, 2006. 360 p. (rus)
25. Petrenko Ye.S., Kuznetsov A.V. *Vzryvobezopasnyye urny kak odin iz metodov povysheniya antiterroristicheskoy zashchishchennosti ob"yektov gorodskoy i transportnoy infrastruktury v sovremennykh usloviyakh* [Explosion-proof bins as one of the methods for increasing the antiterrorist protection of urban and transport infrastructure in modern conditions]. *Spetstekhnika i svyaz'*, 2010. No. 2–3. Pp. 31–33. (rus)
26. Sil'nikov M.V., Khimichev V.A. «FONTAN». *Kalashnikov. Oruzhiye, boyepripasy, snaryazheniye*, 2000. No. 6. Pp. 66–68. (rus)
27. *Lokalizatory «FONTAN»* [Localizers «FONTAN»]: Spetstekhnologiya, available at: <http://spectekhnologia.ru/bronezashhita/sredstva-zashhity-ot-vzryva/lokalizatory-vzryva-fontan/> (accessed: October 1, 2018). (rus)
28. Ustinov V.V. *Mezhdunarodnyy opyt bor'by s terrorizmom: standarty i praktika* [International experience in the fight against terrorism: standards and practice]. Moscow: Yurlitinform, 2002. 560 p. (rus)
29. Polevoda I.I., Pasovets V.N., Pasovets Ye.Yu., Biryuk V.A. *Lokalizator vzryvnykh sistem* [Explosives Localizer]: application for patent BY a20170111. Published April 4, 2017. (rus)

УДК 335.58(476)

**ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ РАЙОНА (ГОРОДА):  
ЦЕЛЕПОЛАГАНИЕ, ФУНКЦИИ И ЗАДАЧИ****Бордак С.С.**

На основе анализа опыта функционирования органов управления гражданской обороны, а также анализа требований, содержащихся в отечественных нормативных правовых актах в области защиты от чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, сформулированы функции и задачи, возлагаемые на органы управления гражданской обороны местного уровня. Выявлены противоречия и обозначены перспективные направления дальнейших исследований в рассматриваемой области.

*Ключевые слова:* гражданская оборона, управление гражданской обороной, штаб гражданской обороны.

(Поступила в редакцию 12 октября 2018 г.)

**Введение.** Специфика ведения гражданской обороны (ГО) в населенных пунктах, характеризуется тем, что зачастую в ходе военных конфликтов объектами ударов на их территориях становятся гражданская инфраструктура, объекты жизнеобеспечения и другие объекты, необходимые для выживания населения и устойчивого функционирования экономики. Анализ военных конфликтов последних десятилетий показывает систематические нарушения существующих норм международного гуманитарного права. Поэтому защита мирного населения как одна из основных задач ГО становится все более актуальной.

В соответствии с Законом Республики Беларусь [1] ГО является составной частью оборонных мероприятий Республики Беларусь по обеспечению военной безопасности. Действующим законодательством предусмотрено, что подготовка государства к ведению ГО должна осуществляться заблаговременно в мирное время с учетом совершенствования, с одной стороны, средств вооруженной борьбы, с другой – средств защиты населения от опасностей, возникающих при ведении военных действий. Так, в Военной доктрине Республики Беларусь отмечается: «...одной из мер по обеспечению военной безопасности государства в мирное время является поддержание системы ГО в готовности к развертыванию в установленные сроки и эффективное выполнение задач по предназначению». В связи с этим в ряду подготовительных мероприятий особое значение приобретает перевод ГО на работу в условиях военного времени, который должен обеспечить своевременное приведение в готовность объектов, сил и средств ГО, необходимую защиту населения, объектов, имеющих важное оборонное и экономическое значение, а также объектов, необходимых для жизнеобеспечения населения в условиях ведения военных действий.

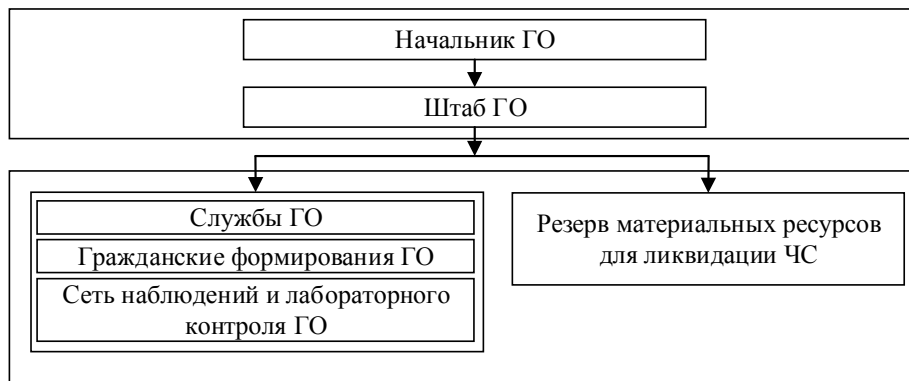
Другими словами, уже сейчас должен быть спланирован и реализован ряд мероприятий по подготовке органов управления ГО, созданы формирования, входящие в состав сил ГО, резервы материальных ресурсов, необходимые для ликвидации ЧС, подготовлены объекты ГО и др. Учитывая требования, изложенные в [1–3], подготовку мероприятий ГО возлагают на органы управления по ЧС, а их выполнение в период нарастания военной угрозы (ПНВУ) и военное время – на органы управления ГО.

Цель исследования – определить функции и задачи, возлагаемые на органы управления гражданской обороны местного уровня

**Противоречия в системе управления ГО.** С момента объявления войны, фактического начала военных действий или введения Президентом Республики Беларусь военного положения (ВП) для обеспечения защиты населения, материальных и историко-культурных ценностей на территории Республики Беларусь от опасностей, возникающих (возникших) при ведении военных действий или вследствие этих действий, спланирован комплекс мероприятий уже в рамках ГО (рис. 1).

При перечисленных в Законе Республики Беларусь [1] условиях система законодательства в области защиты населения и территорий от ЧС трансформируется и дополнительно включает в себя систему законодательства в области ГО, т. к. комплекс мероприятий, направленных на защиту населения и территорий от ЧС в военное время, в том числе от опасностей, возникающих (возникших) при ведении или вследствие военных

действий, реализуется в рамках проведения мероприятий ГО страны. В работе [4] детализируется переход органов управления и элементов государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС в ГО на различных уровнях, приводится сравнительная таблица.



**Рисунок 1. – Структурная схема гражданской обороны**

Ведение ГО, согласно Закону Республики Беларусь [1], осуществляется в соответствии с планами ГО. Там же указывается, что «...планы ГО могут вводиться в действие на территории Республики Беларусь или в отдельных ее местностях полностью или частично». Вместе с этим, согласно Закону Республики Беларусь «О военном положении», ВП может быть введено одновременно на всей территории Республики Беларусь. Отсюда следует, что и планы ГО должны вводиться на всей территории страны. Поэтому необходимо устранить юридическую коллизию между нормативными правовыми актами и уточнить вопрос о введении в действие планов ГО в отдельных местностях, а также их частичного введения.

Особое место при реализации законодательства в области ГО и защиты населения и территорий от ЧС отводится местным исполнительным и распорядительным органам (МИРО), которые на своем уровне регулируют общественные отношения в сфере защиты от ЧС и ГО на соответствующих территориях. При этом они осуществляют постоянное взаимодействие с органами военного управления, органами управления территориальной обороны (ТерО) при решении задач ГО на территории административной единицы. Однако сам порядок такого взаимодействия нормативными правовыми актами не регламентируется. Поэтому существует необходимость в его определении и прежде всего между органами управления ГО и ТерО. Это обусловлено территориальным принципом их построения, наличием общей задачи, а также тем, что они будут объединены общим руководителем в лице председателя районного (городского) исполнительного комитета, который на определенном этапе развития военно-политической обстановки является и начальником ГО, и начальником ТерО района.

Важную роль в системе управления, ее эффективности играют органы управления ГО. В соответствии с постановлением МЧС Республики Беларусь [5] для руководства ГО определены должностные лица и органы управления. Управление силами ГО на местном уровне осуществляется начальником ГО через подчиненный штаб ГО, который предназначается для непосредственного руководства деятельностью по защите от ЧС и опасностей, возникающих (возникших) при ведении или вследствие военных действий. В настоящее время в нормативных правовых актах [5–6] определены функции и задачи только для штабов ГО республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь (госорганов). Вместе с тем наряду со штабами ГО госорганов Законом Республики Беларусь [1] установлено, что в военное время органами управления ГО на территориальном и местном уровне являются штабы ГО, создаваемые на базе областных и Минского городского управлений МЧС, а также районных (городских) отделов по чрезвычайным ситуациям областных и Минского городского управлений МЧС (ГРОЧС). При этом функции и задачи указанных штабов ГО не определены, что не позволяет унифицировать их организационно-штатную структуру и организовать работу по предназначению.

Проведенный анализ в работе [7] показывает, что для управления ликвидацией ЧС мирного времени ряд нормативных правовых актов регламентирует создание различных управленческих структур. Так, в настоящее время на местном уровне при возникновении ЧС основным органом, координирующим деятельность по защите от ЧС мирного времени, является комиссия по ЧС (КЧС). Для обеспечения работы КЧС в ее состав входит рабочий орган, формируемый из должностных лиц ГРОЧС. От КЧС для организации управления непосредственно на месте ЧС может назначаться (и как правило, назначается) оперативная группа в которую также входят работники ГРОЧС. Оперативное управление и информационное обеспечение осуществляется посредством информационно-управляющей системы ГСЧС. Помимо этого при возникновении ЧС на местном уровне создается районный ситуационный штаб ликвидации ЧС, а в отдельных ГРОЧС для непосредственного управления боевыми подразделениями функционируют оперативные штабы ликвидации ЧС. В каждом отделе организовано еженедельное дежурство нештатных оперативных групп. На местном уровне это приводит к дублированию функций. Кроме того, в ряде случаев в указанные управленческие структуры входят одни и те же должностные лица ГРОЧС. Все это обуславливает необходимость рассмотрения вопроса о целесообразности создания указанных управленческих структур на местном уровне и создание единого органа управления для ликвидации последствий применения противником оружия и ЧС. В целом обозначены проблемные вопросы, обуславливающие оптимизацию структуру органов управления ГО. Для их решения обратимся к военно-историческому опыту.

**Анализ опыта организации органов управления ГО в советское время.** Изучение теории и практики ведения ГО в советское время показывает, что она строилась с учетом существующих взглядов на ведение войны с применением ядерного оружия. ГО входила в состав Вооруженных Сил СССР. В основу планирования ГО была положена вероятная модель будущей войны, предусматривающая, что непосредственному ведению боевых действий предшествует так называемый «особый период», в ходе которого конфликтующие стороны могут провести необходимые подготовительные мероприятия. Предполагалась, что его продолжительность составит от нескольких дней до нескольких месяцев. В соответствии с этим все мероприятия ГО делились на три группы: в первую группу входили мероприятия, проводимые заблаговременно, в мирное время; во вторую группу были включены мероприятия, проводимые в ПНВУ; в третью группу – мероприятия, проводимые в военное время. На основе опыта функционирования местной противовоздушной обороны для реализации мероприятий ГО в городах создавались соответствующие службы: связи, инженерная, противопожарная, медицинская, охраны общественного порядка, защиты животных и растений, коммунально-техническая, санитарной обработки людей и обеззараживания одежды, торговли и питания, убежищ и укрытий, материально-технического снабжения, аварийно-техническая, автотранспортная, энергетики и др.

Руководство ГО в административно-территориальных единицах, государственных органах, объектах экономики осуществлялось непосредственно через штабы и службы ГО. Штабы ГО были основными органами управления. Штаб ГО имел строгую организационно-штатную структуру, которая соответствовала службам ГО. Должностные лица, входящие в состав штаба, имели конкретные обязанности и алгоритмы работы, пункты управления оборудовались необходимыми техническими средствами. Были нормативно определены временные показатели выполнения мероприятий штабом ГО, которые разделялись на три группы в зависимости от складывающейся военно-политической обстановки.

ГО СССР была одной из лучших подобных систем в мире. Это признавал и ряд зарубежных специалистов. Была создана государственная всенародная система. Четкая организационная структура и всенародный характер ГО – ее главное достоинство и отличие от аналогичных систем зарубежных государств.

Таким образом, опыт организации органов управления ГО в советское время показывает: для решения задач ГО видится обоснованным, что в случае введения ВП управленческую функцию при реализации мероприятий ГО должен выполнять единый орган управления – штаб ГО. Состав и структура штаба должны быть такими, чтобы в полном объеме обеспечить управление аварийно-спасательными и другими неотложными работами (АСДНР) в зонах возможных ЧС и ликвидацию последствий применения



противником оружия. Перечисленные рабочие органы, ситуационные штабы, оперативные группы и другие структуры с формированием штаба ГО должны быть интегрированы в единый орган управления, как уже получившие опыт практических действий при ликвидации ЧС мирного времени. В свою очередь штаб ГО должен находиться в постоянной готовности, иметь строгую организационно-штатную структуру, высокую степень живучести, быть способным обеспечить непрерывное и устойчивое управление ГО при выполнении поставленных задач.

**Анализ зарубежного опыта организации органов управления ГО.** В целях защиты от ЧС государств Европейского союза (ЕС), выполнения мероприятий ГО в 2001 году создан Механизм гражданской защиты ЕС. Он охватывает 32 государства-участника, в том числе все страны Европейской экономической зоны, а также Хорватию и Бывшую югославскую Республику Македонию. Основным органом управления Механизма гражданской защиты ЕС является Центр координации чрезвычайного реагирования (ЦКЧР). Он располагает всеми средствами для обеспечения мониторинга и координации реагирования на стихийные бедствия 24 часа в сутки 7 дней в неделю. ЦКЧР занимается сбором информации в реальном масштабе времени и информации о раннем предупреждении о стихийных бедствиях, проводит мониторинг факторов риска ЧС, разрабатывает планы по развертыванию сил и средств, задействованию необходимых ресурсов. ЦКЧР осуществляет координацию деятельности органов управления в зоне ЧС. Непосредственное управление на месте ЧС, координация действий спасателей и властей пострадавшей страны осуществляется международной командой экспертов. Данная команда формируется из реестра экспертов (добровольный пул) в области гражданской защиты. Команда экспертов выдвигается на место ЧС и свою работу осуществляет в полевом штабе.

Наряду с общими подходами по координации и управлению ликвидацией последствий ЧС в европейских странах существуют и национальные особенности. В Германии, например, для оперативного реагирования на ЧС развертываются кризисные штабы. Кризисный штаб включает в себя представителей местных органов власти, аварийных и спасательных служб, других специалистов и экспертов. В зависимости от масштаба ЧС кризисный штаб может осуществлять управление ликвидацией ЧС от федерального до местного уровня. Основную роль в кризисных штабах выполняют местные органы власти. Другие специалисты и эксперты министерств и ведомств направляются в кризисный штаб по запросу местных властей для обеспечения оперативного взаимодействия.

В США управление ГО осуществляет подразделение Министерства внутренней безопасности – Федеральное агентство по управлению в ЧС (FEMA), на базе которого развертываются органы управления, схожие по кругу решаемых задач с ситуационными штабами Республики Беларусь.

Организация органов управления гражданской защиты в западных государствах осуществляется на различных уровнях. Для этого в отдельных странах предусматривается деление их территорий на округа, подокруга, зоны, сектора, районы и участки. В США имеется 10 округов (в каждом от 4 до 8 штатов), в Канаде – 10 округов чрезвычайной готовности (по числу провинций), в Германии – 15 округов (по количеству земель).

Во всех рассматриваемых странах созданы и функционируют органы управления гражданской защиты, системы связи и оповещения, защитные сооружения, разработаны планы эвакуации и рассредоточения населения, обеспечен запас средств защиты, ведется обучение личного состава сил гражданской защиты и населения, осуществляется информирование и взаимодействие с общественностью по вопросам защиты от ЧС.

Отдельная роль отводится планированию и координации деятельности всех служб, осуществляемой на уровне мэрий, которые реализуют наибольший объем защитных мероприятий в случае возникновения ЧС на местном уровне. Они обеспечивают подготовку планов, правовых документов по вопросам предупреждения и ликвидации ЧС, осуществляют контроль готовности к выполнению задач всех элементов системы, что имеет некоторую схожесть в организационном плане с ГСЧС Республики Беларусь. В случае возникновения ЧС мэрии обеспечивают взаимодействие между спасательными, аварийными и силовыми службами, в том числе воинскими формированиями, находящимися на соответствующей территории для выполнения совместных аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР).

**Функции и задачи штабов ГО местного уровня.** Главной целью работы штаба ГО в случае возникновения непосредственной военной угрозы будет являться оперативная выработка необходимых управленческих решений для реализации задач ГО. Исходя из этого для уточнения организационно-штатной структуры штаба ГО, формализации его алгоритма работы, обязанностей должностных лиц прежде всего необходимо определить его функции и задачи, которые следуют из задач и планируемых мероприятий ГО. Анализ законодательства в области защиты населения и территорий от ЧС и ГО, проведенный в рамках работ [7–9], показывает, что к мероприятиям ГО относятся:

- оперативное обнаружение угроз проявления источников ЧС. Использование совокупности систем наблюдения для анализа, оценки состояния и изменения, выявленных и потенциальных источников ЧС. Создание банка данных по источникам ЧС. Использование расчетных методик и программных средств для оценки складывающейся обстановки и прогнозирования ЧС;

- своевременное оповещение руководства ГО, должностных лиц органов управления ГО и других заинтересованных, а также информирование населения о способах защиты и необходимых действиях в складывающейся обстановке;

- приведение в готовность защитных сооружений ГО, сооружений двойного назначения и укрытие в них населения;

- мероприятия по обеспечению устойчивого функционирования организаций, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени;

- эвакуация из зон воздействия опасных факторов ЧС и зон применения противником оружия пострадавших в места временного размещения;

- оказание медицинской помощи пострадавшему населению, организация и осуществление его лечения, реализация комплекса санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий, контроль состояния внешней среды при применении современных средств поражения;

- мониторинг радиационной и химической обстановки, проведение дозиметрического и химического контроля;

- обеспечение средствами индивидуальной защиты населения;

- осуществление мероприятий санитарной обработки людей, дезактивации, дегазации и дезинфекции техники, средств защиты и одежды, обеззараживания (обезвреживания) территории и сооружений, продовольствия, воды, а также ветеринарной обработки животных;

- защита людей, зданий и сооружений от опасных факторов пожара. Тушение отдельных и массовых пожаров в населенных пунктах, подвергшихся воздействию современных средств поражения;

- организация и проведение АСР в зонах ЧС по спасанию людей, проводимые в условиях, угрожающих их жизни и здоровью, для выполнения которых требуются специальная подготовка, экипировка и оснащение спасателей;

- проведение других неотложных работ по защите материальных и культурных ценностей, снижению размеров вреда, причиняемого окружающей среде, а также по локализации и ликвидации ЧС или уменьшению уровня воздействия ее опасных факторов;

- проведение информационных мероприятий, снабжение пострадавших водой, продуктами. Обеспечение их жильем, коммунально-бытовыми услугами;

- финансовое обеспечение мероприятий ГО.

Указанные мероприятия реализуются силами ГО, к которым относятся службы ГО, сеть наблюдений и лабораторного контроля ГО, гражданские формирования ГО. Кроме того, к выполнению мероприятий ГО в соответствии с компетенцией, определенной законодательством, привлекаются Вооруженные Силы Республики Беларусь, другие войска и воинские формирования [1].

Таким образом, опираясь на проведенный анализ национального законодательства в области защиты населения и территорий от ЧС и ГО, учитывая требования, изложенные в отечественных нормативных правовых актах, а также изученный опыт работы штабов ГО в советское время и опыт зарубежных стран по организации работы органов, осуществляющих управление в рассматриваемой области, для управления силами ГО и выполнения возложенных на ГО задач целесообразно к функциям штабов ГО районов, городов отнести следующие:

1. Разработка и представление соответствующему начальнику ГО:

- плана ГО;
- предложений по защите населения, сохранению материальных и историко-культурных ценностей на соответствующей территории;
- специальных донесений об угрозе или о возникновении ЧС, о ходе ликвидации ЧС, а также о завершении ликвидации ЧС;

решения на проведение АСДНР.

#### 2. Координация:

- работы подчиненных штабов ГО;
- проведения АСДНР и выполнение других мероприятий ГО силами ГО.

#### 3. Организация:

обучения населения способам защиты от опасностей, возникающих (возникших) при ведении военных действий или вследствие этих действий;

- оповещения населения об опасностях, возникающих (возникших) при ведении военных действий или вследствие этих действий;

- оперативного управления силами ГО и обеспечения их готовности к ликвидации ЧС, возникающих (возникших) при ведении военных действий или вследствие этих действий;

- проведения мероприятий по защите населения от опасностей, возникающих (возникших) при ведении военных действий или вследствие этих действий;

- наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды и потенциально опасных объектов;

- системы управления силами ГО, ее охраны, маскировки, защиты от радиоэлектронного подавления противником;

- изучения, обобщения и доведения боевого опыта до нижележащих штабов ГО, сил ГО;

- оперативного планирования мероприятий ГО;

- сбора и обмена информацией в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера;

- учета доз облучения личным составом сил ГО (при ликвидации ЧС, связанных с радиоактивным загрязнением);

- взаимодействия с органами военного управления, ТерО при выполнении мероприятий ГО.

#### 4. Осуществление:

- обеспечения бесперебойной работы системы управления силами ГО;

- непрерывного добывания, сбора, изучения и оценки данных обстановки, подготовки необходимых расчетов и предложений для принятия решений начальником ГО;

- постановки задач силам ГО, подчиненным, приданным и поддерживающим подразделениям;

- поддержания постоянной готовности штаба, сил и средств специальных формирований и других подразделений по ЧС к действиям в случае возникновения ЧС;

- боевой и мобилизационной готовности подразделений по ЧС;

- ведения учета личного состава, вооружения, горючего и других материальных и технических средств, предназначенных или привлекаемых для выполнения мероприятий ГО.

#### 5. Контроль:

- проведения мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования организаций, коммуникаций и систем жизнеобеспечения населения;

- подготовки безопасных районов для размещения в них временно отселяемого населения, эвакуации материальных и историко-культурных ценностей;

- отселения населения и предоставление ему временных жилых помещений;

- эвакуации материальных и историко-культурных ценностей в безопасные районы;

- проведения мероприятий по первоочередному обеспечению пострадавшего населения;

- использования, восполнения соответствующих резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС;

- выполнения поставленных задач силами ГО.

В соответствии с предлагаемыми функциями, возлагаемыми на штабы ГО районов, городов, целесообразно для их реализации определить следующие основные задачи:

- разработка оперативных, распорядительных и планирующих документов по вопросам ГО и организация их выполнения;
- управление силами ГО и обеспечение их готовности к ликвидации ЧС, проведению АСДНР;
- организация и осуществление защитных мероприятий;
- организация выполнения мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования объектов промышленности и учреждений, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени;
- организация сбора и представления оперативной информации об обстановке при угрозе и возникновении ЧС в военное время;
- оповещение населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- организация наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды и потенциально опасных объектов;
- прогнозирование ЧС;
- контроль за созданием и использованием резервов материальных ресурсов для ликвидации ЧС;
- организация взаимодействия с органами военного управления, в том числе с органами управления ТерО по вопросам предупреждения и ликвидации ЧС и ГО;
- организация и обеспечение мобилизационной готовности подчиненных подразделений;
- организация системы связи;
- ведение учета сил и средств в зоне ЧС, уточнение потребности в силах и средствах организаций, степени их готовности к ликвидации последствий ЧС, а также создание резерва сил и средств для ликвидации ЧС;
- выработка предложений для рассмотрения и принятия решений МСО подготовка к его заседаниям информационных материалов по ГО, принимаемых мерах по ликвидации последствий ЧС, а также представление оперативной информации в соответствии с законодательством;
- выполнение иных задач, возложенных на органы и подразделения по ЧС, в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

**Заключение.** Таким образом, в районных административных территориальных единицах с возникновением военной угрозы для обеспечения управления мероприятиями ГО, взаимодействия с другими элементами военной организации государства и оперативного решения задач по предназначению целесообразно формирование единого органа управления – штаба ГО. На основе ретроспективного анализа функционирования органов управления ГО, анализа законодательства в рассматриваемой области, сформулированы функции и задачи, возлагаемые на штабы ГО местного уровня. Это позволит унифицировать их организационно-штатную структуру, определить необходимые службы и должностных лиц, которые должны входить в их состав, исключить дублирование управленческих функций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О гражданской обороне [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 27 нояб. 2006 г. № 183-3: в ред. Закона Респ. Беларусь от 31 дек. 2009 г. № 114-3 // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 141-3: в ред. Закона Респ. Беларусь от 10 июля 2012 г. № 401-3 // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
3. О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апр. 2001 г., № 495 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
4. Бордак, С.С. Гражданская оборона в период нарастания военной угрозы / С.С. Бордак, М.Н. Субботин // Вестник Воен. академии Респ. Беларусь. – 2017. – № 2 (55). – С. 3–11.
5. Об утверждении Примерного положения о штабе гражданской обороны республиканского органа государственного управления, иной государственной организации, подчиненной

- Правительству Республики Беларусь: Постановление МЧС Респ. Беларусь, 28 мар. 2008 г., № 27 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 8/18576.
6. Положение о порядке создания штабов гражданской обороны: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 янв. 2008 г., № 135 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – 5/26721.
  7. Оптимизация административно-процессуального законодательства и практики его применения в области защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций, о чрезвычайном и военном положении: отчет о НИР (заключ.) / Ун-т гражд. защиты МЧС Респ. Беларусь; рук. Е.Ю. Пасовец. – Минск, 2017. – 202 с. № ГР 20151090.
  8. Разработать и внедрить в учебный процесс программное обеспечение для тактической подготовки членов комиссии по чрезвычайным ситуациям (модуль «Авария на химически опасном объекте, объекте ядерного топливного цикла, опасность биологического заражения»): отчет о НИР (заключ.) / Ун-т гражд. защиты МЧС Респ. Беларусь; рук. М.М. Тихонов. – Минск, 2017. – 116 с. № ГР 20163308.
  9. Булва, А.Д. Рэтраспектыўны погляд на беларускую сістэму абароны ад надзвычайных сітуацый: генезіс і эвалюцыя / А.Д. Булва // Вестник Полесского гос. ун-та. Сер. об-венных и гуманитарных наук. – 2017. – № 1. – С. 3–12.

## CIVIL DEFENSE REGIONAL GOVERNING BODIES: GOALS, FUNCTIONS AND TASKS

**Sergej Bordak**

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* This article is devoted to the definition of functions and tasks assigned to the bodies of civil defense at the local level.

*Methods.* Induction, deduction, analysis and synthesis methods were used. Theoretical approaches of the research are investigations in the sphere of general theory of management. Empirical basis of the research are the laws of the Republic of Belarus and other documents concerning civil protection.

*Findings.* At the district level, to ensure the management of civil defense activities, interaction with other elements of the organization of the state and the operational solution of rescue tasks, it is necessary to form a single governing body - the headquarters of the civil defense. The headquarters of the Civil Defense Authority will allow combining organizational and managerial structures with practical experience in managing emergency response forces and eliminating duplication of management functions.

*Application field of research.* Further researches in this area will allow reasonable distributing of available resources of forces and means of civil protection, planning sufficient and economically adaptive actions of civil protection, and will promote the decrease in risk level, economic damage, harm for life and human health, and also harm to the environment.

*Conclusions.* The functions and the tasks of headquarters of civil defense have been defined. That will allow improving their organizational structure, to determine necessary services and officials entering into their composition. The headquarters of civil defense will give the possibility to consolidate the organizational and administrative structures having practical experience of management of forces of elimination of emergency in peace time and to exclude duplication of administrative functions.

*Keywords:* civil defense, civil protection, emergency situations, military attacks, military hazards, governing bodies, headquarters of civil defense.

(The date of submitting: October 12, 2018)

### REFERENCES

1. *About civil defense: Law of the Republic of Belarus, November 27, 2006, No. 183-Z.* Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
2. *About the protection of the population and territories from natural and man-made emergencies: Law of the Republic of Belarus, May 5, 1998, No. 141-Z.* Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
3. *About the State System for the Prevention and Liquidation of Emergencies: Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, April 10, 2001, No. 495.* ETALON: Legislation of the Republic of Belarus. National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
4. Bordak S.S., Subbotin M.N. *Grazhdanskaja oborona v period narastaniya voennoj ugrozy* [Civil defense in the period of growing military threat]. *Vestnik Voennoy akademii Respubliki Belarus'*, 2017. No. 2 (55). Pp. 3–11. (rus)
5. *About approval of the approximate provision on the headquarters of civil defense of the republican body of state administration, another state organization subordinate to the government of the Republic of Belarus: Decree of the Ministry of Emergency Situations of Belarus, March 28, 2008, No. 27.* Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
6. *Regulations on the procedure for creating headquarters of civil defense: Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, January 31, 2008, No. 135.* Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
7. Pasovets E.Yu., Bordak S.S. *Optimization of administrative-procedural legislation and practice of its application in the field of protection of the population and the territory from emergency situations, on the state of emergency and martial law: report (final).* University of Civil Protection. Minsk, 2017. 202 p. State registration No. 20151090. (rus)
8. Tikhonov M.M., Bordak S.S. et al. *Develop and introduce into the educational process software for tactical training of members of the Commission on Emergency Situations (module «Accident at*

- a chemically hazardous facility, nuclear fuel cycle facility, danger of biological contamination»): report (final). University of Civil Protection. Minsk, 2017. 116 p. State registration No. 20163308. (rus)*
9. Bulva A.D. Retraspektyyny poglyad na belaruskuyu sistemu abarony ad nadzvychnaynykh situatsyy: genezis i evalyutsyya [A retrospective look at the Belarusian system of protection from emergency situations: the genesis and evolution]. *Vestnik Poleskogo gosudarstvennogo universiteta. Series of social sciences and humanities*. 2017. No. 1. Pp. 3–12. (bel)



УДК 159.9:908

## К ВОПРОСУ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ ИСТОРИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Богданович А.Б., Луц Л.Н., Новицкий В.В., Сергеев В.Н.

Статья посвящена истории философского осмысления феномена безопасности. Рассмотрены онтологические аспекты явления, а также концептуальное оформление термина в Античности, Средневековье, Новом и Новейшем времени в Западной Европе и России. Особое внимание уделено тематизации проблем безопасности на каждом из указанных этапов.

*Ключевые слова:* безопасность, философия безопасности, онтология безопасности, культура безопасности жизнедеятельности, опасности, риски, угрозы.

(Поступила в редакцию 19 октября 2018 г.)

**Введение.** В современном научном дискурсе рассмотрение проблем безопасности достаточно часто ограничивается анализом положения дел в отдельных сферах жизнедеятельности общества. В этом ключе можно говорить, например, о государственной, пожарной, промышленной, радиационной, демографической, информационной и другой безопасности в контексте соответствующих угроз. Сведение понятия безопасности к одному из ее видов (национальной, экологической и т. п.) вполне оправдано с прагматической точки зрения, однако необходимость целостного, системного осмысления феномена, изучение самой сути безопасности жизнедеятельности и ее проявлений в историческом развитии сохраняет свою актуальность.

### **Основная часть.**

**Онтология безопасности.** Осмысление онтологии безопасности, в первую очередь, подразумевает указание на темпоральность феномена. Во-первых, о ней можно говорить применительно к прошлому, в контексте реакции на опасность. Безопасность немислима без опасности, производна от нее и существует исключительно по отношению к опасности. Человек, взаимодействуя с внешним миром, познает опасности, которые угрожают его существованию, и принимает меры по их предотвращению или уменьшению.

Во-вторых, в феномене опасности заключены будущие отрицательные последствия, он не может не иметь субъектного характера. Таким образом, понятия «опасность» и «безопасность» являются диалектически неразрывно связанными, взаимообусловленными и взаимодополняющими.

**Соотношение потенциального и реального в субъективных оценках.** В действительности любой объект (субъект), а точнее, индивид всегда находится в ситуации, когда ему может быть причинен вред, т. е. в опасности. Однако в реальной жизненной ситуации человек обладает неполным и не всегда достоверным знанием о существующих и потенциальных угрозах и рисках, вероятности их реализации и размерах возможного вреда. А чувство защищенности формируется субъективно, основывается исключительно на предшествующем опыте, досужих рассуждениях и умозрительных представлениях. Нужно подчеркнуть, что индивид (субъект) в ходе взаимодействия с внешней средой оценивает не реальную действительность, а субъективное знание о ней. Часто в своих оценках повседневности он исходит даже не из собственных накопленных знаний, а из анализа чувств и эмоций, испытываемых по поводу этого знания. В итоге опасность отражается в сознании человека в виде отрицательно окрашенных эмоций – тревоги, смятения, неуверенности и, наконец, страха как внутреннего психического состояния.

Так, будучи субъектной по форме, опасность по своему содержанию может иметь не только объективный, но и субъективный характер, поскольку оформление получают как объективные отношения, так и субъективные представления о них. При этом степень субъективности и объективности может находиться в различном соотношении.

Обобщая вышеизложенное, можно дать следующее определение: безопасность – это термин для обозначения ситуации, при которой вероятность причинения объекту защиты вреда и его возможные размеры, по мнению оценивающего ситуацию субъекта, меньше некоторого субъективно установленного данным субъектом предела.

Опасности или безопасности в основе природы не существует. Специфической особенностью динамической организации бытия является категория движения. Постоянно движущиеся объекты подвергаются разнонаправленным изменениям в результате внешне-

го воздействия или внутренних факторов. Природа безразлична (индифферентна) по отношению к этим изменениям. Но человек (индивид) не безразличен к ним. А в первую очередь, он неравнодушен и небезучастен к себе. В процессе жизнедеятельности одни изменения приносят ему удовольствие, а другие доставляют неприятности. Отражение в человеческом сознании неприятных воздействий вызывает у человека боязнь, страх. А ситуации, при которых эти отрицающие воздействия могут осуществиться, он называет опасностью. Обстоятельства защищенности, безвредности, при которых, по его мнению, ничего негативного произойти не может, он называет безопасностью. Таким образом, понятия «опасность» и «безопасность» в философии являются аксиологическими (ценностными). Инстинкт самосохранения и рациональное мышление позволяют человеку анализировать прошлое, настоящее и будущее, что дает ему возможность вырабатывать собственный путь в борьбе за существование.

Понятие «безопасность» можно рассматривать как определенное *состояние*, например: отношений между субъектами; устойчивости и стабильности общественного организма; жизнедеятельности государства; живого организма или социальной системы и др.

Отметим, что безопасность понимается и как специфическая *деятельность*. Однако характер этой деятельности определяется по-разному. Безопасность можно рассматривать как:

- выявление, предупреждение, устранение, ослабление и отражение опасностей и угроз, способных нанести неприемлемый ущерб и прекратить прогрессивное развитие;
- нейтрализацию реальных и потенциальных угроз обществу и государству;
- обеспечение условий защищенности всего социума и биосферы от угрозы уничтожения или непоправимого ущерба;
- предоставление гражданам необходимых условий жизни, развития и саморазвития, гарантий их гражданских прав и социальной защищенности, обеспечения политической стабильности общества и государства и т. д.

Таким образом, следует подчеркнуть, что феномен безопасности изучается преимущественно не как теоретическое понятие, а больше в прикладном аспекте, т. е. теоретическое знание заменяется отношением практическим. Научные исследования в сфере безопасности в большинстве случаев используют эмпирические методы, а теоретические подходы несут на себе определенные мировоззренческие, идеологические позиции как в практической деятельности, так и в теоретических взглядах.

**Философское осмысление понятия «безопасность» в историческом развитии.** Одной из ключевых потребностей человека, по определению А. Маслоу, является обеспечение своей безопасности. По мнению ученого, после удовлетворения физиологических потребностей стремление к безопасности становится первейшей необходимостью. Удовлетворение этой потребности в различные исторические эпохи зависело как от уровня общего развития общества и государства, его экономической и культурной составляющей, так и от самого человека, живущего в данной среде и воспринимающего ее в силу особенностей своего характера и окружения. Т. е. понятие безопасности как в теоретическом, так и практическом отношении изменяется в разных условиях жизнедеятельности.

На ранних этапах развития культуры в эпоху дорелигиозного, мифологического сознания опасность подстерегала человека повсюду. Признаем, что живой организм постоянно находится в опасности прекращения жизни. На заре человечества людям угрожали опасные природные явления и представители биологического мира, что вынуждало объединяться в сообщества, облачаться в шкуры, вооружаться, укрываться в пещерах или сооружать жилища. В этот период истории еще не существовало самого понятия «безопасность» – в простейшем его прочтении как «огражденность от опасности». Приспособительный способ бытия человека в древний период предопределял инстинктивно-рефлекторный характер поведения.

Отношение к опасности начало постепенно меняться лишь со времени зарождения первых цивилизаций, когда религия стала одновременно центральной мировоззренческой позицией и психологической установкой. Человек начал осознанно преодолевать опасность. В условиях стихийных бедствий, эпидемий, войн, социальных потрясений и других кризисных ситуаций происходит становление и дальнейшее обеспечение собственной безопасности и безопасности государства. Однако в научном языке до Демокрита, Сократа, Платона, Аристотеля термина «безопасность» не существовало.

Древнегреческий философ Сократ был одним из первых мудрецов, заложивших основы философского подхода к теории безопасности личности. Он определил три важнейшие добродетели человека, которые понимал как ценностные знания. Это умеренность – как сдерживание страстей, храбрость – как преодоление опасности и справедливость – как соблюдение божественных и человеческих законов [1].

Другой древнегреческий философ-идеалист Платон обращал внимание преимущественно на социальные изменения негативного характера, которые происходят в жизни человека. Он исследовал их влияние на внешнюю среду и образ жизни индивида. Философ не связывал факты деградации жизненных условий человека с осуществляемой им хозяйственной деятельностью, считал, что они являются признаками естественного упадка, перерождения вещей и явлений материального мира.

В трактате «Государство» Платон анализирует вопросы происхождения государства, исследует соотношение личного, общественного и государственного. По его утверждению, государство создается, чтобы обеспечить безопасность общества и личности, и является результатом невозможности человека жить в одиночку. Государство, по мнению философа, является социальной потребностью разумного человека в справедливости, а справедливость и есть гарантия безопасности. Создание государства выступает закономерным результатом развития цивилизации – как воплощение потребности человека в безопасности и защите от внешних и внутренних угроз.

Платон, анализируя правовые и этические взаимоотношения граждан как на уровне межличностных отношений, так и в правовом поле, пришел к выводу, что нарушение законов приводит к угрозе безопасности для всех субъектов общества: личности, сословий и государства. Опасности, представляющие угрозу для каждого члена социума, в конечном счете представляют неминуемую угрозу обществу в целом. Нравственная природа личности, по Платону, является определяющей в системе безопасности человека, общества и государства. В идеализме Платона суть понятий «безопасность» и «опасность» определяется через этические категории «справедливость» и «несправедливость», «благо» и «зло» [2].

Позднее в своих трудах известный античный философ Аристотель продолжал исследовать значение этических категорий в разрабатываемой теории государства. Сохранение себя, выживание человечества как биологического вида есть естественное стремление человека к безопасной жизнедеятельности. Человек как социальное и нравственное существо стремится к государственному общению, государственному образованию. Однако общество создает государство не для того, чтобы выжить, а для того, чтобы жить счастливо. Демократическое устройство общества является наилучшим, ибо только оно не ведет к внутренним распрям: там, где граждане среднего достатка более многочисленны, реже всего бывают раздоры. Демократия, в свою очередь, подразумевает большую по сравнению с олигархией безопасность.

Таким образом, при анализе общественно-политического состояния общества Аристотель выдвигал на первый план вопросы безопасности государства, а уже затем общества и человека. Однако особое внимание в вопросах обеспечения безопасности он уделит практической деятельности самой личности [3].

В копилке знаний Древней Греции, относящихся к сфере обеспечения безопасности личности, особое место занимает медицина. Отметим в этой связи сочинения Гиппократ (V–IV вв. до н. э.). В них подробно рассматривались внешние и внутренние предпосылки возникновения болезней. К внешним были отнесены времена года, температура окружающей среды, состояние воды, особенности местности. К внутренним – особенности индивидуума: от питания в частности до деятельности в целом. Следует отметить, что в период Античности понимание значимости гигиены в обществе серьезно возросло. Более того, античные мудрецы даже вывели ее на философский уровень, провозгласив заботу о здоровье неотъемлемой частью добродетельного бытия. «Здоровья просят у богов в своих молитвах люди, а не знают, что сами имеют в своем распоряжении средства к этому», – говорил Демокрит, призывая соотечественников к соблюдению чистоплотности, раннему пробуждению, занятиям физическими упражнениями и к умеренности во всем [4, с. 107].

Водопровод, общественные бани, канализация – в эпоху древних римлян понятие гигиены обрело государственное значение. В раннем законодательном документе Древнего Рима – «Законах двенадцати таблиц» (V в. до н. э.) – содержатся предписания санитарного характера [5]. В том числе запрет захоронений внутри города, указание использовать в качестве питьевой не воду из Тибра, на берегах которого стоит Рим, а ключевую, горную. И

специально назначенные чиновники обязаны были контролировать соблюдение этих предписаний.

В Индии философско-религиозная система трактует безопасность личности как смирение и уход в себя от социального зла и угроз. Смысл жизни и деятельности человека заключается в самосовершенствовании, «просветлении», получении сакрального знания, значит, в познании смысла и безопасности бытия. Избавление от зла и опасностей, страданий и несправедливости в обыденной жизни общества – это реальная альтернатива невозможности изменить существующий мировой порядок [6]. Практически-прикладной характер безопасности личности у древних народов Индии, Китая, Египта реализовывался в правилах выбора источников водоснабжения, ухода за телом, питания, предупреждения инфекционных заболеваний. Считается, что заслуга изобретения мыла принадлежит именно древним египтянам. Остались свидетельства, что египтяне для ухода за зубами использовали пепел внутренностей быка, пемзу и винный уксус [7].

Основное значение для интеллектуальной и социокультурной эволюции Китая имело конфуцианство. Конфуций – мудрец, который описал общий поведенческий ритуал (этикет), позволявший найти гармонию в обществе и государстве: «Когда желания чисты и проникнуты любовью, сердце становится правдиво и прямо. А когда сердце становится правдиво и прямо, человек исправляется и становится лучше. А когда человек исправляется и становится лучше, то и в семье устанавливается порядок. А когда в семье устанавливается порядок, то и в стране устанавливается благоустройство. А когда в стране устанавливается благоустройство, то устанавливается мир и согласие во всей Вселенной» [8].

У Конфуция наиболее значительно проработаны вопросы взаимодействия общества и природы. В его учении четко прослеживается жизнеутверждающий тезис: чтобы продлить свое существование, общество обязано рационально относиться к природе, ко всему живому миру, к природным ресурсам. Надо подчеркнуть, что уже VI–V вв. до н. э. китайская философская мысль предостерегает человечество от бездумного, расточительного подхода к использованию природных богатств.

В средневековой философии проблема теоретического отношения к безопасности личности рассматривалась в рамках теологии на основе идей супранатурализма и трансцендентальности Бога, его абсолютной свободы и абсолютной власти над созданным им миром из ничего. Функции предвидения и предупреждения опасности были направлены в основном на избегание причин катастроф и бедствий и лишь в малой степени – на меры по ослаблению разрушительных воздействий этих процессов и явлений. Для средневекового философского мышления был характерен провиденциализм, поэтому причиной происходящей или грядущей катастрофы признавался «гнев Божий» или «замысел Божий». Таким образом, вполне разумной стратегией поведения было стараться не разгневать Всемогущего.

Термин «безопасность» получает широкое распространение в XVI–XVIII вв. благодаря философским концепциям Ф. Бэкона, Т. Гоббса, Дж. Локка, Ж.-Ж. Руссо, Б. Спинозы и других мыслителей. В их трудах безопасность рассматривается как состояние спокойствия, появляющееся в результате отсутствия реальной опасности (как физической, так и моральной).

Английский философ Ф. Бэкон, основоположник эмпиризма, в своем произведении «Новый Органон» (глава «О поддержании здоровья») дает реальные, дельные советы по безопасности жизнедеятельности человека: «...один из секретов природы и политики состоит в том, что безопаснее менять много вещей, чем одну. Изучи свои привычки в отношении диеты, сна, занятий, одежды и тому подобного и постарайся мало-помалу сокращать то, что ты сочтешь вредным; но делай это так, чтобы, обнаружив, что это изменение причиняет тебе неудобство, снова мог вернуться к прежним привычкам, поскольку трудно отличить то, что вообще считается хорошим и полезным, от того, что хорошо и пригодно для твоего тела. Один из лучших рецептов долгой жизни – пребывать в свободном и жизнерадостном расположении духа в часы еды, сна, занятий» [9].

Его соотечественник философ-материалист Т. Гоббс рассматривает жизнедеятельность человека как чисто механический процесс: физические и духовные способности человека осуществляются автоматически, поскольку «жизнь есть лишь движение членов», сердце – пружина, нервы – нити, суставы – колеса, сообщающие движение всей машине человеческого тела» [10]. Т. Гоббс упрощенно рассматривал человека с позиций механистической антропологии. Однако человек – не просто природное тело, а еще и разумное существо. В определении человека философ исходит из эгоистичной природы личности –

проще говоря, ее стремления к безопасности. Люди от природы испытывают гнев, страх как чувство опасности и прочие животные аффекты. Человек в своей деятельности руководствуется стремлением к личной пользе и выгоде. Человеческий интерес – вот двигатель жизни общества в целом и личности в частности. Разумность – отличительная черта общественной жизни. К гражданскому, государственному состоянию человечество привела жизненная необходимость.

В качестве основных социально-философских концепций Просвещения выступали теории естественного права, общественного договора и гражданского состояния (общества). Именно теория общественного договора возникает как ответ человека на опасности естественного состояния, в качестве стремления к безопасности – главному условию выживания и существования. Опасности и угрозы природной среды, инстинкт самосохранения, невыносимость естественного социального состояния определяют необходимые условия для учреждения государственности.

У Т. Гоббса категория «безопасность» приобретает более совершенный научный характер. В своих трудах он приводит доказательства объективной взаимосвязи безопасности личности и государства. В государстве, созданном путем договора, граждане добровольно отчуждают свои права в пользу носителя власти, который в ответ на это заботится об их безопасности, препятствуя развязыванию гражданской войны. А любая деспотическая власть, по мнению философа, лучше, чем гражданская война: «могущество... есть благо, ибо это средство обеспечения безопасной жизни, а на безопасности покоится наш душевный мир» [11]. Таким образом, состояние мира и безопасности немыслимо без сильного государства.

Схожие идеи мы находим у Б. Спинозы, который отмечал, что «безопасность – главная добродетель государства». По его мнению, цель любого государства – освободить каждого человека от страха, обеспечить его безопасность и возможность наилучшим образом удерживать свое естественное право на существование и деятельность без вреда себе и другим [12].

Идейным основанием философских воззрений французского мыслителя Ж.-Ж. Руссо стал тезис социального и имущественного равенства, утверждение ценностей либерализма и демократии. В труде «Рассуждения о происхождении и основаниях неравенства между людьми» он обосновал право народа против несправедливой власти: «Нет среди вас ни одного человека, столь мало просвещенного, чтобы не знать, что там, где прекращается власть законов и сила защитников их, там не может быть ни для кого ни безопасности, ни свободы» [13].

Безопасность личности напрямую связывается с законами государства и свободой граждан в обществе. Разделяя договорную теорию, философ утверждал, что подданные ограничивают свою свободу, свои непомерные притязания во имя разумного эгоизма, который выступает как гарантия государством безопасности жизнедеятельности всему гражданскому обществу. Философ считал «заботу о самосохранении» самой важной заботой государства.

Желание существовать в безопасности Ж.-Ж. Руссо обосновывает природной необходимостью и природной естественностью человека. Стремление избегать страданий, опасностей, несчастий, боли и голода заложено в человеке природой, инстинктом самосохранения. Человек – естественное природное существо – выжил благодаря естественному отбору в дикой природе. Опасности природной среды обитания, инстинкт самосохранения и выживания, способность к совершенствованию – вот те факторы, которые привели к происхождению общества и законов.

Проблему безопасности человека Ж.-Ж. Руссо связывает с проблемой функционирования общества. Политическое объединение отдельных личностей переходит в морально-нравственное и общественное целое, т. е. государство. Члены его, соответственно, именуются гражданами, а вопросы безопасности личности, гражданского общества и государства в целом обеспечиваются не отдельным человеком в «войне всех против всех» (как у Т. Гоббса), а цивилизованно, на основе права и закона.

Такие мыслители, как Дж. Локк, Г. Гроций, в своих работах поднимали проблему разумного эгоизма. Человек – природное существо – инстинктивно стремится к выживанию и сохранению себя как вида и индивидуальности. Стремление избегать страданий, предупреждать опасности основано на себялюбии, самом важном инстинкте человека – инстинкте самосохранения. Теория разумного эгоизма позволяет глубже постичь вопросы

безопасности личности и вплотную подводит к выводу о том, что чувство безопасности и самосохранения – внутренняя потребность человека, она заложена в нас природой [11].

Главные представители немецкой классической философии (XVIII в.) – И. Кант, Г. Гегель, И. Фихте связывают решение проблемы безопасности личности и общества с государством путем проецирования содержания понятия с национального на мировой уровень.

И. Кант в своих трудах уделял большое внимание вопросам этических норм и правил, которые придают моральный смысл всей совместной деятельности членов общества, в т. ч. и в области глобальной безопасности. Он писал: «Государство должно существовать для обеспечения безопасности и справедливости, а не для исполнения любых прихотей людей, притом, что подлинная безопасность и справедливость не могут быть осуществлены где-либо, если они не реализованы везде, и поэтому высшей целью любого справедливого государства должна быть глобальная безопасность и глобальная справедливость» [14].

Интересна позиция Г. Гегеля, который в своих работах «Политические произведения» и «Философия права» обосновал философские основы безопасности индивида, государства и имущества. Значимым является определение Г. Гегелем такого положения, как «угроза общественной безопасности», согласно которому у человека «привычка к безопасности стала его второй натурой» благодаря государству. В «Политических произведениях» он акцентирует внимание на следующем принципиальном положении: «Безопасность отдельного человека гарантирует целое» [15, с. 241], т. е. фактически речь идет об интегральной безопасности.

Философ отводит именно государству важнейшую функцию обеспечения безопасности индивида, общества и самого себя. Без этой важнейшей обязанности государству грозит деградация всех общественных отношений в совокупности, а также деструкция социального порядка. Снятие духовно-нравственных, правовых и культурных ограничений способствует проявлению эгоизма, низких инстинктов, насилия. Именно это обстоятельство, утверждает немецкий философ, выступает первопричиной всего спектра опасностей и угроз для существования личности, социальных групп, государств, цивилизаций и человека в целом [15].

Начиная со второй половины XIX в. личная, общественная и государственная безопасность признаются взаимосвязанными и взаимозависимыми понятиями. Основная идея такова, что если какая-либо объективная или субъективная причина представляет угрозу государственной безопасности, то она представляет угрозу и частному лицу как гражданину конкретного государства. С другой стороны, можно оспорить утверждение, что угроза частной безопасности является угрозой и государственной безопасности (в широком смысле). Но попустительство, недооценка важности безопасности частного лица (гражданина) может послужить благодатной почвой для ослабления государственной безопасности.

Понятие «безопасность» будет освещено неполно без рассмотрения отдельных ее составляющих, в частности географических и культурных аспектов.

**Особенность философского обоснования понятия безопасности в России.** Значительный интерес представляет трансформация понятий «опасность» и «безопасность» на восточнославянских землях. До XI в. представления о возможной опасности были очень узки, не обобщены, они касались только конкретных внешних ситуаций. В период феодализма опасным считалось то, что при известных условиях можно было не сохранить: лишиться человеку (например, имущества), городу (строений, сгоревших на пожаре), княжеству (территориальной целостности вследствие междоусобицы). Жители Древнерусского государства видели источник опасности прежде всего во внутренней среде, в самом предмете, а не во внешних влияниях.

Примерно с XIII в. в восточнославянских летописях встречается слово «опаси», то есть спасти, обезопасить, но не сохранить, что говорит о понимании опасности как о проходящей возможности, но не постоянной. И только с XV в. распространяется лексема «опасатися», то есть бояться, страшиться, однако XV в. – это уже другие исторические условия [16].

Русское слово «опасность» происходит от слова «пасти». В древнерусском языке «пасти» употреблялось не только в значении пасти скот, питать, а также стеречь, руководить, управлять. И далее дифференцировалось: питать – хранить, беречь, стеречь – а) пасти, б) руководить, в) (с приставкой о-) опасаться, бояться [16].

Этимология слов «опасность», «опасный» в буквальном значении – требующий защиты, осторожности. Иначе говоря, опасным было то, что при известных условиях можно

было не сохранить, лишиться как человеку, так и обществу, и государству. Опасный, значит – неосторожный, незащищенный, неискусный. С этих позиций безопасный есть осторожный, защищенный.

Таким образом, начиная с XIII в. происходит изменение смысла, вкладываемого в первоначальное понятие «опасность». Это связано с рядом факторов, наиболее существенными из которых являлись феодальная раздробленность восточнославянских земель, постоянное давление агрессивных западных и восточных соседей (немцев, шведов, монголо-татар). Опасность уже воспринималась не как проходящая, временная угроза, а как вероятность глобальных, длительных нарушений жизнедеятельности. В это время походы русских князей можно оценивать не только как промысловые, но и как эффективные предприятия, имеющие важнейшую функцию – обеспечение безопасности страны в ее пограничном пространстве.

Выражение идей, смысловых значений обозначения обеспечения пограничной безопасности в лексическом значении начинает встречаться с XVI в. Появление в русском языке слова «безопасность» связывается с осознанием опасности как долговременного и масштабного явления. Расширяется и предметная область данного понятия. Авторские произведения этого периода полны идеями оборонительно-пограничной направленности, в содержании которых встречается необходимость «стеречи», «блности», «обороняти», т. е. обеспечить безопасность государству. В письменных источниках XVII в. термин безопасность применяется не только к частному лицу, но и к обществу, и к государству [17].

В Новое время особенный интерес представляет собой философское и социологическое осмысление проблем безопасности в трудах русских мыслителей XIX – начала XX в.: славянофилов И. Киреевского, А. Хомякова, К. Аксакова; западников П. Чаадаева, В. Белинского, А. Герцена; материалистов М. Бакунина, Н. Чернышевского, Д. Писарева; позитивистов П. Лаврова, Н. Михайловского, Н. Кареева, К. Кавелина, М. Троицкого, Н. Коркунова и других.

Проблемы безопасности в контексте идей духовности (религиозности) рассматривали многие представители славянофильства, которые видели сущностную первичность в национальной русской культуре и общих гуманистических ценностях. Западники же, напротив, были убеждены, что Россия должна учиться построению безопасного социума у Запада.

Главной идеей философского творчества русского мыслителя Н. Бердяева является идея «свободного человека»: безопасность жизнедеятельности индивидуума, его существования, развития и творчества всецело зависит от самой личности. Человек несет ответственность за творимые на Земле добро и зло, более того – именно он является источником зла, угроз и опасностей. От природы человеческих поступков зависит безопасное существование – индуктивно: личности, семьи, общества, государств и народов. В своем творчестве философ задумывается о судьбе человеческой цивилизации, угрозах и опасностях, которые ей грозят [18].

В книге «Судьба человека в современном мире. К пониманию нашей эпохи» Н. Бердяев раскрывает первоисточники общественного кризиса. Автор делает упор на том, что вместо органической культуры человечество начало создавать механическую цивилизацию, которая суть антирелигиозна и антиперсоналистична: вместо образа и подобия Божия человек становится образом и подобием бездушной машины, заложником механической цивилизации, противоположной всякой истинной культуре. Ученый исходит из духовной ценности человека, «потому что он – свободный дух, личность». И как личность человек имеет большую ценность, нежели общество, нация, государство. Следовательно, безопасность личности более значима, чем, например, безопасность государства. Отсюда вывод: право человека и даже его долг – защищать от общества и государства личную духовную свободу. «В жизни государства, нации и общества обнаруживается демоническая сила, которая стремится подчинить личность человека и превратить его в орудие своих собственных целей» [19].

Наиболее ярко проблемы безопасности нашли отражение в трудах таких представителей русского позитивизма, как Н. Михайловский, П. Лавров, М. Ковалевский, Н. Киреев и других, а также в работах представителей марксистской критической социологии Г. Плеханова, Н. Бухарина и В. Ленина.

Проблемы безопасного существования в обществе, социальные предпосылки развития кризиса жизни России и поиски путей его преодоления были подняты в творчестве



П. Лаврова. Теория социального прогресса, предложенная автором, содержит научный анализ духовной и идейной направленности социальных процессов. Этот анализ позволяет понять природу возникновения негативных явлений в обществе. В рамках своей теории П. Лавров обозначил основные характеристики личности нового типа. Такая личность – не просто высоконравственный человек, имеющий представление об общественном идеале, в основе коего – этические ценности, но и человек, который старается воплотить этот идеал в жизнь, борясь с отсталостью в обществе и с социальным злом во всех его формах. В контексте теории Лаврова можно сделать вывод: объективными признаками безопасного развития страны, с одной стороны, являются рост и укрепление солидарности в обществе, а с другой – упрочение нравственных основ личности [20].

Н. Михайловский, в свою очередь, считал, что безопасное общество должны составлять такие индивидуумы, которые способны к взаимоуважению, взаимопониманию и общим усилиям во имя достижения счастья.

Философские взгляды на проблемы безопасности, противоположные позитивистам-западникам, оформлялись в трудах представителей неокантианского направления русской социологии: Б. Кистяковского, П. Новгородцева, Л. Петражицкого, А. Лаппо-Данилевского, В. Хвостова и ряда других мыслителей. Резонно выделить основные тематические блоки теоретического осмысления проблем безопасности в трудах этих представителей русской социально-философской мысли: содержание общественного идеала, взаимоотношения между правом и нравственностью, понятие нравственной личности, понятие безопасности личности и государства в нормативно-правовом контексте [20].

Выдающийся русско-американский социолог П. Сорокин в своих научных трудах также оставил размышления о проблемах безопасности человека, общества и цивилизации. Он предполагал, что преодоления межличностного насилия, искоренения жестокости на войне можно достигнуть в результате социальной солидарности, а с помощью медиации реально предупредить опасность кровавых межнациональных отношений. Он подчеркивал, что уберечь человечество от войн и преступлений необходимо с помощью гуманистического образования, которое должно не просто содержать абстрактные знания об окружающей действительности, а призывать «к работе во имя развития человеческой личности в других (людях), во имя умственного, нравственного и общественного прогресса всех, ибо это единственный путь, ведущий к осуществлению идеала человечности» [21, с. 217].

То, что безопасность можно проще и надежнее обеспечить, предотвратив опасность, народ знает с древнейших времен. Эта мудрость неоднократно отражалась в фольклорных произведениях. Например, многим известны поговорки и изречения: «худой мир лучше доброй ссоры», «предотвращенная схватка – выигранная схватка», «умный всегда найдет выход из трудной ситуации, мудрый в нее не попадет» и т. д. [22]. А крылатая фраза «нападение – лучшая форма защиты», которую приписывают А. Македонскому, имеет следующую смысловую нагрузку: при угрозе иногда легче исключить источник опасности, чем строить систему защиты.

**Особенности современного «проблемного поля» безопасности.** Начало XX в. в философии ознаменуется смещением вектора «катастрофического сознания» со страхов, обращенных вовне, на действия внешних сил по отношению к людям, к страхам, обращенным внутрь. Это страхи и человека в частности, и человечества в целом перед самим собой. Главным явлением угрозы теперь становятся уже не столько стихийные бедствия или обширные эпидемии, сколько деструктивное начало, сокрытое в самом человеке, в темных глубинах его личности.

Понятие экзистенциальной безопасности анализировалось в трудах представителей философии экзистенциализма – А. Камю, Ж.-П. Сартра, М. Хайдеггера, К. Ясперса. Актуализировались вопросы страха, свободы и ответственности, смысла жизни и отношения к смерти. В условиях постиндустриального общества появляются новые исследования, связанные с обществом риска и актуализацией проблемы доверия. В данном аспекте наибольшую ценность представляют работы Д. Белла, У. Бека, Н. Лумана, Э. Гидденса, П. Штомпки и других. Влияние на общество научно-технологического прогресса, превращающего его в общество риска, раскрыто в работах Э. Ласло, Э. Тоффлера, Ф. Фукуямы и других [11].

В 60–90-х гг. XX века сформировалась и приобрела множество последователей концепция «личностной безопасности», которая заключается в том, что объектом защиты должен быть, прежде всего, индивид и общество, а не только территория, институты, государ-

ственный суверенитет и мир в целом. Пакистанский экономист Махбуб уль-Хак (Mahbub ul Haq) в 1994 г. выступил с новаторским докладом в рамках Программы развития ООН и первым привлек внимание к данному аспекту [23]. В центре внимания – человек с его проблемами. При этом в качестве главных источников опасности выступают внутренние угрозы, такие как суицид, коррупция, болезни, эпидемии, торговля наркотиками, дорожно-транспортные происшествия, состояние окружающей среды и т. п. В докладе подчеркивается, что безопасность государства достигается только через безопасность отдельных его граждан. Популярность концепции «личностной безопасности» объясняется стремлением осознать степень опасности глобальных конфликтов в мировом сообществе, таких как геноцид, политический экстремизм, терроризм, организованная преступность и др.

В XXI в. исследователи обнаружили слабые места в защите личности, общества и государства в целом в области компьютерной (информационной) безопасности. Например, известный эксперт по сетевой безопасности Б. Шнайер в январе 2014 г. высказал в журнале «Атлантик» следующую точку зрения: «Мало того, что повсеместное наблюдение неэффективно и чрезвычайно дорого... Оно позволяет взламывать наши системы, т. к. все интернет-протоколы становятся уязвимыми... Мы беспокоимся не только о последствиях тотальной слежки внутри страны, но и о последствиях для всего остального мира. Когда мы позволяем правительству следить за нами в интернете и прослушивать другие коммуникационные технологии, мы становимся менее защищенными от слежки враждебно настроенных лиц» [24]. Б. Шнайер также подвергает критике систему авиационной безопасности, в рамках его довода: «Многое из того, что в наших глазах призвано делать перелеты более безопасными, на самом деле оказывается либо бесполезным для этой цели, либо просто противоречит ей». Эксперт отметил, что деньги Министерства внутренней безопасности должны быть потрачены на нужды разведывательного управления и служб реагирования на чрезвычайные ситуации. «Защищаться от масштабной угрозы терроризма, как правило, лучше, чем сосредотачиваться на конкретных потенциальных террористических заговорах». «Security is a process, not a product (Безопасность – это процесс, а не результат)» – данная фраза Б. Шнайера подчеркивает, что ощущение безопасности и сама безопасность не всегда совпадают [24].

Таким образом, в современном деловом мире вопрос безопасности компьютерных систем приобретает огромное значение.

Однако существенное влияние на развитие современного понимания проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности оказывали и продолжают оказывать религиозные концепции, отдельные положения которых определяют отношение к ненасильственному взаимодействию человека, общества и природы.

Бесспорно, процесс безопасности перманентен. На место одних противоречий после их разрешения приходят другие, носящие принципиально новую форму и содержание. Поэтому возникает потребность в непрерывном прогнозировании, постоянном мониторинге новых опасностей и угроз, что само по себе невозможно без развитой системы обеспечения безопасности.

**Заключение.** Анализ философской, исторической и социологической литературы по исследуемой проблеме показывает огромный интерес мыслителей и философов к вопросам безопасности личности, общества и государства. Философские системы Древней Греции, Востока, Западной Европы и России при всей своей индивидуальности и оригинальности философских построений теории безопасности личности, общества и государства имеют общие подходы, а именно: безопасность жизнедеятельности основывается на гуманистических, нравственных и моральных качествах личности и общества, отождествляется с благополучием, добродетелью, справедливостью.

Безопасность личности с течением времени стимулировалась развитием и накоплением научно-прикладных и технических знаний. Особенности научно-практических задач, которые стояли перед обществом в определенный период времени, предстояло решать на практике при обеспечении безопасности. Так, с древнейших времен и до наших дней прослеживается закономерность: «открытие – новое знание – безопасность».

Безопасность – понятие динамическое, гибкое, не постоянное, способное к саморазвитию и самореализации. Трансформация субъекта, самой личности является причиной эволюции понятия «безопасность». Оно, безусловно, комплексное, интегративное, отражающее жизненно важные интересы развития личности, общества, государства.

Представители различных направлений рассматривают безопасность личности как главную составляющую бытия, существования и жизнедеятельности человека. С момента возникновения гуманитарные науки поставили важной темой своих исследований проблему человека, его жизни, деятельности, безопасности. Существующие в науке философские, социологические, социально-психологические, кибернетические и другие подходы позволяют раскрыть феномен понятия безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Платон. Собрание сочинений: в 4 т. / Платон. – М.: Мысль, 1994. – Т. 3: Государство. – 628 с.
2. Платон. Диалоги: пер. с древнегреч. / Платон. – Харьков: Фолио, 1999. – 157 с.
3. Аристотель. Сочинения: в 4 т. / Аристотель. – М.: Мысль, 1984. – Т. 4: Политика. – 580 с.
4. Маковельский, А.О. Древнегреческие атомисты / А.О. Маковельский; АН Азербайджанской ССР, Ин-т философии. – Баку: Изд-во АН Азербайджанской ССР, 1946. – 401 с.
5. Хрестоматия по истории Древнего мира: в 3 т. / Под ред. акад. В.В. Струве. – М.: Учпедгиз, 1953. – Т. 3: Рим. – 275 с.
6. Философия: учеб. для вузов / В.Н. Лавриненко, В.П. Ратников, В.Ю. Дорошенко [и др.]; под ред. В.Н. Лавриненко, В.П. Ратникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 677 с.
7. Кравченко, А.И. Культурология: учеб. пособие для вузов / А.И. Кравченко. – 3-е изд. – М.: Академический Проект, 2002. – 496 с.
8. Конфуций. Великие изречения / Конфуций. – Минск: Харвест, 2012. – 224 с.
9. Бэкон, Ф. Новый Органон / Ф. Бэкон. – Л.: ОГИЗ – СОЦЭКГИЗ, 1935. – 384 с.
10. Гоббс, Т. Сочинения: в 2 т. / Т. Гоббс. – М.: Иностранная литература, 1991. – 263 с.
11. Жбанков, А.Б. Понятие безопасности в социально-философской мысли / А.Б. Жбанков // Омский научный вестник. – 2009. – № 2 (76). – С. 131–134.
12. История политических и правовых учений: учебник / Под общ. ред. О.В. Мартышина, Н.М. Азаркина, В.Н. Жукова, Ю.С. Завьялова [и др.]. – М.: Норма, 2010. – 912 с.
13. Руссо, Ж.Ж. Об Общественном договоре. – Трактаты / Ж.Ж. Руссо. – М.: Терра – Книжный клуб, 2000. – 159 с.
14. Московченко, А.Д. Этика, безопасность и проблемы подготовки специалистов через призму автотрофных представлений о мире / А.Д. Московченко // Вестник науки Сибири. – 2015. – № 1 (16). – С. 21–28.
15. Гегель, Г. Политические произведения / Г. Гегель. – М.: Наука, 1978. – 439 с.
16. Черных, П.Я. Историко-этимологический словарь русского языка / П.Я. Черных. – М.: Русский язык, 1993. – 624 с.
17. Четвертков, Р.В. Развитие представлений о безопасности России (IX–XVII в.в.) [Электронный ресурс] / Р.В. Четвертков // Молодые голоса. – Режим доступа: [http://www.ihst.ru/~biosphere/Mag\\_1/Save.htm](http://www.ihst.ru/~biosphere/Mag_1/Save.htm). – Дата доступа: 03.04.2018.
18. Бердяев, Н.А. Судьбы России. Опыты по психологии войны и национальности / Н.А. Бердяев. – М.: Просвещение, 1918. – 219 с.
19. Бердяев, Н.А. Судьба человека в современном мире. К пониманию нашей эпохи / Н.А. Бердяев. – Париж: YMCA-Press, 1934. – 480 с.
20. Соломатина, Е.Н. Концепция безопасности в русской социологии XIX–XX вв. (обзор) / Е.Н. Соломатина // Пространство и время. – 2012. – № 1 (7). – С. 74–81.
21. Сорокин, П.А. Человек. Цивилизация. Общество / П.А. Сорокин; общ. ред., сост. и предисл. А.Ю. Союмонов; пер. с англ. С.А. Сидоренко. – М.: Политиздат, 1992. – 543 с.
22. Даль, В.И. Сборник пословиц, поговорок, речений, чистоговорок, прибауток, загадок, поверий и прочего: в 3 т. / В.И. Даль. – СПб.: ТОО «Диамант», 1996. – Т. 3: Пословицы русского народа. – 480 с.
23. Васильченко, О.К. Концепция личностной безопасности в социальной философии // Молодой ученый. – 2016. – № 10. – С. 1412–1415.
24. Гринвальд, Г. Негде спрятаться. Эдвард Сноуден и зоркий глаз Дядюшки Сэма / Г. Гринвальд. – СПб.: Питер, 2015. – 320 с.

## ON CONCEPTUAL HISTORY OF SAFETY

**Alexey Bogdanovich**, PhD in Historical Sciences, Associate Professor

**Lyubov Luts**, PhD in Filological Sciences, Associate Professor

**Vitaly Novitsky**

**Vsevolod Sergeev**, PhD in Historical Sciences, Associate Professor

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The article is devoted to the analysis of the historical stages of the conceptual understanding of the phenomenon of safety.

*Methods.* A systematic approach, conceptual analysis, comparative typological, historical and genetic methods were used.

*Findings.* The ontological aspects of the phenomenon are considered, in particular, its temporal, subjective dimensions, the ratio of potential and real in the essential content of security. The particularities of the concept in antiquity, the Middle Ages, new and modern times in Western philosophical thought are revealed. Special attention is paid to the thematisation of safety problems at each of these stages.

*Application field of research.* The obtained results will be used in a systematic study of the phenomenon of life safety culture.

*Conclusions.* Throughout history, the problematization of the phenomenon has correlated with the innovative activity of society (the triad: discovery - new knowledge - safety). Safety is a dynamic and open concept. As the final result, the source of the conceptual evolution of the term was the transformation of the subject himself, thinking of safety.

*Keywords:* safety, safety philosophy, safety ontology, life safety culture, hazards, risks, threats.

(The date of submitting: October 19, 2018)

### REFERENCES

1. Platon. *Sobranie sochineniy: in 4 vol. Vol. 3: Gosudarstvo*. [Collected Works: in 4 vol. Vol. 3: State]. Moscow: Mysl', 1994. 628 p. (rus)
2. Platon. *Dialogi* [Dialogues]: translated from ancient Greek. Kharkov: «Folio», 1999. 157 p. (rus)
3. Aristotel'. *Sochineniya: in 4 vol. Vol. 4. Politika* [Writings: in 4 vol. Vol. 4. Politics]. Moscow: Mysl', 1984. 580 p. (rus)
4. Makovel'skiy A.O. *Drevnegrecheskie atomisty* [Ancient greek atomists]. Academy of Sciences of the Azerbaijan Soviet Socialist Republic, Institute of Philosophy. Baku: AS Azerbaijan SSR, 1946. 401 p. (rus)
5. *Hrestomatija po istorii Drevnego mira: in 3 vol. Vol. 3: Rome* [Readings on the history of the Ancient World: in 3 vol. Vol. 3: Rome]. Ed. by V.V. Struve. Moscow: Uchpedgiz, 1953. 275 p. (rus)
6. *Filosofija* [Philosophy]: textbook. Ed. by V.N. Lavrinenko, V.P. Ratnikov. Moscow: YuNITI, 2001. 677 p. (rus)
7. Kravchenko A.I. *Kul'turologija* [Culturology]: textbook. Moscow: Akademicheskij Proekt, 2002. 496 p. (rus)
8. Konfutsiy. *Velikie izrechenija* [Great sayings]. Minsk: Kharvest, 2012. 224 p. (rus)
9. Bekon F. *Novyj Organon* [New Organon]. Leningrad: OGIZ – SOTsEKGIZ, 1935. 384 p. (rus)
10. Gobbs T. *Sochinenija: in 2 vol.* [Works: in 2 vol.]. Moscow: Inostrannaya literatura, 1991. 263 p. (rus)
11. Zhbakov A.B. Ponyatie bezopasnosti v sotsial'no-filosofskoy mysli [The concept of safety in social and philosophical thought]. *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2009. No. 2 (76). Pp. 131–134. (rus)
12. *Istorija politicheskikh i pravovykh uchenij* [History of political and legal studies]: textbook. Ed. by O.V. Martyshina et al. Moscow: Norma, 2010. 912 p. (rus)
13. Russo Zh.Zh. *Ob Obshhestvennom dogovore* [On the social contract]. Moscow: Terra, Knizhnyy klub, 2000. 159 p. (rus)
14. Moskovchenko A.D. Etika, bezopasnost' i problemy podgotovki spetsialistov cherez prizmu avtotrofnykh predstavleniy o mire [Ethics, safety and problems of training specialists through the lens of autotrophic ideas about the world]. *Vestnik nauki Sibiri*, 2015. No. 1 (16). Pp. 21–28. (rus)
15. Gegel' G. *Politicheskie proizvedenija* [Political writings]. Moscow: Nauka, 1978. 439 p. (rus)
16. Chernykh P.Ya. *Istoriko-etimologicheskij slovar' russkogo yazyka* [Historical and etymological dictionary of the Russian language]. Moscow: Russkiy yazyk, 1993. 624 p. (rus)

17. Chetvertkov R.V. *Razvitie predstavleniy o bezopasnosti Rossii (IX–XVII c.)* [The development of ideas about the safety of Russia (IX–XVII c.)]: Molodye golosa, available at: [http://www.ihst.ru/~biosphere/Mag\\_1/Save.htm](http://www.ihst.ru/~biosphere/Mag_1/Save.htm) (accessed: April 3, 2018). (rus)
18. Berdyaev N.A. *Sud'by Rossii. Opyty po psikhologii voyny i natsional'nosti* [The fate of Russia. Experiments on the psychology of war and nationality]. Moscow: Prosveshchenie, 1918. 219 p. (rus)
19. Berdyaev N.A. *Sud'ba cheloveka v sovremennom mire. K ponimaniyu nashey epokhi* [The fate of man in the modern world. To the understanding of our era]. Paris: YMCA-Press, 1934. 480 p. (rus)
20. Solomatina E.N. Kontsepsiya bezopasnosti v russkoy sotsiologii XIX–XX c. (reviews) [The concept of safety in Russian sociology of the nineteenth and twentieth century (reviews)]. *Prostranstvo i vremya*, 2012. No. 1 (7). Pp. 74–81. (rus)
21. Sorokin P.A. *Chelovek. Tsivilizatsiya. Obshchestvo* [Person. Civilization. Society]. Moscow: Politizdat, 1992. 543 p. (rus)
22. Dal' V.I. *Sbornik poslovits, pogovorok, recheniy, chistogovorok, pribautok, zagadok, poveriy i proche-go: in 3 vol. Vol. 3: Poslovitsy russkogo naroda* [Collection of proverbs, sayings, sayings, chistovogovok, jokes, riddles, beliefs and other things: in 3 vol. Vol. 3: Proverbs of the Russian people]. St. Petersburg: TOO «Diamant», 1996. 480 p. (rus)
23. Vasil'chenko O.K. Kontsepsiya lichnostnoy bezopasnosti v sotsial'noy filosofii [The concept of personal security in social philosophy]. *Molodoy uchenyy*, 2016. No. 10. Pp. 1412–1415. (rus)
24. Grinval'd G. *Negde s pryatatsya. Edvard Snouden i zorkiy glaz Dyadyushki Sema* [Nowhere to hide. Edward Snowden and Uncle Sam's keen eye]. St. Petersburg: Piter, 2015. 320 p. (rus)

УДК 81'243:614.8 (476)

## ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ КАК АКТУАЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ОРГАНОВ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Каньшина Н.А., Ковалева Т.Г., Ромашевич Т.М.

Проведен анализ основных принципов и аспектов профессиональной лингводидактики, на которых базируется система языковой подготовки в Университете гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, определены коммуникативные ситуации, необходимые для профессиональной деятельности работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, описана экспериментальная модель обучения элементам профессиональной англоязычной коммуникации работников диспетчерских служб.

*Ключевые слова:* профессионально ориентированное обучение, профессиональная лингводидактика, модель обучения, принципы лингводидактики, коммуникативная ситуация.

(Поступила в редакцию 19 октября 2018 г.)

**Введение.** Условия современной жизни предъявляют постоянно возрастающие требования к высшему образованию, в том числе языковому. С одной стороны, специалисту требуется глубокое проникновение в суть конкретных профессиональных проблем и выработка определенных умений и навыков, необходимых для решения частных производственных задач. С другой – необходим широкий кругозор и четкое понимание целей, задач и перспектив своей деятельности.

Иностранный язык как компонент высшего образования предусматривает развитие не только базовых коммуникативных компетенций, необходимых для повседневного общения, но и развития специальных умений и навыков, которые требуются в профессиональной деятельности.

Таким образом, для высшей школы характерна узкая специализация языкового образования, успешная реализация которой предполагает решение новых вопросов лингвистики и методики обучения иностранным языкам.

**Состояние проблемы.** Многие аспекты профессионально ориентированного обучения иностранным языкам исследуются в рамках профессиональной лингводидактики, которая возникла на фундаменте двух значимых зарубежных школ, получивших свое развитие во второй половине XX века. Это западноевропейская школа (Т. Hutchinson, А. Walters), развивавшая идею английского языка для специальных целей «English for specific purposes» (ESP), и американская школа (D. Brinton, D. Coyle, Ph. Hood, D. Marsh) с концепцией интегрированного обучения содержанию предмета и иностранному языку «Content and language integrated learning» (CLIL) [1–3].

Теоретические исследования в данной области и выработка практических методических рекомендаций и подходов касались, прежде всего, английского языка, что объясняется его глобальным распространением, активизацией процессов миграции населения, территориальным перемещением специалистов с необходимостью межкультурного общения при выполнении трудовой деятельности.

Однако определенные результаты в теоретической и практической области обучения языку как инструменту профессиональной деятельности имеются относительно и других востребованных европейских языков, в частности, немецкого и французского. Так, разрабатываются обучающие курсы «Deutsch für soziale Berufe» («Немецкий язык для социальных профессий»), «Deutsch für Wissenschaft und Technik» («Немецкий язык для науки и техники»), «Deutsch im Büro» («Немецкий язык для офиса»), «Deutsch im Handwerk» («Немецкий язык для ремесленного производства»), «Le Français pour la profession» («Французский язык для профессии») [4, 5]. Обучение специальному иностранному языку строится на подходах и принципах профессиональной лингводидактики, которая является довольно молодой наукой, разрабатываемой русскоязычными школами и впитавшей в себя основные идеи ESP и CLIL.

В конце прошлого столетия и в начале нынешнего ученые и методисты (Т.Н. Астафурова, А.Я. Багрова, Н.Г. Валеева, А.Я. Гайсина, Н.Д. Гальскова, Н.М. Громова, Е.И. Калмыкова, А.И. Комарова, М.В. Озерова, С.К. Фоломкина и мн. др.) исследовали, в

основном, лексические, грамматические, переводческие вопросы обучения языку специальности [6–15]. С течением времени все большее внимание уделялось вопросам методики обучения коммуникации на языке специальности, поскольку оказалось, что очень многие традиционные лингвометодические подходы и принципы требуют пересмотра и развития. Выделился термин «профессиональная лингводидактика», относящийся к отрасли лингводидактики, изучающей теоретические и методологические проблемы профессионально ориентированного обучения [16, с. 30].

Профессиональная лингводидактика предлагает 12 основополагающих и 17 вспомогательных принципов, которые необходимо учитывать при построении системы профессионального языкового образования. Среди этих 29 принципов, наиболее важными, на наш взгляд, являются следующие: принцип учета социально-профессиональной среды, принцип интегративности, принцип мотивированности, принцип моделирования квазипрофессиональной деятельности, принцип вариативности содержания и технологий обучения, принцип модульности, принцип аутентичности учебных материалов, принцип кросскультурности [16, с. 3–4].

**Основная часть.** Система языкового образования работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям разработана в Университете гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (УГЗ) с учетом зарубежного и отечественного опыта обучения иностранному языку для профессиональных целей. В ее основу заложены 8 релевантных принципов профессиональной лингводидактики, каждый из которых получил свое конкретное наполнение.

В основе разработанных в УГЗ стандартов подготовки и оценки уровня владения английским языком заложены коммуникативные потребности работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, которым по роду своей профессиональной деятельности в той или иной мере необходим иностранный, в первую очередь, английский язык, причем для разных категорий работников требуется разный уровень развития коммуникативных навыков и разные лингвистические компетенции. В соответствии с принципом учета профессионально-социальной среды проводилось изучение коммуникативных потребностей курсантов, работников диспетчерских служб, работников Республиканского центра управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь (РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь), постоянного состава. С учетом результатов опроса сформированы учебные программы, принципиально различные по целям, задачам и содержанию.

Положительные результаты обучения были достигнуты благодаря реализации принципов мотивированности и интегративности. Оптимальная комбинация собственно лингвистических целей обучения, таких, как обучение произношению, чтению, восприятию на слух с задачами производственной деятельности, например, прием телефонного сообщения, представление своей организации, выступление с докладом на конференции или участие в языковом проекте, обеспечивает высокую мотивацию обучающихся и, как следствие, хорошие результаты обучения.

Особое внимание уделено воплощению принципа моделирования квазипрофессиональных ситуаций. Пожалуй, это самый сложный элемент системы обучения, т. к. до настоящего времени не существовало ясно представленного конечного списка таких коммуникативных ситуаций для категории работников МЧС. В результате исследования было выявлено 14 коммуникативных ситуаций для работников диспетчерских служб, 15 коммуникативных ситуаций для работников РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь, 18 моделей для обучающихся на первой ступени высшего образования, 20 – на второй ступени. Этот перечень далеко не полный, и исследования в данном направлении продолжаются.

На сегодняшний день существенно увеличивается потребность практического использования английского языка работниками органов и подразделений МЧС, поскольку возрастает количество крупномасштабных мероприятий мировой значимости, проводимых в Республике Беларусь. Проведение международных мероприятий с массовым участием людей, таких, например, как Чемпионат мира по хоккею в 2014 г., детское «Евровидение-2018», II Европейские игры 2019 г. и многие другие, требует тщательной лингвистической подготовки и разработки дополнительных материалов для целенаправленного повышения языкового уровня работников, обеспечивающих безопасность. Так, для взаимодействия с гостями и участниками разработаны русско-английские и англо-русские разговорники, включающие лексические единицы из социально-культурной и профессиональной сферы



общения. Все работники диспетчерских служб проходят обучение элементам профессиональной англоязычной коммуникации по специально разработанным программам с учетом реальных ситуаций общения, которые могут возникнуть при проведении массовых мероприятий. Таким образом, список квазипрофессиональных ситуаций постоянно расширяется, дополняется и актуализируется с учетом потребностей современного общества.

В соответствии с принципом вариативности содержания и технологий обучения и принципом модульности разработаны программы дистанционного и комбинированного обучения для работников диспетчерских служб и РЦУРЧС МЧС Республики Беларусь. Данные формы обеспечивают доступность, последовательность, автономию обучающегося, сочетание групповых и индивидуальных форм, систематичность, прочность, наглядность и активность без непосредственного контакта с преподавателем. Особенно важным аспектом подготовки работников указанных категорий является автономия обучения, которая реализуется в свободном и удобном для обучающегося графике работы, возможности самоконтроля уровня учебных достижений и комбинации модулей. Система дистанционного обучения позволяет одновременно вовлечь в образовательный процесс всех работников, обеспечить доступ к учебным материалам, выполнение определенного количества тренировочных упражнений и организовать контроль результатов учебной деятельности. Курсы включают в себя несколько тематических модулей, направленных на формирование лексических, грамматических навыков, а также умений восприятия профессионально значимой речи на слух. Особое внимание уделяется развитию навыков устной диалогической речи в условиях телефонной коммуникации. Принцип обучения базируется на технологии метода «case-study» («метод кейсов») [17].

Для работников диспетчерских служб разработана модель обучения элементам профессиональной коммуникации на английском языке, содержание которой определено соответствующими службами МЧС на основании практического опыта. Данная модель включает четыре лингвистических модуля: «Пожары и их риски», «Бытовые риски», «Природные риски», «Опасности большого города», содержащие 14 коммуникативных ситуаций.

Каждый модуль состоит из нескольких структурированных разделов:

- теоретический (основы практической грамматики английского языка, необходимой в рамках узконаправленной специализированной коммуникации);
- практический (учебный материал для отработки основных коммуникативных навыков);
- контроля учебных достижений.

Практический раздел включает тематическую лексику, сопровождающуюся аудиовизуальным рядом и интерактивными упражнениями для ее отработки в речи; базовый диалог или текст-модель с заданиями и мультимедийной поддержкой.

В качестве аутентичных материалов при разработке обучающего курса для диспетчеров были привлечены аудиозаписи и видеоролики телефонных переговоров зарубежных и отечественных служб спасения. Следует отметить, что анализ этих записей выявил лингвистические и межкультурные сходства и различия в телефонном общении данных служб в разных странах. Коммуникации операторов служб спасения свойственно ограниченное использование специальной терминологии, определенный набор грамматических конструкций, интонационные модели вопроса, команды и утверждения. Приведем несколько примеров. В нашей стране оператор службы спасения, принимая звонок, должен сказать: «Дежурная служба МЧС. Чем Вам помочь?». В США разговор начинается с фразы: «911. Where is your emergency?» («911. Где произошла чрезвычайная ситуация?»). Речь операторов изобилует вопросами, дублирующими реплику или часть реплики собеседника. Например, звонящий сообщает: «I'm near the commercial centre» («Я возле торгового центра»). Ответная реплика (вопрос-дубль) оператора: «You are at the commercial centre?» («Вы возле торгового центра?»). Такой вопрос-дубль произносится с интонацией утвердительно-высказывания с легким подъемом тона. Организуя разговор подобным образом, оператор добивается максимально точного выяснения ситуации путем повторения отдельных слов или высказываний собеседника. Как зарубежные, так и отечественные операторы обязательно включают в разговор реплики, успокаивающие и ободряющие пострадавшего, например: «Don't panic. Fire service is on its way» («Сохраняйте спокойствие. Пожарные уже выехали»). Знание межкультурных различий имеет большое значение в работе оператора и может спасти человеку жизнь. Например, если на вопрос «What floor?» («Какой этаж?») иностранец ответит: «Second» («Второй»), это может означать, что он находится не

на втором, а на третьем (отсчет этажей во многих странах начинается со второго, поскольку первый этаж не является жилым и не входит в нумерацию). Что касается грамматических форм, следует отметить в речи англоязычных операторов преобладание форм настоящего продолженного времени (Present continuous) и настоящего совершенного (Present perfect), что объясняется привязкой разговора к координатам «я – здесь – сейчас». Все эти нюансы были учтены при разработке курса, соблюдающего принцип кросскультурности обучения. Однако на сегодняшний день существует проблема доступа к аутентичным профессиональным материалам, и возможности их использования при разработке пособий ограничены.

Логическим завершением определенного модуля является комплексный текущий контроль навыков устной речи и умений восприятия иноязычной речи на слух в очной форме. Для устного собеседования моделируется проблемная ситуация, предполагающая выполнение обучающимся определенных коммуникативных актов.

Диагностика и мониторинг результативности обучения реализуются в различных формах. С одной стороны, проводятся регулярные устные интервью с обучающимися с привлечением анкетирования для выявления проблемных вопросов в системе обучения и оценки уровня удовлетворенности полученными знаниями. С другой – заказчик в лице Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь осуществляет дополнительный контроль профессиональных коммуникативных навыков посредством регулярных телефонных звонков на английском языке. Таким образом, интеграция дистанционной и очной форм обучения, на наш взгляд, является наиболее перспективной и востребованной на сегодняшний день, поскольку позволяет избежать некоторых недостатков сетевой формы обучения иностранному языку (деперсонализация обучающегося, отсутствие условий для развития коммуникативных навыков, формальность контроля и др.).

**Заключение.** В ходе разработки и реализации моделей и форм в рамках концепции профессионально ориентированного обучения иностранному языку специалистов органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь был выявлен ряд проблемных лингвометодических и организационных вопросов, которые предстоит решить в ближайшее время:

1. Разработать ведомственный стандарт, регламентирующий требования к уровню владения иностранным языком различных категорий работников.

2. Определить максимально полный список коммуникативных ситуаций и разработать узкоспециализированные курсы для каждой категории работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям.

3. Выстроить непрерывную модель лингвистического образования с подбором соответствующих форм и методов обучения с целью закрепления и углубления приобретенных языковых навыков и умений в соответствии с изменяющимися современными требованиями к профессиональной коммуникации.

4. Создать современные учебные пособия и узкопрофессиональные словари терминов, разговорники (в том числе электронные), лингвистические тренажеры на основе аутентичных письменных и аудиовизуальных материалов с учетом специфики каждого курса.

5. Объединить усилия не только специалистов в области англоязычной профессиональной коммуникации, но и методистов, психологов, редакторов, дизайнеров, программистов, поскольку организация качественного лингвистического образования является трудоемким и сложным процессом; при этом создание современных учебных материалов требует и графического оформления, и редакторской правки, и постоянной технической поддержки, обновления, а также учета психологических особенностей обучающихся.

5. Создать языковой профессионально ориентированный портал, целью которого станет интеграция всех лингвистических интерактивных сервисов.

6. Обеспечить непрерывную подготовку профессорско-преподавательского состава на курсах повышения квалификации, стажировках, семинарах и практических конференциях с целью обмена опытом и внедрения передовых технологий в образовательный процесс Университета.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Hutchinson, T. English for specific purposes / T. Hutchinson, A. Walters. – Cambridge University Press, 1978. – 181 p.

2. Brinton, D.M. Content-based language instruction / D.M. Brinton, M.A. Show, M.B. Welshe. – New-York: Newberry House, 1990. – 98 p.
3. Coyle, D. Content Language Integrated Learning / D.Coyle, D. Hood, Ph. Marsh. – CUP, 2010. – 426 p.
4. Deutsch am Arbeitsplatz [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.goethe.de/de/spr/ueb/daa.html>. – Дата доступа: 18.10.2018.
5. Le Français pour la profession [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geudensherman.wordpress.com/fran/profession/>. – Дата доступа: 18.10.2018.
6. Астафурова, Т.Н. Интерактивная компетенция в профессионально значимых ситуациях межкультурного общения / Т.Н. Астафурова // Актуальные проблемы преподавания перевода и иностранных языков в лингвистическом вузе: сб. науч. тр. / Моск. гос. лингв. ун-т. – М., 1999. – Вып. 423. – С.93–101.
7. Багрова, А.Я. Обучение чтению и профессиональная коммуникация как цель подготовки по иностранному языку специалистов неязыкового вуза / А.Я. Багрова // Профессиональная коммуникация как цель обучения иностранному языку в неязыковом вузе: сб. науч. тр. / Моск. гос. лингв. ун-т. – М., 2000. – Вып. 454. – С. 32–37.
8. Валеева, Н.Г. Обучение языку специальности на основе коммуникативно-функциональной методики / Н.Г. Валеева // Традиционные и новые концепции, методы и приемы обучения иностранным языкам: докл. межвузовской науч.-метод. конф. – М.: МГИМО, 2000. – С. 110–111.
9. Гайсина, А.Я. Обучение профессиональному общению на основе текста: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / А.Я. Гайсина. – М., 1997. – 259 л.
10. Гальскова, Н.Д. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика / Н.Д. Гальскова, Н.И. Гез. – М.: Академия, 2004. – 334 с.
11. Громова, Н.М. Тематический аспект содержания обучения будущих специалистов иностранному языку / Н.М. Громова // Профессиональная коммуникация как цель обучения иностранному языку в неязыковом вузе: сб. науч. тр. / Моск. гос. лингв. ун-т. – М., 2000. – Вып. 454. – С. 53–60.
12. Калмыкова, Е.И. Формирование коммуникативной компетенции в целях устного профессионального общения / Е.И. Калмыкова // Профессиональная коммуникация как цель обучения иностранному языку в неязыковом вузе: сб. науч. тр. / Моск. гос. лингв. ун-т – М., 2000. – Вып. 454. – С. 44–53.
13. Комарова, А.И. Язык для специальных целей (LSP): теория и метод / А.И. Комарова. – М.: МАЛП, 1996. – 193 с.
14. Озерова, М.В. Содержание профессионально направленного обучения иностранному языку в неязыковом вузе и его организация в учебнике: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / М.В. Озерова. – М., 1999. – 226 л.
15. Фоломкина, С.К. Обучение чтению на иностранном языке в неязыковом вузе / С.К. Фоломкина. – М.: Высшая школа, 1987. – 208 с.
16. Крупченко, А.К. Основы профессиональной лингводидактики: монография / А.К. Крупченко, А.Н. Кузнецов. – М.: АПКИППРО, 2015. – 232 с.
17. Teaching Materials Using Case Studies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.materials.ac.uk/guides/casestudies.asp>. – Дата доступа: 18.10.2018.

**PROFESSIONALLY ORIENTED FOREIGN LANGUAGE LEARNING  
AS AN ACTUAL DIRECTION IN TRAINING SPECIALISTS OF UNITS  
AND SUBUNITSON EMERGENCY SITUATIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

**Natallia Kanshyna**, PhD in Philology

**Tatsiana Kovaleva**, PhD in Philology, Associate Professor

**Tatsiana Ramashevich**

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The objective of the research is the development of a special language training system at the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus.

*Methods.* Survey and analysis of basic principles and aspects of professional linguodidactics.

*Findings.* Communicative situations relevant for the professional activities of employees of bodies and departments for emergency situations have been identified, the experimental model of teaching elements of professional English language communication for emergency operators has been developed.

*Application field of research.* Theoretical and practical findings can be used to develop teaching materials, programs and practical courses for specific language learning.

*Conclusions.* The development and implementation of models and forms of language training draws attention to the difficulties of solving linguistic, methodological, professional, and organizational problems in the field of continuing professionally oriented language education for specialists of units and subunits on emergency situations of the Republic of Belarus.

*Keywords:* professionally oriented learning, professional linguodidactics, learning model, principles of linguodidactics, communicative situation.

(The date of submitting: October 19, 2018)

**REFERENCES**

1. Hutchinson T., Walters A. *English for specific purposes*. Cambridge University Press, 1978. 181 p.
2. Brinton D.M., Brinton D.M. Show M.A., Welshe M.B. *Content-based language instruction*. New-York: Newberry House, 1990. 98 p.
3. Coyle D., Hood Ph., Marsh D. *Content Language Integrated Learning*. CUP, 2010. 426 p.
4. *Deutsch am Arbeitsplatz*, available at: <https://www.goethe.de/de/spr/ueb/daa.html> (accessed: October 18, 2018). (deu)
5. *Le Français pour la profession*, available at: <https://geudensherman.wordpress.com/fran/profession/> (accessed: October 18, 2018). (fra)
6. Astafurova T.N. Interaktivnaya kompetentsiya v professional'no-znachimyykh situatsiyakh mezhkul'turnogo obshcheniya [Interactive competence in professionally relevant situations of cross cultural communications]. *Aktual'nye problemy prepodavaniya perevoda i inostrannykh yazykov v lingvisticheskom vuze*. Scientific works collection of the Moscow State Linguistic University. Moscow, 1999. Iss. 42. Pp. 93–101. (rus)
7. Bagrova A.Ya. Obuchenie chteniyu i professional'naya kommunikatsiya kak tsel' podgotovki po inostrannomu yazyku spetsialistov neyazykovogo vuza [Teaching reading and professional communication as a the objective of foreign language training of specialists of non-linguistic high school]. *Professional'naya kommunikatsiya kak tsel' obucheniya inostrannomu yazyku v neyazykovom vuze*. Scientific works collection of the Moscow State Linguistic University. Moscow, 2000. Iss. 454. Pp. 32–37. (rus).
8. Valeeva N.G. Obuchenie yazyku spetsial'nosti na osnove kommunikativno-funktsional'noy metodiki [Teaching professional language on the base of communicative and functional methodology]. *Proc. Intern. scientific-methodological conf. «Traditsionnye i novye kontseptsii, metody i priemy obucheniya inostrannym yazykam»*. Moscow: MGIMO University, 2010. Pp 110–111. (rus)
9. Gaysina A.Ya. *Obuchenie professional'nomu obshcheniyu na osnove teksta* [Teaching professional communication on the base of text]. PhD. ped. sci. diss. Synopsis: 13.00.02. Moscow, 1997. 259 p. (rus)
10. Gal'skova N.D., Gez N.I. *Teoriya obucheniya inostrannym yazykam. Lingvodidaktika i metodika* [Theory of foreign language teaching. Linguodidactics and methodology]. Moscow: Academia, 2004. 334 p. (rus)

11. Gromova N.M. Tematicheskiy aspekt sodержaniya obucheniya budushchikh spetsialistov inostrannomu yazyku [Topical aspects of teaching foreign language for future specialists]. *Professional'naya kommunikatsiya kak tsel' obucheniya inostrannomu yazyku v neyazykovom vuze*. Scientific works collection of the Moscow State Linguistic University. Moscow, 2000. Iss. 454. Pp. 53–60. (rus)
12. Kalmykova E.I. Formirovanie kommunikativnoy kompetentsii v tselyakh ustnogo professional'nogo obshcheniya [Formation of communicative competence with the aim of oral professional communication]. *Professional'naya kommunikatsiya kak tsel' obucheniya inostrannomu yazyku v neyazykovom vuze*. Scientific works collection of the Moscow State Linguistic University. Moscow, 2000. Iss. 454. Pp. 44–53. (rus)
13. Komarova A.I. *Yazyk dlya spetsial'nykh tseley (LSP): teoriya i metod* [Language for special purposes (LSP): theory and methodology]. Moscow: MALP, 1996. 193 p. (rus)
14. Ozerova M.V. *Soderzhanie professional'no napravlennogo obucheniya inostrannomu yazyku v neyazykovom vuze i ego organizatsiya v uchebnike* [Content of professionally oriented foreign language teaching and its arrangement in the textbook]. PhD ped. sci. diss.: 13.00.02. Moscow, 1999. 226 p. (rus).
15. Folomkina S.K. *Obuchenie chteniyu na inostrannom yazyke v neyazykovom vuze* [Teaching reading in foreign language in non-linguistic high school]. Moscow: Vysshaya shkola, 1987. 208 p. (rus)
16. Krupchenko A.K., Kunetsov A.N. *Osnovy professional'noy lingvodidaktiki* [Basis of professional linguodidactics]. Moscow: APKiPPRO, 2015. 232 p. (rus)
17. *Teaching Materials Using Case Studies*, available at: <http://www.materials.ac.uk/guides/case-studies.asp> (accessed: October 18, 2018).

УДК 338.14:614.8

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

Лопачук О.Н., Лысенкова М.В.

Определено понятие экономического ущерба как совокупности потерь организации в результате повреждения материальных объектов и ценностей, причинения вреда жизни и здоровью людей, а также затрат на ликвидацию чрезвычайной ситуации, выраженных в стоимостной форме. Рассмотрены теоретико-методические и прикладные аспекты экономической оценки ущерба от ЧС природного и техногенного характера в организациях промышленности Беларуси. Приведена авторская трактовка и структуризация прямого и косвенного ущерба от ЧС на уровне первичного звена экономики. Систематизированы исходные данные и формализованы методы определения экономического ущерба от ЧС. Разработанные методические подходы проиллюстрированы примером расчета экономического ущерба в результате ЧС в промышленной организации.

*Ключевые слова:* затраты, косвенный ущерб, методика экономической оценки ущерба, промышленная организация, потери организации, прямой ущерб, чрезвычайная ситуация.

(Поступила в редакцию 15 октября 2018 г.)

**Введение.** Целью государственной политики Республики Беларусь является предотвращение чрезвычайных ситуаций и последовательное снижение ущерба от воздействия опасных техногенных и природных факторов на производственную и социальную инфраструктуру, население и экосистемы.

При этом по-прежнему актуальной остается проблема экономической оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций, решение которой позволит не только проанализировать эффективность мероприятий, направленных на уменьшение последствий ЧС, защиту населения и территорий от воздействия поражающих факторов, но и определить величину возмещения вреда, улучшить информационное обеспечение процесса управления и всего экономического механизма безопасности в условиях чрезвычайной ситуации.

Промышленные организации представляют собой объекты повышенной опасности. В различных странах по-разному подходят к управлению опасными факторами на производстве, при этом преобладает системный подход, основанный на управлении безопасностью технологических процессов (Process Safety Management), контроле за использованием опасных веществ и материалов (Dangerous goods) и наукоемком понятии инжиниринга безопасности (Safety engineering), тесно связанном с системотехникой. Добиться эффективности подобного управления, осложняемого стрессовым состоянием всех привлекаемых к нему лиц, можно лишь в случае наличия соответствующей информационной базы, в составе которой содержится и экономическая оценка последствий ЧС [1].

Последствия ЧС на промышленных производственных объектах по своей природе очень разнообразны и имеют экономическую, социальную, и экологическую составляющие. Они могут быть определены (оценены) в натуральных и (или) стоимостных показателях. В настоящее время в Республике Беларусь наиболее полно учитываются и анализируются последствия ЧС, выраженные в натуральных показателях (рис. 1) [2].

Проблема оценки экономического ущерба от ЧС представлена авторами как разработка инструментария для перехода от натуральных показателей, характеризующих последствия ЧС, к стоимостным (денежным) показателям [3, 4, 5], что осуществляется в рамках выполнения НИР «Разработка организационно-экономического механизма оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

**Основная часть.** Экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера подлежит определению на следующих иерархических уровнях: микроуровень, мезоуровень, макроуровень.

На микроуровне – уровне первичного звена экономики – в качестве объекта ущерба от чрезвычайной ситуации принимается отчитывающийся об ущербе хозяйствующий субъект (организация (предприятие)). На мезоуровне в качестве объекта ущерба от чрезвычайной ситуации принимается территориальное образование (область, район, населенный

пункт) либо отрасль с охватом всех находящихся на территории либо входящих в отрасль пострадавших хозяйствующих субъектов (организаций, предприятий). На макроуровне в качестве объекта ущерба от чрезвычайной ситуации принимается совокупность всех хозяйствующих субъектов (организаций, предприятий) и территориальных образований Республики Беларусь.

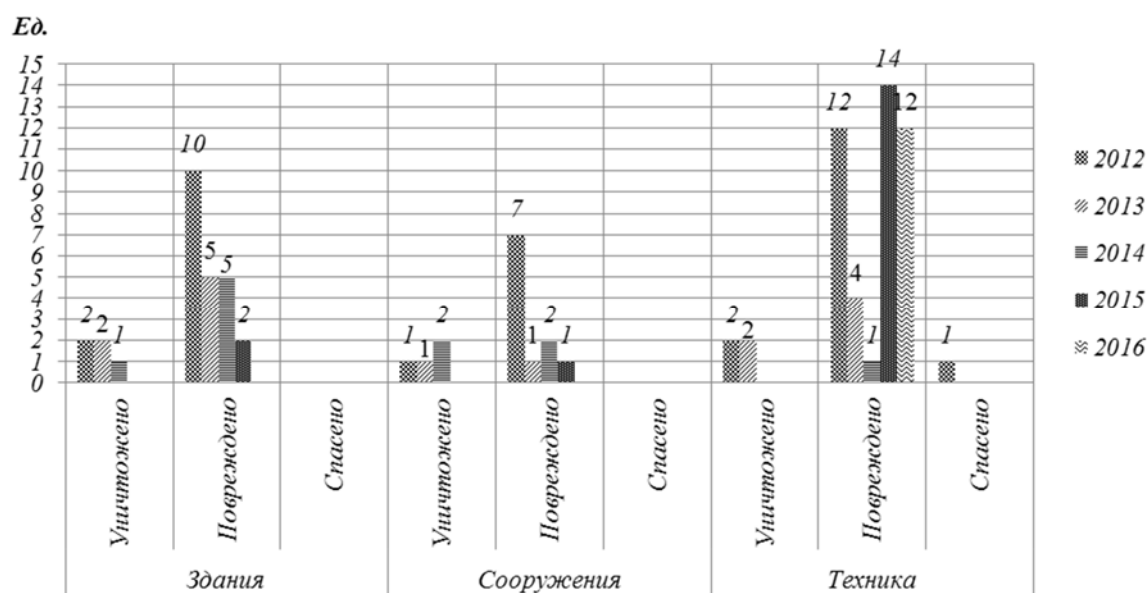


Рисунок 1. – Динамика причиненного вреда объектам основных средств от ЧС техногенного характера (без учета пожаров) за 2012–2016 гг.

Кроме того, по отношению к объекту оценки экономический ущерб от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера может оцениваться в следующих формах: прямой экономический ущерб и косвенный экономический ущерб.

Совокупная оценка экономического ущерба от ЧС в промышленной организации может быть выражена формулой

$$U_{\text{совокупный}} = U_{\text{прямой}} + U_{\text{косвенный}}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{совокупный}}$  – совокупный экономический ущерб от ЧС в промышленной организации, руб.;  $U_{\text{прямой}}$  – ущерб, выраженный в форме прямых потерь промышленной организации, руб.;  $U_{\text{косвенный}}$  – ущерб, выраженный в форме косвенных потерь промышленной организации и третьих лиц, руб.

**Прямой экономический ущерб** на всех иерархических уровнях оценки характеризуется непосредственным уничтожением, разрушением, повреждением любых видов имущества и материальных ценностей, иные формы исключения их из экономического оборота (производственной деятельности, использования для социальных целей и т. д.).

Для промышленной организации прямой ущерб представляет собой стоимостное выражение потерь в результате:

- уничтожения (повреждения) производственных и непроизводственных зданий, взрывозащитных, очистных и других капитальных сооружений;
- уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции).

Ущерб, выраженный в форме прямых потерь промышленной организации  $U_{\text{прямой}}$ , можно определить по формуле

$$U_{\text{прямой}} = U_{\text{о.с.}} + U_{\text{т-м.ц.}}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{о.с.}}$  – потери организации в результате уничтожения (повреждения) основных средств (производственных и непроизводственных), руб.;  $U_{\text{т-м.ц.}}$  – потери организации в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т. п.), руб.

В свою очередь ущерб в результате уничтожения (повреждения) основных средств (производственных и непроизводственных)  $U_{\text{о.с.}}$  рассчитывается как сумма ущербов



в результате уничтожения  $Y_{o.c.y.}$  и повреждения  $Y_{o.c.n.}$  основных средств и определяется по формуле

$$Y_{o.c.} = Y_{o.c.y.} + Y_{o.c.n.} \quad (3)$$

При этом поврежденными считаются материальные ценности (здания, сооружения, оборудование), которые в результате ремонтно-восстановительных работ после ЧС в промышленной организации могут быть приведены в состояние, позволяющее их использовать по первоначальному функциональному назначению. В случае, если восстановлению они не подлежат, их считают уничтоженными.

В качестве базовых экономических параметров для перерасчета показателей физического ущерба в стоимостные (денежные) показатели авторам представляется целесообразным использование таких показателей, как остаточная стоимость, под которой понимается разница между первоначальной стоимостью актива и накопленными по нему за весь период эксплуатации суммами амортизации, и переоцененная стоимость, под которой понимается сумма затрат на создание объекта аналогичного объекту уничтоженному (поврежденному), в рыночных ценах, существующих на дату проведения оценки с учетом износа объекта оценки.

Учитывая вышеизложенное, ущерб в результате уничтожения основных средств  $Y_{o.c.y.}$  определяется по формуле

$$Y_{o.c.y.} = \sum_{i=1}^N C_{ост.i} + C_{д.т.i} + C_{н.i} + C_{м.т.i} - D_{y.i} - D_{с.i}, \quad (4)$$

где  $N$  – число видов уничтоженных объектов основных средств;

$C_{ост.i}$  – остаточная стоимость  $i$ -го вида уничтоженных объектов основных средств по данным бухгалтерской отчетности на момент аварии, руб.;

$C_{д.т.i}$  – стоимость работ по демонтажу и транспортировке  $i$ -го вида уничтоженных объектов основных средств, руб.;

$C_{н.i}$  – стоимость новых объектов основных средств  $i$ -го вида, аналогичных уничтоженным, за вычетом износа, с учетом страховки, руб.;

$C_{м.т.i}$  – стоимость работ по монтажу и транспортировке новых объектов основных средств  $i$ -го вида взамен уничтоженных, руб.;

$D_{y.i}$  – доход от утилизации  $i$ -го вида уничтоженных объектов основных средств (равен рыночной стоимости материалов, которые включают в себя объекты основных средств с учетом затрат на утилизацию объекта), руб.;

$D_{с.i}$  – страховые выплаты за уничтоженные объекты основных средств  $i$ -го вида при наличии договора со страховой организацией, руб.

Ущерб в результате повреждения основных средств  $Y_{o.c.n.}$  определяется по формуле

$$Y_{o.c.n.} = \sum_{i=1}^N \frac{C_{ост.i} \times K_{повр.i}}{100} + C_{з.i} - D_{y.i}, \quad (5)$$

где  $N$  – число видов поврежденных объектов основных средств;

$C_{ост.i}$  – остаточная стоимость  $i$ -го вида поврежденных объектов основных средств по данным бухгалтерской отчетности на момент аварии, руб.;

$K_{повр.i}$  – коэффициент повреждения  $i$ -го вида объектов основных средств, %. Степень повреждения указывается как слабая (до 20 %), средняя (20–50 %), сильная (50–90 %), полная (более 90 %);

$C_{з.i}$  – переоцененная стоимость  $i$ -го вида поврежденных объектов основных средств, руб.;

$D_{y.i}$  – доход от утилизации  $i$ -го вида уничтоженных объектов основных средств (равен рыночной стоимости материалов, которые включают в себя объекты основных средств с учетом затрат на утилизацию объекта), руб.

При повреждении объектов основных средств переоцененная стоимость определяется в размере расходов на доведение их до состояния, в котором они находились непосредственно перед наступлением ЧС, при этом возможен учет расходов на: материалы и запасные части для ремонта; выплату заработной платы и надбавок к ней ремонтной бригаде; оплату услуг сторонних организаций по ремонту; электрическую энергию, необходимую для восстановления; доставку материалов к месту ремонта.

В расходы, связанные с переоценкой, как правило, не включают: дополнительные расходы, вызванные изменениями или улучшениями пострадавшего объекта; расходы, не-

обходимые вне зависимости от факта наступления аварии, например, по профилактическому ремонту или обслуживанию.

Анализ зарубежного методического и практического опыта [6–8] позволяет сформулировать ряд ограничений, которые разумно учитывать при проведении оценочных работ в области определения экономических последствий ЧС:

1) Если разрушенный в результате аварии объект полностью отслужил свой амортизационный срок, то ущерб по нему не рассчитывается.

2) Если вместо разрушенного (поврежденного) объекта планируется возведение объекта того же назначения, но значительно отличающегося от предыдущей конструкции техническими и эксплуатационными параметрами и стоимостью, то затраты на его возведение должны считаться как для инвестиционного проекта на строительство нового объекта и не рассматриваются в качестве нанесенного ущерба. Ущерб в этом случае определяется по остаточной стоимости разрушенного объекта на дату аварии.

3) Если переоцененную стоимость отдельных видов уничтоженных (поврежденных) объектов основных средств затруднительно определить ввиду каких-нибудь их уникальных характеристик либо в силу иных причин, то ущерб в этом случае определяется по остаточной стоимости разрушенного объекта на дату аварии.

Потери промышленной организации в результате ЧС, повлекшие уничтожение (повреждение) товарно-материальных ценностей ( $Y_{\text{т.м.ц.}}$ ), можно определить по сумме потерь каждого вида ценностей следующим образом:

$$Y_{\text{т.м.ц.}} = \sum_{i=1}^N P_{\text{г.нп.}i} \times C_{\text{г.нп.}i} + \sum_{j=1}^M P_{\text{с.м.п.}j} \times C_{\text{с.м.п.}j}, \quad (6)$$

где  $N$  – число видов товаров, которым причинен ущерб в результате ЧС;

$M$  – число видов сырья, материалов, полуфабрикатов, которым причинен ущерб в результате ЧС;

$P_{\text{г.нп.}i}$  – количество готовой продукции (незавершенного производства)  $i$ -го вида, уничтоженной в результате ЧС (в натуральном выражении: кг, тонн, м<sup>2</sup> и др.);

$C_{\text{г.нп.}i}$  – цена единицы готовой продукции (незавершенного производства)  $i$ -го вида, уничтоженной в результате ЧС, руб.;

$P_{\text{с.м.п.}j}$  – количество сырья, материалов, полуфабрикатов  $j$ -го вида, уничтоженных в результате ЧС (в натуральном выражении: кг, тонн, м<sup>2</sup> и др.);

$C_{\text{с.м.п.}j}$  – цена единицы сырья, материалов, полуфабрикатов  $j$ -го вида, уничтоженных в результате ЧС.

Ущерб, причиненный  $i$ -му виду продукции, изготавливаемой предприятием (как незавершенной производством, так и готовой), можно определять исходя из издержек производства, необходимых для ее повторного изготовления, но не выше ее рыночной стоимости (на момент оценки). Ущерб, причиненный  $j$ -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью, материалам и полуфабрикатам рекомендуется определять исходя из стоимости по ценам, необходимым для их повторной закупки, но не выше цен, по которым они могли бы быть проданы на дату ЧС, а также затрат на их транспортировку и упаковку, таможенных пошлин и прочих сборов.

Количество и стоимость товарно-материальных ценностей, имевшихся на момент аварии в ПО, может определяться по данным бухгалтерского учета. Кроме того, для расчета прогнозируемого ущерба от уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей ( $P_{\text{т.м.ц.}}$ ) можно исходить из среднегодового объема хранения продукции и сырья на объектах, попадающих в зону поражения, а также средних оптовых цен на данные виды продукции и сырья.

Применение разработанных методических подходов к оценке прямого экономического ущерба от чрезвычайной ситуации на уровне первичного звена экономики (организации промышленности) проиллюстрируем на следующем примере. В результате ЧС в промышленной организации произошло обрушение стены здания цеха мясопереработки (9 м<sup>2</sup>) и повреждение части забора по периметру комплекса (5 м). Экономические параметры оценки ущерба представлены в таблице 1.

**Таблица 1. – Экономические параметры оценки ущерба**

Показатель	1 объект	2 объект
Остаточная стоимость <i>i</i> -го вида повреждения объектов основных средств по данным бухгалтерской отчетности на момент ЧС, руб. ( $C_{ост.i}$ ), в т.ч.:		
– первоначальная стоимость	213 825	32 876
– сумма начисленной амортизации	57 411	12 941
– остаточная стоимость (первоначальная стоимость – сумма начисленной амортизации)	156 414	19 935
Коэффициент повреждения <i>i</i> -го вида объектов основных средств, % ( $K_{повр.i}$ )		
– слабая (до 20 %)	+	+
– средняя (20–50 %)		
– сильная (50–90 %)		
– полная (более 90 %)		
Переоцененная стоимость восстановления или замещения <i>i</i> -го вида поврежденных объектов основных средств, руб. ( $C_{з.i}$ ), в т.ч.:		
– расходы на материалы и запасные части для ремонта	569,5	159
– выплаты заработной платы ремонтной бригаде	960	39
Доход от утилизации <i>i</i> -го вида уничтоженных объектов основных средств, руб. ( $D_{y.i}$ )	21,74	

Согласно указанному примеру в результате ЧС имело место только частичное повреждение основных средств, других видов ущерба промышленной организации и третьим лицам нанесено не было. В соответствии с этим величина экономического ущерба, полученного в результате ЧС в промышленной организации, будет равна экономической оценке повреждения основных средств (5):

$$U_{о.с.п.} = (156414 \times 0,2 + 569,5 + 960 - 21,74) + (19935 \times 0,2 + 159 + 39) = 36\,975,56 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, составляющие прямого экономического ущерба могут быть четко и однозначно выявлены, т. к. поддаются документальному подтверждению, основанному на данных бухгалтерского учета, актов списания имущества, иных документов, имеющих достаточно высокую степень достоверности и поддающихся проверке.

К косвенному экономическому ущербу от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера относятся вынужденные затраты или убытки, обусловленные вторичными эффектами (действиями или бездействием, порожденным первичным действием). Косвенный ущерб в отличие от прямого может проявляться через длительный от момента первичного действия отрезок времени; он не имеет четко выраженной территориальной принадлежности, но иногда сопровождается «каскадным эффектом», т. е. вторичные действия (бездействие) порождают следующую серию действий (бездействие) и, соответственно, косвенный ущерб.

Составляющие косвенного ущерба представлены в таблице 2.

**Таблица 2. – Структуризация косвенного ущерба от ЧС в промышленной организации**

Составляющие косвенного ущерба	Виды косвенного ущерба
Ущерб, связанный с нарушением (остановкой) функционирования пострадавшего хозяйствующего субъекта (организации, предприятия)	недополученная прибыль организации (предприятия), ожидаемая или предусмотренная производственным планом, иначе – упущенная выгода
	затраты, связанные с простоем оборудования и других производственных ресурсов
	расходы, связанные с утратой нематериальных активов, не отраженных в бухгалтерской документации
	дополнительные затраты, связанные с осуществлением работ по восстановлению производства
ущерб третьим лицам, нанесенный хозяйствующим субъектам, не пострадавшим в результате ЧС от прямого ущерба, а также природным или природно-антропогенным объектам	ущерб, связанный с утратой или повреждением имущества других субъектов хозяйствования
	ущерб, связанный с невыполнением вследствие чрезвычайной ситуации обязательств по отношению к предприятиям-смежникам
	ущерб, связанный с отрицательным изменением окружающей среды (или отдельных ее компонентов), природных или природно-антропогенных объектов

## Продолжение таблицы 2.

Составляющие косвенного ущерба	Виды косвенного ущерба
Затраты, связанные с ликвидацией чрезвычайной ситуации	затраты, связанные с деятельностью сил и средств, непосредственно участвующих в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций
	затраты по возмещению ущерба пострадавшим физическим лицам в результате чрезвычайных ситуаций

Примечание: таблица разработана авторами

Соответственно оценка косвенного экономического ущерба от ЧС в промышленной организации может быть выражена формулой

$$U_{\text{косвенный}} = U_1 + U_2 + U_3, \quad (7)$$

где  $U_{\text{косвенный}}$  – ущерб, выраженный в форме косвенных потерь промышленной организации и третьих лиц, руб.;

$U_1$  – ущерб, связанный с нарушением (остановкой) функционирования пострадавшего хозяйствующего субъекта (организации, предприятия), руб.;

$U_2$  – ущерб третьим лицам, руб.;

$U_3$  – затраты, связанные с ликвидацией чрезвычайной ситуации, руб.

Особенностью косвенного экономического ущерба является то, что его составляющие обладают достаточно высокой степенью неопределенности и не всегда поддаются документальному подтверждению. Это может повлечь дискуссии относительно включения или не включения некоторых из них в состав косвенного экономического ущерба.

**Заключение.** Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1) Разработка унифицированных методов экономической оценки ущерба от ЧС в организациях промышленности и их апробация на территории Республики Беларусь, а также разработка на их основе конкретных предложений современных механизмов предотвращения, ликвидации и снижения экономического ущерба являются первостепенной задачей органов государственного управления. Результат оценки ущерба позволит классифицировать ЧС, анализировать эффективность превентивных мероприятий, прогнозировать величину возмещения вреда на потенциально опасных объектах и, с учетом вероятности возникновения ЧС, оценивать риск.

2) В широком смысле понятие «последствия ЧС в промышленных организациях» отражает обобщенный негативный результат ЧС, а понятие «экономический ущерб от ЧС» – ее основные экономические последствия, расчет которых должен иметь адекватное экономическое обоснование.

3) Совокупная оценка экономического ущерба от ЧС для промышленной организации получается суммированием прямого ущерба от ЧС и косвенного ущерба, включая экономические потери, связанные с остановкой производства; ущерб третьим лицам и затраты, связанные с ликвидацией последствий ЧС.

4) В тех случаях, когда ущерб от возникшей ЧС в промышленной организации достаточно полно определен, его последствия можно оценить и просчитать. При оценке ущерба от ЧС рассчитывают предварительный ущерб (оценка возможна на первоначальной стадии расследования ЧС) и фактический (окончательный) ущерб от ЧС, который рассчитывается после окончания сроков расследования ЧС и получения всех необходимых данных. Составляющие ущерба могут быть рассчитаны независимо друг от друга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вакарев, А.А. Методические подходы к определению экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций для региональной экономики / А.А. Вакарев // Вестник Волгоградского ун-та. – Сер. 3. Экономика. Экология. – 2011. – № 1 (18). – С. 54–60.
2. Разработать укрупненный алгоритм оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь: отчет о НИР (заключ.) / БГЭУ; рук. О.С. Шимова. – Минск: БГЭУ, 2017. – 107 с. – № ГР 20171702.
3. Лопачук, О.Н. Документационное обеспечение государственного управления в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь / О.Н. Лопачук, Е.А. Лаврецкая // Наука, образование и духовность в контексте концепции устойчивого развития: сб. материалов Всеросс. науч.-практ. конф.,

- Ухта, 25–26 нояб. 2016 г. / УГТУ; редкол.: М.К. Петров [и др.]. – Ухта, 2017. – Ч. 2. – С. 81–84.
4. Лопачук, О.Н. Обоснование методических подходов к оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь / О.Н. Лопачук // Труды БГЭУ. – 2018. – Вып. 11. – С. 265–271.
  5. Лопачук, О.Н. Методические подходы к экономической оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь / О.Н. Лопачук, М.В. Лысенкова // Национальная стратегия по снижению рисков ЧС в Республике Беларусь на 2019–2030 годы: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27 сент. 2018 г. / УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2018. – С. 204–206.
  6. Анализ и синтез методик оценки ущербов и рисков для прогнозирования и предотвращения катастроф: отчет о НИР (заключ.) / ИМАШ РАН; рук. В.П. Петров. – М., 2007. – 205 с. – Проект SfP-981416.
  7. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. – Режим доступа: [http://sao.mos.ru/doc/mchs\\_ocenka.doc](http://sao.mos.ru/doc/mchs_ocenka.doc). – Дата доступа: 15.10.2018.
  8. Методическое руководство по оценке ущерба, убытков и потребностей по реконструкции и восстановлению от чрезвычайных ситуаций в Кыргызской Республике [Электронный ресурс]. – Бишкек: Межведомственная техническая группа, Секретариат Национальной Платформы по снижению риска бедствий Кыргызской Республике, 2013. – Режим доступа: <http://npdrr.kg/engine/download.php?id=121>. – Дата доступа: 15.10.2018.

## ECONOMIC ASSESSMENT OF DAMAGE FROM EMERGENCIES IN INDUSTRIAL ORGANIZATIONS: METHODOLOGICAL AND APPLIED ASPECTS

**Olga Lopatchouk**, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

**Maya Lysenkova**, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

Belarus State Economic University, Minsk, Belarus

*Purpose.* The purpose of developing a methodology for the economic assessment of damage from emergencies in industrial organizations is to formalize and unify approaches to damage assessment by both state authorities and business entities, which will allow solving assessment tasks at all levels. The object of the research is industrial organizations, and the subject is the economic assessment of damage from an emergency.

*Methods.* Analysis, synthesis, system approach, graphic method, mathematical modeling, method of scientific abstraction, system-functional method.

*Findings.* The concept has been defined and the theoretical, methodological and applied aspects of the economic assessment of damage from natural and technogenic emergencies in industrial organizations in Belarus have been considered. The author's interpretation and structuring of direct and indirect damage from an emergency at the level of an economic entity is given. The source data are systematized and the methods for determining economic damage are formalized. The developed methodological approaches are illustrated by an example of the calculation of economic damage caused by emergencies in an industrial organization.

*Application fields of research.* The development of a unified methodology for the economic assessment of damage from emergencies in industrial organizations will allow unifying approaches to damage assessment at all levels, both from the government and business entities.

*Conclusions.* Unified methods of economic assessment of damage from emergencies in industrial organizations have been developed and their approbation on a model example has been carried out. The result of the economic assessment of damage will allow classifying emergencies, analyzing the effectiveness of preventive measures, predicting the amount of compensation for harm at potentially hazardous facilities, and assessing the risk taking into account the probability of occurrence of an emergency.

*Keywords:* costs, indirect damage, methods of economic assessment of damage, industrial organization, loss of organization, direct damage, emergency.

(The date of submitting: October 15, 2018)

### REFERENCES

1. Vakarev A.A. Metodicheskie podkhody k opredeleniyu ekonomicheskogo ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy dlya regional'noy ekonomiki [Methodical approaches to determining the economic damage from emergency situations for the regional economy]. *Vestnik Volgogradskogo universiteta. Seriya 3. Ekonomika. Ekologiya*, 2011. No. 1 (18). Pp. 54–60. (rus)
2. Shimova O.S. *Razrabotat' ukрупnennyy algoritm otsenki ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennoy kharaktera v Respublike Belarus'* [To develop an integrated algorithm for assessing damage from natural and man-made emergencies in the Republic of Belarus: final report on research]: report (final). Belarus State Economic University. Minsk, 2017. 107 p. State registration No. 20171702. (rus)
3. Lopachuk O.N., Lavretskaya E.A. Dokumentatsionnoe obespechenie gosudarstvennogo upravleniya v oblasti zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennoy kharaktera v Respublike Belarus' [Documentary support of state administration in the field of protection of the population and territories from natural and man-made emergencies in the Republic of Belarus]. *Proc. All-Russian scientific-practical. conf. «Nauka, obrazovanie i dukhovnost' v kontekste kontseptsii ustoychivogo razvitiya»*, Ukhta, November 25–26, 2016. Ukhta State Technical University. Ed. by M.K. Petrov et al. Ukhta, 2017. Vol. 2. Pp. 81–84. (rus)
4. Lopachuk O.N. Obosnovanie metodicheskikh podkhodov k otsenke ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennoy kharaktera v Respublike Belarus' [Justification of methodological approaches to assessing damage from natural and man-made emergencies in the Republic of Belarus]. *Trudy BGEU*, 2018. Iss. 11. Pp. 265–271. (rus)
5. Lopachuk O.N., Lysenkova M.V. Metodicheskie podkhody k ekonomicheskoy otsenke ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennoy kharaktera v Respublike Belarus' [Methodical approaches to the economic assessment of damage from natural and man-made emergencies in the Re-

- public of Belarus]. *Proc. Intern. scientific-practical conf. «Natsional'naya strategiya po snizheniyu riskov ChS v Respublike Belarus' na 2019-2030 gody»*, Minsk, September 27, 2018. University of Civil Protection. Minsk, 2018. Pp. 204–206. (rus)
6. *Analiz i sintez metodik otsenki ushcherbov i riskov dlya prognozirovaniya i predotvrashcheniya katastrof: itogovyy nauchno-tekhnicheskiy otchet o NIR* [Analysis and synthesis of methods for assessing damages and risks for forecasting and preventing catastrophes]: report (final). Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2007. 205 p. Project SfP–981416. (rus)
  7. *Edinaya mezhvedomstvennaya metodika otsenki ushcherba ot chrezvychaynykh situatsiy tekhnogenogo, prirodnogo i terroristicheskogo kharaktera, a takzhe klassifikatsii i ucheta chrezvychaynykh situatsiy* [Unified interdepartmental methodology for assessing damage from man-made, natural and terrorist emergencies, as well as classifying and accounting for emergencies]. Institute for Civil Defence and Emergencies, Moscow, 2004, available at: [http://sao.mos.ru/doc/mchs\\_ocenka.doc](http://sao.mos.ru/doc/mchs_ocenka.doc) (accessed: October 15, 2018). (rus)
  8. *Metodicheskoe rukovodstvo po otsenke ushcherba, ubytkov i potrebnostey po rekonstruktsii i vostanovleniyu ot chrezvychaynykh situatsiy v Kyrgyzskoy Respublike* [Methodological guidelines for the assessment of damage, losses and needs for reconstruction and recovery from emergency situations in the Kyrgyz Republic]. Interdepartmental Technical Group, Secretariat of the National Platform for Disaster Risk Reduction of the Kyrgyz Republic, Bishkek, 2013, available at: <http://npdrr.kg/engine/download.php?id=121> (accessed: October 15, 2018). (rus)



УДК 001.89:[378.4:614.8]

## ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫМ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ УНИВЕРСИТЕТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МЧС БЕЛАРУСИ

Камлюк А.Н., Аушев И.Ю., Дробыш А.С., Криваль Д.В.

Статья посвящена вопросам функционирования Центра коллективного пользования научным оборудованием. Обозначены основные цели и задачи Центра, направления выполняемых научных исследований. Приводятся сведения об имеющемся оборудовании, научных результатах его использования.

*Ключевые слова:* Центр коллективного пользования, научное оборудование, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

(Поступила в редакцию 19 октября 2018 г.)

**Введение.** В 2016 г. в результате реорганизации учреждений образования Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь согласно приказу МЧС от 30.08.2016 г. № 199, которым утверждены структура и штат государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», был создан факультет подготовки научных кадров.

Помимо задач по обеспечению планирования, организации и контроля реализации образовательных программ послевузовского образования, формирующих знания, умения и навыки научно-педагогической и научно-исследовательской работы, обеспечивающей получение ученой степени кандидата наук и доктора наук, факультет координирует деятельность внештатной испытательной лаборатории Университета.

Лаборатория аккредитована на проведение 46 видов испытаний и оснащена собственным уникальным оборудованием, позволяющим проводить испытания в соответствии с областью аккредитации в полном соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов на методы испытаний. За последние 5 лет было испытано более 600 кг строительных материалов (шпатлевки, штукатурки и т. д.), кабельной продукции (кабели, провода, шнуры) протяженностью более 32 км, а также красок и лакокрасочных покрытий, нанесенных на испытываемые поверхности, общей площадью более 180 м<sup>2</sup>.

Наличие в Университете уникального научного оборудования и штата высококвалифицированных работников, в функции которых входит проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, испытаний (в том числе арбитражных и сертификационных) и измерений в различных областях науки и техники, дало возможность ходатайствовать перед Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь о присвоении факультету подготовки научных кадров статуса Центра коллективного пользования уникальным научным оборудованием (далее – ЦКП). Соответствующий приказ был подписан 6 сентября 2018 г. Председателем Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь.

**Основная часть.** Вопросы совершенствования образовательного процесса и качества подготовки специалистов в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, организации совместных работ с эффективным и комплексным использованием оборудования и приборов в интересах повышения научного уровня фундаментальных и прикладных исследований для учреждений образования, научных организаций, предприятий реального сектора экономики, создания необходимых условий для интенсификации научных исследований, координации и организации работ по методическому и техническому обеспечению измерений являются ключевыми целями создания ЦКП.

В соответствии с обозначенными целями ЦКП должен решать следующие основные задачи:

– проведение самостоятельно и совместно с заинтересованными организациями научных исследований и прецизионных измерений с использованием уникального и дорогостоящего научного оборудования;

– проведение научных исследований и измерений в процессе подготовки научных кадров высшей квалификации, а также обучающихся на I и II ступени высшего образования;

– выполнение научных исследований, направленных на разработку новых и совершенствование известных методик анализа и испытаний различных материалов, продукции, определение их свойств и параметров, участие в разработке математических методов расчета и обработке результатов экспериментальных исследований.

На сегодняшний день основными направлениями исследований, проводимых ЦКП, являются:

– горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность твердых веществ и материалов, массовые и тепловые эффекты при их нагреве;

– элементный состав (качественный и количественный), в том числе растворов, жидких веществ, массовые и тепловые эффекты при их нагреве;

– электрическое сопротивление, плотность изоляции, сопротивление изоляции, предел распространения горения, предел огнестойкости, горючесть и воспламеняемость, дымообразующая способность, эквивалентный показатель токсичности продуктов горения кабельных изделий, показатель коррозионной активности продуктов дымогазовыделения при горении и тлении каждого из полимерных материалов их конструкции;

– расход воздуха, удаляемого через дымовые клапаны непосредственно из помещений, коридоров на путях эвакуации, расход (скорость движения) воздуха в двери при выходе с этажа (помещения) на пути эвакуации, избыточное давление воздуха на нижних этажах лестничных клеток, в шахтах лифтов, в тамбур-шлюзах, перепад давления на закрытых дверях путей эвакуации.

В настоящее время ЦКП оснащен следующим научно-исследовательским оборудованием:

– установка по определению предела распространения горения одиночным кабелем (проводом);

– установка по определению предела распространения горения пучком кабелей (проводов);

– стенд по измерению плотности дыма при горении кабелей в заданных условиях;

– стенд по определению показателя коррозионной активности газообразных продуктов горения материалов кабелей и проводов;

– установка для испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени;

– установка для определения группы негорючих материалов;

– установка для испытания строительных материалов на воспламеняемость;

– установка для определения коэффициента дымообразования твердых веществ и материалов;

– установка для определения группы трудногорючих и горючих твердых материалов;

– установка для испытания горючих строительных материалов для определения их группы горючести;

– установка по испытанию готовых изделий на горючесть раскаленной проволокой;

– горелка узкого (игольчатого) пламени;

– лабораторная газовая горелка Бунзена;

– установка для дифференциально-термического (ДТА) и термогравиметрического (ТГА) анализа «ТЕРМОСКАН-2»;

– ИК-Фурье-спектрометр ALPHA BRUKER (приставка Eco-ATR);

– спектрофотометр MC 122;

– атомно-эмиссионный спектрометр на индуктивно-связанной плазме модели ICP-2060T;

– электропечь лабораторная 1100 °С, 10 л (СНОЛ-2.2,5.1,8/11-И2);

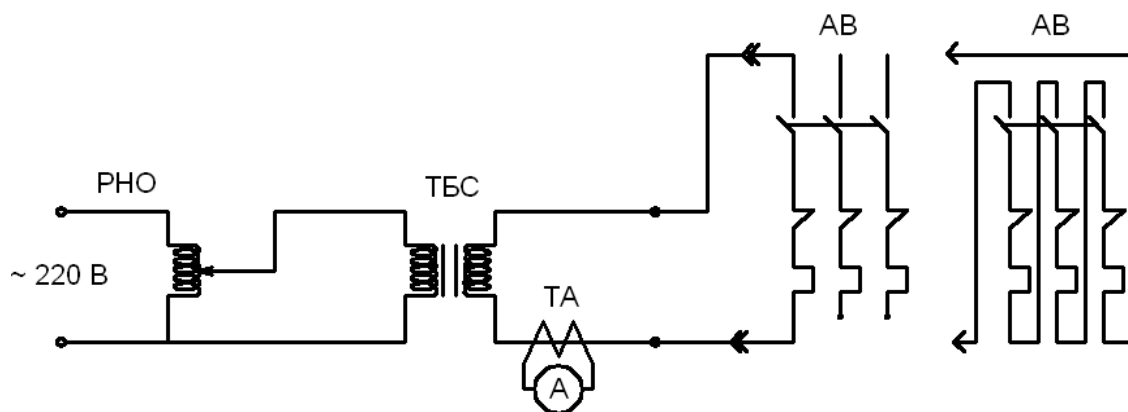
– сушильный шкаф ES-4620.

Имеющееся научное оборудование активно используется в образовательной деятельности при проведении лабораторных работ, выполнении курсовых работ, диссертационных исследований.

За последние пять лет более 10 выпускников адъюнктуры успешно защитили диссертационные работы, которые были подготовлены с использованием оборудования, составляющего материально-техническую базу ЦКП. Перечень направлений исследований достаточно широк. Ниже представлены некоторые из результатов, полученные адъюнктами университета.

**Исследование аварийных режимов работы в электрических сетях и электрооборудовании** позволило получить новые данные по взаимному расположению индивидуальных времятоковых характеристик однополюсных автоматических выключателей бытового назначения серии ВА47-29 (номинальные токи расцепителей 16, 20, 25 и 32 А) с характеристикой расцепления *C* следующих фирм-производителей: ЭФ, ИЭК, ЭТП, Полус и Moeller в диапазоне сверхтоков кратностью от 1,45 до 10 номинального значения [1].

Для проведения экспериментальных исследований использовалась установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.



*АВ* – испытуемый автоматический выключатель; *PHO* – однофазный автотрансформатор;  
*ТБС* – понижающий трансформатор; *ТА* – трансформатор тока; *А* – амперметр

**Рисунок 1. – Принципиальная схема установки для испытания расцепителей**

В процессе исследований впервые экспериментально установлено, что из-за разброса времятоковых характеристик однополюсных автоматических выключателей бытового назначения при одинаковых паспортных номинальных токах расцепителей время полного отключения аппаратов защиты разных фирм-производителей отличается в зависимости от значения кратности сверхтока в несколько раз. Максимальное различие времени полного отключения испытанных аппаратов защиты составляет 100,7 с (4,3 раза). Выявленный разброс характеристик отключения способен привести к существенному нагреву изоляции защищаемого кабельного изделия выше предельно допустимой температуры и не соответствует, таким образом, условию обеспечения пожарной безопасности.

Из проведенных экспериментальных исследований вытекает, что наибольшую пожарную опасность для кабельных изделий представляют небольшие по величине токи перегрузки, которые попадают в область работы тепловых расцепителей автоматических выключателей, выдерживающих значительное превышение температуры кабельного изделия выше предельно допустимой [2].

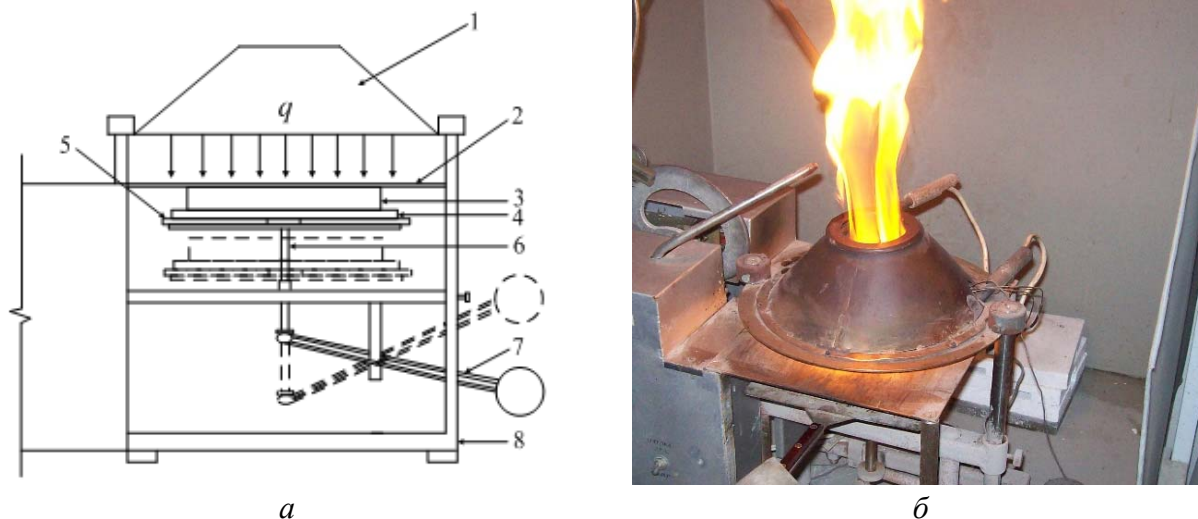
Соответствие аппаратов защиты требованиям проверочного расчета (путем сопоставления ВТХ) позволяет адекватно оценить защиту кабельных изделий от пожароопасного режима работы при протекании электрического тока и повысить пожарную безопасность электрической сети. Данное положение было практически реализовано в требованиях технических нормативных правовых актов Республики Беларусь.

С использованием научного оборудования ЦКП проводились исследования стационарного нагрева изолированного проводника с током при открытой прокладке, в т. ч. и в трубах. Полученные экспериментальные данные позволили подтвердить адекватность разработанной математической модели нагрева проводника при протекании электрического тока [3]. Полученную зависимость можно использовать для проведения инженерных расчетов по определению температуры нагрева токоведущей жилы кабельного изделия при различных нагрузках, а также для уточнения длительно допустимых токовых нагрузок проводников.

Также с помощью установки, представленной на рисунке 1, изучению подверглись болтовые электрические контактные соединения как наиболее часто применяемые виды соединений при электрификации жилого сектора. Проведенные исследования показали, что при соблюдении требований технических нормативных правовых актов к выбору типа контактного соединения и усилению его зажатия, а также при аварийных режимах работы («плохой контакт») нагрев проводника и контактного соединения остается в пределах допустимых значений.

мой температуры. Данная ситуация характерна для работы проводников при номинальных нагрузках с электрическим контактным соединением, выполненным в виде наложения одного проводника на другой, без скруток, паяк, болтовых соединений и т. п. Однако в случаях, когда нагрузка, приложенная к проводнику, превышала номинальную в 1,5–2 раза, наблюдался интенсивный рост температуры в местах контактного соединения, что может привести к возникновению пожара. Данный факт свидетельствует о необходимости дальнейших исследований вольтамперных характеристик электрических контактных соединений для существующих установочных изделий [4].

**Исследование горючих материалов.** В лаборатории университета проведен комплекс экспериментальных исследований по выявлению закономерностей прогрева и воспламенения лесного горючего материала в виде мха, лишайника и опада сосновой хвои под воздействием тепловой нагрузки (рис. 2).



1 – радиационная панель с нагревательным элементом; 2 – защитная плита с отверстием в центре,  $d = 150$  мм; 3 – кольцо из асбеста для расположения образца; 4 – асбестоцементный лист; 5 – держатель образца; 6 – передвижная платформа; 7 – рычаг с противовесом; 8 – опорная станина в сборе

**Рисунок 2. – Схема экспериментальной установки (а) и фрагмент проведения исследования процесса прогрева и воспламенения лесного горючего материала (б)**

Установлены закономерности формирования температурного поля в слое испытуемого горючего материала, а также зависимости времени воспламенения материала от плотности воздействующего теплового потока. Получены значения критической тепловой нагрузки (минимальное значение поверхностной плотности теплового потока, при котором возникает устойчивое пламенное горение) для различных видов лесного горючего материала в диапазонах его влажности и плотности, отвечающих природно-климатическим условиям Беларуси. Результаты исследований позволили осуществить численное моделирование процессов прогрева и воспламенения напочвенного покрова леса и выработать подходы по совершенствованию пожарно-профилактических мероприятий в лесных массивах Беларуси [5, 6].

Одним из новых направлений исследований, проводимых в ЦКП, является комплексная оценка температуростойкости и огнестойкости композитных материалов, армированных стекловолокном, на основе изофталевой смолы. Осуществлена серия экспериментальных исследований по моделированию воздействия как открытого пламени, так и источника излучения на образцы композитного материала [7]. На основе проведенных исследований разработаны экспериментальные образцы с огнезащитой для оценки огнестойкости. Композитные строительные материалы на основе полиэфирных смол являются новыми, поэтому для каждого вида экспериментального исследования были использованы существующие методики с дополнениями, предложенными автором. Дополнение базовых методик испытаний обеспечило получение значительного количества данных, позволяющих оценивать поведение композитных материалов при повышенных температурах.

**Исследование огнестойких материалов.** Для аналитических исследований качественного и количественного состава элементов в полиэфирном материале использовался атомно-эмиссионный спектрометр на индуктивно-связанной плазме модели ICP2060T.



Рисунок 3. – Общий вид спектрометра модели ICP-2060T

С целью проведения научных исследований (рис. 3) была разработана методика препарирования полимерных материалов с модифицирующим слоем замедлителя горения. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии определено относительное массовое содержание ряда элементов (Al, Sn, Fe, Mg, Ca) как в самом антипирене, так и в обработанных им полиэфирных волокнистых материалах. В результате проведенных исследований было выявлено, что количественный элементный состав антипирена и огнезащитного слоя на полимерной поверхности существенно отличается [8].

В самой огнезащитной композиции в большом количестве присутствуют элементы Mg (44,9–47,4 %) и Ca (31,9–39,2 %). Однако в результате ступенчатой огнезащитной обработки полиэфирного материала содержание элемента Mg уменьшилось в 11–13 раз, а Ca – в 15–19 раз. При этом в слое на поверхности полиэфира наблюдается возрастание таких элементов, как Fe – в 3,5 раза и Al – в 1,5 раза. Эти данные подтверждают предположения исследователя об особой роли соединений многовалентных металлов в огнезащитных композициях. Полученные данные позволяют более детально изучить влияние химического и гранулометрического составов аммонийно-фосфатных неорганических замедлителей горения на их способность взаимодействовать с активирующим слоем наноразмерных частиц соединений Sn(II) на полимерной поверхности.

В исследованиях, посвященных обеспечению устойчивой огнезащиты текстильных полиэфирных материалов, проанализирован химический состав зарубежных огнезащитных композиций, широко применяемых в производстве на территории Республики Беларусь [9]. Анализируя полученные результаты спектрального анализа о массовом соотношении элементов в объеме композиции, установили, что в зарубежных огнезащитных составах (например, композиции Afflamit компании THOR, Pekoflame компании Clariant) присутствуют высокотоксичные элементы, в том числе и бром. Этот элемент композиции при высокотемпературном пожаре достаточно опасен для человека. В основу синтезируемого в Университете нового состава принципиально были выбраны элементы, не представляющие угрозу для жизни и здоровья людей. Проанализировав качественный и количественный состав огнезащитных композиций, скорректировали рецептуру огнезащитной композиции. В перспективе это позволит снизить количество активных ингибиторов горения и повысить конкурентоспособность разрабатываемого продукта и его безопасности.

Для получения огнестойких композиционных материалов на основе полиамида-6 и нетоксичных неорганических антипиренов при помощи установки для дифференциально-термического и термогравиметрического анализа «Термоскан-2» было проведено исследование дифференциальных тепловых эффектов превращений, которые протекают при термоллизе огнезащитных композиций, представляющих собой фосфаты и полифосфаты различного состава и способа синтеза белорусского и зарубежного производства (АН-1; АН-2; АН-3; Pekoflam TC 503; Pekoflam TC 303; Pekoflam TC 203; JLS APP 101; Exolit AP 760; Exflam APP 201; PNP 1D).

В дальнейшем сопоставление экспериментальных данных и результатов визуального наблюдения при нагреве огнезащитных композиций позволило более детально описать процесс деструкции исследуемых замедлителей горения [10].

**Заключение.** Создание ЦКП позволит работникам и обучающимся Университета, а также сторонним организациям всех форм собственности проводить научные исследования, измерения и испытания, выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в том числе по разработке новых и совершенствованию существующих методов измерений и анализа, новых составов и материалов.

Использование научного оборудования ЦКП позволит обеспечить единство и достоверность измерений при проведении научных работ, организовать повышение квалификации исследователей, а также привлекать молодых ученых с целью развития функционирующих научных школ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аушев, И.Ю. Обеспечение пожарной безопасности электропроводок напряжением 220 В / И.Ю. Аушев, П.В. Максимов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2014. – № 2 (36). – С. 105–112.
2. Аушев, И.Ю. Предотвращение пожароопасного действия электрического тока в электропроводках напряжением 220 В / И.Ю. Аушев // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 73–81.
3. Дмитриченко, А.С. Исследование стационарного нагрева изолированного проводника с током при открытой прокладке в трубах / А.С. Дмитриченко, С.Ю. Яновский, Н.И. Чайчиц // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 141–148.
4. Сороко, Д.М. Обеспечение пожарной безопасности электрических контактных соединений / Д.М. Сороко // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2009. – № 2 (10). – С. 47–51.
5. Гоман, П.Н. Методика расчета пространственно-временных параметров противопожарных барьеров лесных низовых пожаров / П.Н. Гоман // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 57–61.
6. Гоман, П.Н. Рекомендации по созданию противопожарных барьеров лесных низовых пожаров для аномально засушливых периодов / П.Н. Гоман // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 62–65.
7. Кудряшов, В.А. Результаты экспериментальных исследований огнестойкости полимерных композитных материалов, армированных стекловолокном / В.А. Кудряшов, А.С. Дробыш, А.М. Соловьянчик // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 1 (21). – С. 17–24.
8. Влияние состава неорганических замедлителей горения, хемосорбированных на полиэфирном волокнистом материале, на закономерности его термодеструкции / В.В. Богданова [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 1 (23). – С. 4–12.
9. Получение оптимального состава травильной композиции для полиэфирных материалов методом математического планирования эксперимента / В.В. Богданова [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 45–52.
10. Рева, О.В. Исследование закономерностей термодеструкции азот-фосфорсодержащих замедлителей горения, применяемых для огнезащиты полиамида-6 / О.В. Рева, Д.В. Криваль // Полимерные материалы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 77–84.

## RESEARCH ACTIVITIES OF THE CENTER FOR COLLECTIVE USE OF UNIQUE SCIENTIFIC EQUIPMENT AT THE UNIVERSITY OF CIVIL PROTECTION OF THE MES OF BELARUS

**Andrei Kamluk**, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

**Igor Aushev**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Anton Drobysh**

**Dzianis Kryval**

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The article is devoted to the functioning of the Center for collective use of scientific equipment of the university. This publication outlines the main goals and objectives of the Center, the directions of its research. The information on the available equipment is provided, and the scientific results of its use are presented.

*Methods.* Measurement of time-current characteristics of protection apparatuses and cable products, investigation of the effects of thermal radiation, synthesis of flame retardant compositions.

*Findings.* Fire safety of cable products can be ensured only by comparing the time-current characteristics of protection apparatuses and electrical conductors. The values of the critical heat load for various types of forest fuel in the ranges of its humidity and density are established. The flame retardant composition safe for human life and health has been synthesized.

*Application field of research.* The reliability of protection of cable products from fire hazardous mode of operation during the flow of electric current. The fire safety of the electrical network is assessed. The research has allowed to conduct numerical modeling of the heating and ignition of the ground cover of the forest and to develop approaches to improve fire prevention measures in the forests of Belarus. The flame retardant will reduce the number of active flame retardants and increase the safety and competitiveness of the product being developed.

*Conclusions.* The use of scientific equipment of the Center for Collective Use will ensure the unity and accuracy of measurements when conducting research, improving the qualifications of researchers, and attracting young scientists to develop functioning scientific schools.

*Keywords:* center of collective use, scientific equipment, research and developmental works.

(The date of submitting: October 19, 2018)

### REFERENCES

1. Aushev I.Yu., Maksimov P.V. Obespechenie pozharnoy bezopasnosti elektroprovodok napryazheniem 220 V [Ensuring the fire safety of electrical wiring with a voltage of 220 V]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2014. No. 2 (36). Pp. 105–112. (rus)
2. Aushev I.Yu. Predotvrashchenie pozharoопасnogo deystviya elektricheskogo toka v elektroprovodkakh napryazheniem 220 V [Prevention of the fire hazard of electric current in 220 V electrical wiring]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 73–81. (rus)
3. Dmitrichenko A.S. Issledovanie statsionarnogo nagreva izolirovannogo provodnika s tokom pri otkrytoy prokladke v trubakh [Study of stationary heating of insulated conductor with current with open laying in pipes]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 141–148. (rus)
4. Soroko D.M. Obespechenie pozharnoy bezopasnosti elektricheskikh kontaktnykh soedineniy [Ensuring fire safety of electrical contact connections]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2009. No. 2 (10). Pp. 47–51. (rus)
5. Goman P.N. Metodika rascheta prostranstvenno-vremennykh parametrov protivopozharnykh bar'erov lesnykh nizovykh pozharov [The method of calculating the spatial-temporal parameters of fire barriers of forest ground fires]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 57–61. (rus)
6. Goman P.N. Rekomendatsii po sozdaniyu protivopozharnykh bar'erov lesnykh nizovykh pozharov dlya anomal'no zasushlivykh periodov [Recommendations for the creation of fire barriers of forest ground fires for abnormally dry periods]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2013. No. 2 (18). Pp. 62–65. (rus)



7. Kudryashov V.A. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy ognestoykosti polimernykh kompozitnykh materialov, armirovannykh steklovoloknom [The results of experimental studies of fire resistance of polymer composite materials reinforced with glass fiber]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2015. No. 1 (21). Pp. 17–24. (rus)
8. Reva O.V., Bogdanova V.V., Nazarovich A.N., Shukelo Z.V. Vliyanie sostava neorganicheskikh zamedliteley goreniya, khemosorbiruyemykh na poliefirnom voloknistom materiale, na zakonomernosti ego termodestruktsii [Influence of the composition of inorganic flame retardants, chemisorbed on polyester fiber material, on the patterns of its thermal destruction]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2016. No. 1 (23). Pp. 4–12. (rus)
9. Reva O.V., Luk'yanov A.S., Arestovich D.N., Bogdanova V.V., Platonov A.S. Poluchenie optimal'nogo sostava travil'noy kompozitsii dlya poliefirnykh materialov metodom matematicheskogo planirovaniya eksperimenta [Getting the optimal composition of the etching composition for polyester materials by the method of mathematical planning of the experiment]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 45–52. (rus)
10. Reva O.V. Issledovanie zakonomernostey termodestruktsii azot-fosforsoderzhashchikh zamedliteley goreniya, primenyaemykh dlya ognezashchity poliamida-6 [Study of the patterns of thermal decomposition of nitrogen-phosphorus-containing flame retardants used for fire protection of polyamide-6]. *Polimernye materialy i tekhnologii*, 2018. Vol. 4, No. 2. Pp. 77–84.

## АВТОРЫ СТАТЕЙ

*Аушев Игорь Юрьевич*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник факультета подготовки научных кадров  
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 345-33-54, e-mail: ai@ucp.by

*Батан Дмитрий Сергеевич*

Открытое акционерное общество «Светлогорский завод железобетонных изделий и конструкций», главный инженер  
247400, Беларусь, Гомельская обл., г. Светлогорск, ул. Мирошниченко, 25

*Бирюк Виктор Алексеевич*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
заведующий кафедрой промышленной безопасности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: vik\_biruk@tut.by

*Богданович Алексей Борисович*, кандидат исторических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
заведующий кафедрой гуманитарных наук  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-09-16

*Бордак Сергей Сергеевич*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
старший преподаватель кафедры гражданской защиты  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: bordak.ucp@gmail.com

*Булавка Юлия Анатольевна*, кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,  
доцент кафедры технологии и оборудования переработки нефти и газа  
211440, Беларусь, Витебская область, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29  
e-mail: ulia-1917@yandex.by

*Вариков Геннадий Анатольевич*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник факультета предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-72-22, e-mail: gena.warikow@gmail.com

*Гоман Павел Николаевич*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры промышленной безопасности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: g\_pn83@mail.ru

*Дробыш Антон Сергеевич*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник лаборатории факультета подготовки научных кадров  
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 345-33-54, e-mail: aantox@mail.ru

*Дрозд Кирилл Михайлович*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
e-mail: kir.drozd@yandex.ru

*Иманов Расим Назим оглы*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: rasim\_fhn@mail.ru

*Жорник Виктор Иванович*, доктор технических наук, доцент

Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,  
заместитель начальника отделения технологий машиностроения и металлургии –  
заведующий лабораторией наноструктурных и сверхтвердых материалов  
220072, Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 12  
тел.: +375 (17) 284-25-18, e-mail: zhornikov@gmail.com

*Ковалева Татьяна Григорьевна*, кандидат филологических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
профессор кафедры современных языков  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-09-16, e-mail: kova77@mail.ru

*Камлюк Андрей Николаевич*, кандидат физико-математических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
заместитель начальника университета по научной и инновационной деятельности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 345-41-35, e-mail: kan@ucp.by

*Каньшина Наталья Анатольевна*, кандидат филологических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
заведующий кафедрой современных языков  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-09-16, e-mail: kanshyna@mail.ru

*Криваль Денис Викторович*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
методист факультета подготовки научных кадров  
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 345-33-54, e-mail: den.kryval@mail.ru

*Лопачук Ольга Николаевна*, кандидат экономических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
доцент кафедры экономики природопользования  
220070, Беларусь, г. Минск, пр-т Партизанский, 26  
тел.: +375 (17) 209-88-42, e-mail: lopachuk@mail.ru

*Лысенкова Майя Васильевна*, кандидат экономических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»,  
доцент кафедры экономики промышленных предприятий  
220070, Беларусь, г. Минск, пр-т Партизанский, 26  
тел.: +375 (17) 209-88-41, e-mail: maya.lysiankova@mail.ru

*Луц Любовь Николаевна*, кандидат филологических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры гуманитарных наук  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-09-16, e-mail: Golovkina8008@gmail.com

*Морозов Артем Александрович*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
преподаватель кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: morozow974@gmail.com

*Назарович Андрей Николаевич*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
научный сотрудник отдела научной и инновационной деятельности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-32-99, e-mail: nazarovich.andry@gmail.com

*Нехань Денис Сергеевич*

Учреждение «Научно-исследовательский институт  
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,  
старший инженер  
220046, Беларусь, г. Минск, ул. Солтыса, 183а  
тел.: +375 (17) 388-97-15, e-mail: denis\_nechany@mail.ru

*Новицкий Виталий Владимирович*

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,  
помощник Министра – пресс-секретарь  
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Интернациональная, 5  
тел.: +375 (17) 229-35-88

*Пармон Валерий Викторович*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник кафедры автоматических систем безопасности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: niipb@yahoo.ru

*Пасовец Владимир Николаевич*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры промышленной безопасности  
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.+375 (17) 341-73-22; e-mail: pasovets\_v@mail.ru

*Пасовец Елена Юрьевна*, кандидат юридических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры организации службы, надзора и правового обеспечения  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-72-11, e-mail: lena.eu@tut.by

*Полевода Иван Иванович*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник университета  
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-53-93, e-mail: ip@ucsr.by

*Рева Ольга Владимировна*, кандидат химических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры процессов горения и взрыва  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-35-57, e-mail: volha107@rambler.ru

*Ромашевич Татьяна Михайловна*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
преподаватель кафедры современных языков  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-09-16, e-mail: ramashevich@mail.ru

*Самедов Самедага Абзар оглы*

Министерство по чрезвычайным ситуациям Азербайджанской Республики,  
заместитель начальника главного оперативного управления  
AZ1073, Азербайджанская Республика, г. Баку, ул. М. Мушвига, 501

*Сергеев Всеволод Николаевич*, кандидат исторических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры гуманитарных наук  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-09-16, e-mail: v.n.sergeev@gmail.com

*Стриганова Марина Юрьевна*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры автоматических систем безопасности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: Striganovam@tut.by

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ  
статей для публикации в научном журнале  
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси» статьи должны представлять результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативно-техническим документам, справочные материалы и т. п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья предоставляется в двух экземплярах. Второй экземпляр статьи должен быть постранично пронумерован и подписан всеми авторами. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала <http://vestnik.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, предоставляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес [vestnik@ucp.by](mailto:vestnik@ucp.by). Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал излагается в следующем порядке:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- информация о каждом авторе: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, e-mail. Если авторов много, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;
- аннотация, ясно излагающая содержание статьи и пригодная для опубликования в реферативных журналах (не менее 80 и не более 120 слов);
- ключевые слова и словосочетания статьи (не более 15 слов);
- дата поступления статьи (месяц и год);
- введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированной литературы.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: название статьи; информация о каждом авторе: фамилия и имя (указываются по паспорту), ученая степень, ученое звание, страна, город, место работы; аннотация; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся фамилия, имя, отчество авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций и издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать интернет-ресурсы, например сайт <http://translit.net>.

Необходимо учитывать, что англоязычная аннотация – независимый от статьи источник информации, предназначенный для англоязычных читателей, которые смогут по ней ознакомиться с содержанием работы. Рекомендуемый объем – 150–300 слов. В данной аннотации уместно размещать ключевые фрагменты основной части статьи. Англоязычная аннотация должна включать в себя следующие пункты: *purpose* (раскрывается название статьи, определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *methods* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *findings* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *application field of research* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость); *conclusions* (подводятся итоги статьи, даются рекомендации, оценки, обозначаются перспективы исследования).

Основные требования к набору статей, предоставляемых в журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте издания <http://vestnik.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной Постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основное содержание статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

**Факультет заочного обучения**

**Проводит:**

**Подготовку по специальностям:**

**1-94 01 01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»** с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения заочная – 5 лет.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

**Факультет безопасности жизнедеятельности**

**Проводит:**

**Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:**

**1-94 02 72 «Инжиниринг безопасности объектов строительства»** с присвоением квалификации «Инженер по безопасности». Срок обучения 18 месяцев. Форма обучения заочная (три сессии).

**1-94 02 71 «Промышленная безопасность»** с присвоением квалификации «Инженер по промышленной безопасности». Срок обучения 18 месяцев. Форма обучения заочная (три сессии).

**1-59 01 06 «Охрана труда в отраслях непромышленной сферы»** с присвоением квалификации «Специалист по охране труда». Срок обучения 19 месяцев. Форма обучения заочная (четыре сессии).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о переподготовке на уровне высшего образования.

**Подготовка лиц к поступлению в учреждения образования Республики Беларусь по предметам:**

**Физика;**

**Математика;**

**Русский язык.**

Форма обучения – очная (вечерняя). Занятия проводятся с ноября по май т. г. по 3–4 академических часа в неделю по каждому учебному предмету преимущественно с 16.40 до 19.55. По окончании обучения выдается свидетельство государственного образца.

**Курсы повышения квалификации (на базе высшего и среднего специального образования) по образовательным программам:**

- «Экспертная деятельность»;

- «Экспертная деятельность» для работников проектных организаций;

- «Экспертная деятельность» для работников органов и подразделений по ЧС;

- «Пожарная безопасность и предупреждение чрезвычайных ситуаций»;

- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией»;

- «Проектирование систем автоматической пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения, систем противодымной защиты, систем передачи извещений, систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией»;

- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты по перечню, утвержденному Министерством по чрезвычайным ситуациям»;

- «Выполнение работ с огнезащитным составом (инженерно-технические работники)»;

- «Выполнение работ с огнезащитным составом (исполнители работ)»;

- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь»;

- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей»;

- «Промышленная безопасность» (заочная (дистанционная) форма обучения).

Занятия на курсах повышения квалификации проводятся по мере комплектования учебных групп. За неделю до начала учебных занятий заинтересованным лицам на указанный в заявке факс направляются письма с необходимой информацией.

**Обучение проводит профессорско-преподавательский состав университета и ведущие специалисты Республики Беларусь в области пожарной и промышленной безопасности.**

**Наш адрес: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25,  
тел./факс 340–71–89 (ФЗО), тел. 340-69-55, факс 340-35-58 (ФБЖ).**

**Дополнительная информация размещена на сайте института <http://ucp.by>.**

Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты МЧС Беларуси**  
***Том 2, № 4, 2018***

Редактор-корректор О.М. Павлюченко  
Компьютерная верстка И.С. Жаворонков  
Технический редактор М.В. Лапина  
Дизайн обложки И.А. Розенталь

Подписано в печать 27.11.2018.  
Формат 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 15,34. Уч.-изд. л. 15,99.  
Тираж 110 экз. Заказ 067-2018.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Государственное учреждение образования  
«Университет гражданской защиты Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/259 от 14.10.2016.  
Ул. Машиностроителей, 25, 220118, Минск.