



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

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

**Том 2, № 1, 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; 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.

*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

### Разное

**Старовойтов И.Г., Бирюк В.А., Булавка Ю.А.** Методы оценки риска в системе управления охраной труда ..... 5

### Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

**Конойко А.И., Рябцев В.Н.** Определение величины и направления изгибов и деформаций с помощью датчиков на оптоволоконных интерферометрах ..... 18

**Лихоманов А.О., Говор Э.Г., Камлюк А.Н.** Обоснование применения розеточных оросителей, изготавливаемых при помощи аддитивных технологий, в экспериментальных исследованиях качественных характеристик воздушно-механической пены низкой кратности ..... 25

**Костенко В.К., Костенко Т.В., Куценко С.В., Землянский О.Н., Майборода А.А.** Автоматическое автономное теплозащитное устройство ..... 40

**Рева О.В., Лукьянов А.С., Арестович Д.Н., Богданова В.В., Платонов А.С.** Получение оптимального состава травильной композиции для полиэфирных материалов методом математического планирования эксперимента ..... 45

### Безопасность в чрезвычайных ситуациях (технические науки)

**Рудольф В.С., Кондратович А.А., Каминский А.А., Суриков А.В., Кудряшов В.А.** Использование системы мониторинга горизонтальных стальных строительных конструкций для предотвращения чрезвычайных ситуаций, вызванных снеговой нагрузкой ..... 53

**Вермениук В.В., Ивашечкин В.В., Семенова Я.А., Немеровец О.В.** Приближенная методика расчета затопления поймы реки при экстремальных попусках из водохранилища в период половодья ..... 67

**Стриганова М.Ю., Шаталов И.М., Махмудов Э.М.о.** Методика расчетной оценки основных параметров волны вытеснения при переливе воды через гребень подпорного сооружения гидротехнического узла ..... 76

**Ковтун В.А., Короткевич С.Г., Жаранов В.А.** Компьютерное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей ..... 81

### Гражданская оборона

**Тихонов М.М., Субботин М.Н., Бордак С.С., Васюкевич А.С.** Возможные перспективы развития гражданской обороны в Республике Беларусь ..... 91

**Тихонов М.М., Бордак С.С., Любивая Е.Н., Рябцев В.Н.** Виртуальная среда как средство обучения в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций ..... 101

### Безопасность в чрезвычайных ситуациях (психологические науки)

**Голубева С.А.** Экспериментальное исследование подверженности негативному информационно-психологическому воздействию ..... 111

**Герасимчик А.П., Богданович А.Б., Карпиевич В.А., Сергеев В.Н.** Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: социально-психологический и исторический экскурс ..... 121

Авторы статей ..... 136

Правила представления статей ..... 141

## CONTENTS

### Miscellaneous

**Starovoitov I., Biruk V., Bulauka Y.** Risk assessment methods in the management system of labor protection ..... 5

### Fire and industrial safety (technical sciences)

**Konoiko A., Reabtsev V.** Determination of the values and direction of bends and deformations using sensors on fiber-optic interferometers..... 18

**Likhamanau A., Govor E., Kamluk A.** The substantiation of the application of deflector sprinklers manufactured by additive technologies in experimental studies of qualitative characteristics of the low-expansion air-mechanical foam ..... 25

**Kostenko V., Kostenko T., Kutsenko S., Zemlianskiyi O., Maiboroda A.** Automatic autonomous heat protective device..... 40

**Reva O., Lukyanov A., Aristovich D., Bogdanova V., Platonov A.** The optimal composition of the surface preparation for polyester materials by the method of mathematical planning of the experiment..... 45

### Safety in emergencies (technical sciences)

**Rudolf V., Kaminskiy A., Kondratovich A., Surikov A., Kudryashov V.** Snow load emergency situations prevention with the monitoring system equipment for steel horizontal structures ..... 53

**Veremenyuk V., Ivashchkin U., Siamionava Y., Nemerovets O.** Approximate method of calculation of inundation of river valley at extreme releases from water reservoir in the period of the high water ..... 67

**Striganova M., Shatalau I., Makhmudov E.** Methodology of estimation of the main parameters of displacement wave flowing over the crest of the supporting construction of the hydrotechnical unit ..... 76

**Kovtun V., Korotkevich S., Zharanov V.** Computer simulation and research of the stress-strain state of fire tank truck construction ..... 81

### Civil defense

**Tikhonov M., Subbotin M., Bordak S., Vasukevich A.** Possible prospects of development of civil defense in the republic of belarus ..... 91

**Tikhonov M., Bordak S., Lubivaya E., Reabtsev V.** Virtual environment as an instrument of training in the field population protection from emergencies..... 101

### Safety in emergencies (psychological sciences)

**Golubeva S.** Experimental investigation of the susceptibility to the negative information-psychological impact ..... 111

**Gerasimchik A., Bogdanovich A., Karpievich V., Sergeev V.** Formation of life safety culture: social, psychological and historical excursion ..... 121

Authors ..... 136

Rules of submitting articles for publication ..... 141

УДК 614.8.084

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА****Старовойтов И.Г., Бирюк В.А., Булавка Ю.А.**

Выполнено сравнение современных методов оценки профессиональных рисков для работников, используемых в системе управления охраной труда в отечественной и зарубежной практике. В эти методы входят: матричные методы оценки риска в системе координат «вероятность события – последствия события», система Элмери, метод Файна-Кинни, расчет индекса ОВР, предложенный АНО «Институтом безопасности труда», экспертная методика «Пять шагов оценки риска», методика НИИ труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, методика норвежской компании Det Norske Veritas, метод Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) и др.

Представлено понимание профессионального риска с позиции медицины труда, охраны труда и социального страхования. На современном этапе функционирования систем управления охраной труда нельзя говорить о существовании единого методологического подхода к определению профессиональных рисков. Также отсутствует универсальная методика оценки профессиональных рисков, каждому из используемых методов присущи преимущества и недостатки, однако все они ориентированы на улучшение условий труда на рабочем месте, сохранение жизни и здоровья работника.

*Ключевые слова:* охрана труда, профессиональный риск, метод оценки риска, вероятность и тяжесть последствий.

(Поступила в редакцию 23 ноября 2017 г.)

**Введение.** Среди многих направлений деятельности предприятий особое значение имеет деятельность по контролю и управлению охраной труда и промышленной безопасностью, так как от своевременных и обоснованных действий в этой сфере зависит жизнь и здоровье работников [1].

Общепризнанной во всем мире мерой негативного воздействия условий труда на здоровье работников является риск. В буквальном переводе слово *«риск»* означает «принятие решения, результат которого заранее неизвестен». Согласно OHSAS 18001:2007 риск – это комбинация вероятности происшествия опасного события или подвергания такому событию и серьезности травмы или ухудшения здоровья в результате этого события или подвергания такому событию [2].

Проблема оценки профессионального риска приобрела особую значимость и актуальность в связи с принятием Закона Республики Беларусь «Об охране труда» № 356-З от 23.06.2008 г., предусматривающего обязанности работодателя по обеспечению идентификации опасностей, оценке профессиональных рисков, определению мер управления профессиональными рисками и анализу их результативности [1].

**Основная часть.** Анализ действующего законодательства Республики Беларусь показал, что в рамках нашего государства необходимо понимать под *профессиональным риском* вероятность повреждения здоровья (утраты трудоспособности) или смерти работающего при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту) [3].

В настоящее время оценкой и управлением профессиональными рисками, характеризующими уровень безопасности труда, занимаются специалисты из разных областей знаний: медицины труда, охраны труда и социального страхования, и при одном предмете исследования в каждой области разработаны свои методические подходы к расчету, цели, задачи и терминологический аппарат [4, 5].

Выделяют три группы методов, применяемых для изучения профессионального риска:

1. *Санитарно-гигиенические* методы рассматривают риск с позиции гигиены труда и медицины труда, включают априорную (предварительную, прогнозируемую) и апостериорную (окончательную, основанную на ретроспективном оценивании фактически свершившихся событий) оценку риска, устанавливают количественные закономерности возникновения профессиональных заболеваний работников при воздействии вредных факторов производственной среды и трудового процесса, а величина риска определяется на основе принципов доказательной медицины с оценкой степени причинно-следственной связи нарушений здоровья от неблагоприятных условий труда. Оценка профессионального риска данными методами осуществляется в рамках комплексной гигиенической оценки условий

труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, требования к проведению которой закреплены Санитарными нормами и правилами «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденными Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 г. № 211. Согласно п. 127 Постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 8 июля 2016 г. № 85 «Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к условиям труда работающих и содержанию производственных объектов» и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства здравоохранения Республики Беларусь» администрация производственного объекта должна проводить работу по оценке и управлению *профессиональным риском*, основанную на фактическом выполнении объектом установленных санитарными нормами и правилами, гигиеническими нормативами качественных и количественных характеристиках факторов производственной среды с учетом комплексной гигиенической оценки условий труда, данных о заболеваемости работников.

2. *Экономический* метод, используемый в системе обязательного социального страхования, основан на учете всех затрат организации вследствие профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве в истекшем году. Согласно «Правилам установления надбавок к страховым тарифам по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и скидок с этих тарифов», утвержденных Указом Президента Республики Беларусь 25.08.2006 г. № 531 (в редакции Указа Президента Республики Беларусь от 01.06.2015 г. № 221) индивидуальный интегральный показатель *профессионального риска* страхователя рассчитывается как отношение суммы выплаченного страхового обеспечения в связи с произошедшими у страхователя страховыми случаями по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний к сумме начисленных и доначисленных (излишне начисленных) им страховых взносов по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в календарном году, предшествующем году расчета страховщиком надбавок и скидок.

3. *Управленческие* методы рассматривают риск с позиций охраны труда, направлены на оценку рисков травмирования, рассчитывая его как произведение последствий неблагоприятного события и частоты (вероятности) его наступления. Согласно главе 6 «Планирование идентификации опасностей, оценки рисков и контроля над рисками» Рекомендаций по разработке системы управления охраной труда в организации, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 15.04.2005 г. № 41 все опасности и риски для здоровья и безопасности работников должны быть в оперативном порядке идентифицированы и оценены, а риски, которые признаны неприемлемыми, используются как база для разработки целей и задач в области охраны труда.

В большинстве организаций Республики Беларусь, внедривших систему управления охраной труда по СТБ 18001-2009, а также в организациях, осуществляющих консалтинговую и сертификационную деятельность по обеспечению внедрения данного стандарта, широкое распространение получили экспертные методы оценки риска благодаря своей наглядности, простоте, количественному характеру определения, возможности многократного повтора и небольшим затратам на проведение [4, 5]. Единая методика оценки профессионального риска не утверждена, поэтому допускается в каждой организации разработка и применение собственной процедуры и методики оценки риска.

Наибольшее распространение для оценки рисков, ввиду своей простоты, получили *матричные методы оценки риска в системе координат «вероятность события – последствия события»* [6]. Данные методы в ходе разработки и сертификации систем управления охраной труда применяют около 90 % организаций Республики Беларусь [4, 5]. Риск определяется как двухмерная величина по вероятности возникновения и серьезности последствий. Сущность метода заключается в том, что для каждой ситуации предварительно определяют категорию вероятности ее наступления и соответствующий этой ситуации потенциальный ущерб. Расчет риска осуществляют по упрощенной формуле:

$$R = P \cdot S, \quad (1)$$

где  $R$  – риск, в баллах;  $P$  – вероятность возникновения опасности, в баллах, один из вариантов определения представлен в таблице 1;  $S$  – серьезность последствий воздействия опасности, в баллах, один из вариантов определения представлен по таблице 2.

Таблица 1. – Оценка вероятности возникновения опасности (*P*)

Значение, балл	Вероятность	Описание
1	Минимальная (очень редко)	Вероятность возникновения является незначительной. Практически невозможно предположить, что подобный фактор может возникнуть (менее 1 случая на каждые 10 000 операций либо 1 случай за 10 лет работы)
2	Умеренная (низкая частота)	Вероятность возникновения остается низкой. Подобного рода условия возникают в отдельных случаях, но шансы для этого невелики (менее 1 случая на каждые 1000 операций либо 1 случай каждый год работы)
3	Существенная (средняя частота)	Вероятность возникновения находится на среднем уровне. Условия для этого могут реально и неожиданно возникнуть (менее 10 случаев на каждые 1000 операций либо 1 случай каждый месяц работы)
4	Значительная (высокая частота)	Вероятность возникновения является высокой. Условия для этого возникают достаточно регулярно и (или) в течение определенного интервала времени (менее 10 случаев на каждые 100 операций либо 1 случай каждую неделю работы)
5	Очень высокая (очень часто)	Вероятность возникновения является очень высокой. Условия обязательно возникают на протяжении достаточно продолжительного промежутка времени (обычно в условиях нормальной эксплуатации) (каждую смену, один случай каждый рабочий день)

Таблица 2. – Оценка серьезности последствий воздействия опасности (*S*)

Значение, балл	Последствия воздействия опасности	Описание серьезности воздействия на работника
1	Минимальное воздействие (очень легкие травмы)	Незначительное воздействие, первая (доврачебная) медицинская помощь, микротравмы, незначительное воздействие на оборудование или ход работы
2	Умеренное воздействие (легкие травмы)	Угроза жизни отсутствует, оформление акта формы Н-1, потеря трудоспособности сроком более 1 дня. Для устранения поврежденный необходима дополнительная помощь или остановка работы
3	Существенное воздействие (травмы средней тяжести)	Тяжелая травма, присутствует угроза жизни или потенциальный риск для здоровья
4	Значительное воздействие (значительные травмы)	Групповые несчастные случаи с тяжелыми последствиями; несчастный случай со смертельным исходом. Существенное воздействие на оборудование и ход работ
5	Катастрофическое воздействие (очень тяжелые травмы)	Несколько несчастных случаев со смертельным исходом. Потери персонала, значимый ущерб для оборудования и окружающей среды

По значениям *P* и *S* рабочая группа оценивает риск по формуле (1), результаты оценки рисков заносятся в Карту идентификации опасностей и оценки рисков. Риски, как правило, подразделяются на три категории: менее 6 баллов – *низкие* (приемлемые при наличии мер по управлению); 6–12 баллов – *умеренные* (условно-приемлемые, присутствует потенциальная угроза); более 12 баллов – *высокие* (неприемлемые), требующие дальнейшего обязательного управления ими. Либо по двум категориям: *низкий* – приемлемый риск (менее 9 баллов) и *существенный* – неприемлемый риск (9 и более баллов), требующий разработки и реализации мер по его снижению.

Несомненным достоинством метода является простота его использования, однако данному методу присуща большая доля субъективизма. Значительная его распространенность в организациях обусловлена тем, что оценка рисков на рабочих местах является обязанностью работодателя, закрепленной на законодательном уровне, и его применение позволяет выполнить государственное нормативное требование в области охраны труда с наименьшими затратами.

На современном этапе функционирования системы управления охраной труда ряд передовых организаций внедряет альтернативные рассмотренному методы оценки профессионального риска:

1. В финской *системе Элмери* уровень безопасности условий труда оценивается по индексу безопасности (индексу Элмери), для определения которого эксперты на основании инструкции заполняют анкету, состоящую из семи разделов: производственный процесс; порядок и чистота; безопасность машин и оборудования; факторы окружающей среды; эргономика; проходы и проезды; возможность для спасения и оказания первой медицинской помощи. Результаты оценки по анализируемому рабочему месту заносятся в анкету по принципу «хорошо» либо «плохо», индекс Элмери рассчитывают по формуле [7]:

$$\text{Индекс Элмери} = \frac{\text{пункты "хорошо"}}{\text{пункты "хорошо"} + \text{пункты "плохо"}} \cdot 100. \quad (2)$$

Индекс Элмери – это процентное соотношение, значение которого может изменяться в пределах от 0 до 100 % и характеризует уровень безопасности наблюдаемого участка. Результаты расчетов можно группировать и ранжировать для определения приоритетных направлений работы по улучшению условий труда. Существенным недостатком системы Элмери является равнозначность всех факторов, оказывающих влияние на безопасность труда.

2. Российский АНО «Институт безопасности» труда предложил усовершенствованный вариант индекса Элмери – *индекс ОВР* на основе ранжирования уровня требований [8]. Индекс ОВР также выражается в виде отношения «соответствует» – «не соответствует», в этом случае несоответствия классифицируются по трем рангам:

– пункты с индексом «О» – содержат «Обязательные» (наиболее важные) требования безопасности, несоблюдение которых может непосредственно привести к травме или профзаболеванию;

– пункты с индексом «В» – содержат «Важные» требования безопасности, несоблюдение которых непосредственно не приводит к травме или заболеванию, но указывает на недостаточный уровень организации деятельности по ОТ или может привести к отягчению последствий инцидента, несчастного случая;

– пункты с индексом «Р» – содержат «Рекомендации» по организации рабочего места и трудового процесса, которые сами по себе не являются обязательными (носят рекомендательный характер), но свидетельствуют о внимании руководителей и работников к вопросам ОТ, об уровне производственной культуры и трудовой дисциплины.

Выполнение каждого из пунктов О, В, Р на обследуемом рабочем месте оценивается соответственно в 3, 2 и 1 балла. Формула расчета *индекса ОВР*:

$$\text{Индекс ОВР} = \frac{\text{СОТВ} ("О" \cdot 3 + "В" \cdot 2 + "Р" \cdot 1)}{\text{ВСЕ} ("О" \cdot 3 + "В" \cdot 2 + "Р" \cdot 1)} \cdot 100. \quad (3)$$

Индекс ОВР – это процентное соотношение, значение которого может изменяться в пределах от 0 до 100 % и позволяет более точно оценить уровень рисков и указать на мероприятия, которые следует провести в первую очередь.

Однако индекс ОВР так же, как и индекс Элмери, непосредственно не связаны с наличием и оценкой конкретных рисков на рабочем месте и основывается на предположении, что тяжесть последствий, связанных с возможными опасностями, уже учтена в требованиях охраны труда путем их отнесения к определенным уровням системы (государственные требования, отраслевые, локальные).

3. Европейское агентство по обеспечению здоровья и безопасности работников разработало экспертную методику «*Пять шагов оценки риска*» [9]. При участии специалистов многих стран Европейского союза разрабатываются контрольные карты с вопросами, в соответствии с последовательным алгоритмом осуществляется выявление и управление рисками, связанными с профессиональной деятельностью работников. Оценка риска включает пять этапов: 1. Сбор информации. → 2. Выявление угроз. → 3. Оценка риска возникновения опасностей (угроз). → 4. Планирование действий, направленных на предотвращение или снижение рисков. → 5. Документирование оценки рисков.

Этапы 2 и 3 являются ключевыми моментами методики. Выявление опасности на рабочем месте выполняется на основе заполнения анкет (Check-list) с вопросами, при этом возможно только два ответа – «да» и «нет». Предусмотрено 23 направления оценки, детализация возможных угроз упрощает работу экспертов. Реализация третьего этапа осуществляется путем выбора экспертом вероятности и тяжести реализации выявленных на втором этапе опасностей, на основе матрицы для оценки уровня риска, представленной в таблице 3 [9].

На четвертом этапе разрабатываются мероприятия и осуществляется их реализация с учетом ранга идентифицированной опасности. На завершающем этапе даются рекомендации по документированию и хранению документов. Основным недостатком данной методики, по нашему мнению, является отсутствие количественного выражения результатов оценки риска.

Таблица 3. – Матрица оценки риска

Вероятность вреда	Степень тяжести последствий		
	легкая травма	травма средней тяжести	тяжелая травма
Крайне невероятен	невысокий	невысокий	средний
Вероятен	невысокий	средний	высокий
Высоко вероятен	средний	высокий	высокий

4. Специалисты НИИ труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь разработали методику оценки профессиональных рисков на рабочих местах для организаций всех организационно-правовых форм собственности, базирующуюся на факторах, характеризующих производственные системы на уровне рабочих мест (организацию производства, технические средства, технологические мероприятия, квалификацию и поведение работников) [10]. Разработка данной методики предусматривалась Республиканской целевой программой по улучшению условий и охраны труда на 2011–2016 гг. Суть методики заключается в том, что обобщенные показатели, характеризующие профессиональные риски на рабочих местах, строятся на основе исходной оценочной базы – единичных показателей, интегрально объединяемых в единый мультипликатор. Группы показателей разделены на три уровня, взаимосвязь показателей в группах характеризуется их схожестью по отношению к факторам риска.

Уровень безопасности любого объекта  $V$  рассматривается как показатель качества. Величиной, обратной такой категории качества изделия/системы, как безопасность, является профессиональный риск

$$R = 1 - V. \quad (4)$$

Оценка уровня безопасности  $V$ , как и любого другого показателя качества  $V_i$ , может быть охарактеризована безразмерной функцией

$$V_i = f(P_i, P_i^{\text{баз}}), \quad (5)$$

где  $P_i$  – абсолютный единичный показатель;  $P_i^{\text{баз}}$  – абсолютный базовый показатель.

Оценка уровня безопасности производится путем качественного сравнения с установленным нормативным значением показателя  $V_i$ , который принимается равным 1, если относительный единичный показатель удовлетворяет установленным нормативным требованиям по охране труда, и 0 в противном случае.

Обобщенные показатели  $V_i$  на уровнях ниже 1-го получаются на основе простого среднего геометрического:

$$V_i = \sum_{j=1}^n v_j \cdot a_j, \quad (6)$$

где  $v_j$  – относительный единичный показатель рабочего места;  $a_j$  – коэффициенты весомости, причем сумма весомостей свойств

$$\sum_{j=1}^n a_j = 1. \quad (7)$$

Коэффициенты весомости групп показателей 1-го уровня для отдельных профессий, должностей, рабочих мест определяются на основании методов экспертных оценок.

Достоинством данного метода является использование реестра профессиональных рисков для предварительно разработанного рабочего места. В реестре указываются базовые показатели, характеризующие профессиональные риски на рабочем месте и регламентирующиеся установленными для данной производственной социотехнической системы нормированными (нормативными) значениями требований по охране труда. Выявление отступлений от регламентированных требований производится путем сравнения идентифицированных абсолютных единичных и установленных базовых показателей, характеризующих имеющиеся профессиональные риски.

Общая интегральная оценка профессиональных рисков на данном рабочем месте – итоговая оценка риска определяется как сумма оценок по отдельным группам риска. Итоговая оценка риска на рабочем месте рассматривается в соответствии со следующей шкалой:  $0 \leq R < 0,37$  – нормальный уровень риска («хорошо»);  $0,37 \leq R < 0,63$  – приемлемый уровень риска («допустимо»);  $0,63 \leq R \leq 1,0$  – неприемлемый уровень риска («недопустимо»).

Применение методики в организациях Республики Беларусь носит добровольный характер и не получило широкого распространения сложности ручного расчета показателей для каждого рабочего места, что может быть устранено путем создания автоматизированных систем оценки и мониторинга риска. Кроме того данная методика основывается на концепции «абсолютной безопасности» – отсутствии риска при соблюдении всех нормативных требований по охране труда, а также конечная величина не является «риском» в точном соответствии с определением.

5) Американский метод Файна-Кинни один из наиболее распространенных, как в зарубежной, так и в отечественной практике [11] и рекомендуемый к применению ТКП 057-2007. В его основе лежит принцип оценки риска путем перемножения трех характеристик, определяемых экспертом:

$$R = \text{Вероятность} \cdot \text{Подверженность} \cdot \text{Последствия}. \quad (8)$$

Подход данного метода основан на комбинации степени подверженности (длительности) воздействию производственного фактора на рабочем месте, вероятности возникновения опасности на рабочем месте и последствий (ущерба) для здоровья (см. таблицу 4).

**Таблица 4. – Характеристики событий, значение которых определяется экспертом**

Вероятность		Подверженность		Последствия	
10	ожидаемо, это случится	10	постоянная	100	катастрофа, много жертв
6	очень вероятно	6	регулярная (ежедневно)	40	авария, несколько жертв
3	необычно, но возможно	3	время от времени (еженедельно)	15	очень тяжелые, 1 человек погиб сразу или через какое-либо (длительное) время
1	невероятно	2	иногда (ежемесячно)	7	тяжелые, инвалидность
0,5	можно себе представить, но невероятно	1	редко (ежегодно)	3	серьезные, травмы и невыход на работу
0,2	почти невозможно	0,5	очень редко	1	минимальные, оказание первой помощи
0,1	почти невообразимо	0	никогда		
0	абсолютно невозможно				

Итогом такой оценки служит риск, значения которого изменяются в пределах от 0 до 10 000 условных единиц. Ранжирование рассчитанных уровней риска осуществляют с учетом тяжести последствий и экстренности принятия мер по устранению или снижению уровня риска: более 400 – крайне высокий риск (немедленное прекращение деятельности); 200–400 – высокий риск (необходимы немедленные усовершенствования); 70–200 – серьезный риск (необходимы усовершенствования); 20–70 – возможный риск (необходимо уделить внимание); 0–20 – небольшой риск (возможно приемлемый риск). К недостаткам метода относят отсутствие стандартизированной анкеты, при помощи которой можно было бы проводить проверку заранее предусмотренных элементов производственной среды, кроме того метод оценки Файна-Кинни предъявляет достаточно высокие требования к знаниям и опыту эксперта. В настоящее время существует ряд публикаций [4, 5], посвященных разработке аналогов системы Файна-Кинни, которые претерпели незначительные изменения по сравнению с первоисточником.

6. Норвежская компания Det Norske Veritas (DNV) «Норвежская Истина» применяет собственную методику экспертной оценки рисков [11]. Оценка риска осуществляется по двум основным сценариям (вариантам), отличающимся друг от друга степенью детализации параметров.

В соответствии с первым сценарием количественное определение риска основано на общепринятом его определении как произведения вероятности и тяжести неблагоприятных последствий, тогда величина риска равна произведению балльных оценок вероятности событий (см. таблицу 5) и тяжести последствий событий (см. таблицу 6).

Таблица 5. – Вероятность событий

Уровень		События и их частота
балл	вероятность	
5	почти достоверно	регулярно наблюдаемое на предприятии (в отрасли) событие; событие, происходящее часто
4	достаточно достоверно	периодически наблюдаемое на предприятии (в отрасли) событие
3	вероятно	иногда происходящее на предприятии (в отрасли) событие
2	маловероятно	событие, которое редко наблюдается на предприятии (в отрасли)
1	почти невероятно	событие, происходящее только при исключительном стечении обстоятельств; 1–2 случая за всю историю наблюдений в отрасли;

Таблица 6. – Тяжесть последствий событий

Баллы	Люди	Экология	Общество, СМИ, репутация	Закон	Культура	Финансовые потери	Остановка производства
5	смертельные исходы для более 20 человек; тяжкий вред здоровью	экологические последствия с нарушением экосистемы	подорвана репутация	расследование комиссией правительства, судебный процесс	общественный резонанс; разрушение культурного наследия	более 100 млн. руб.	более 6 мес.
4	постоянная нетрудоспособность, инвалидность; смертельный исход	нарушение экосистемы (видовой состав)	трансляция по национальному телевидению (ТВ)	нарушение федерального закона, обвинение, судебный процесс	общественный резонанс; пренебрежение культурным наследием	менее 100 млн. руб.	до 1 мес.
3	серьезное ранение, болезнь; потеря трудоспособности	сбросы, выбросы, стоки вредных продуктов производства на территорию предприятия, локализуемые с постоянной помощью	трансляция по местному ТВ, несколько телефонных звонков	нарушение закона, обвинение, умеренные штрафные санкции	общественный резонанс; влияние на культурное наследие	до 10 млн. руб.	до 1 нед.
2	травма, требующая медицинской помощи, реабилитации	продолжительные неконтролируемые сбросы, выбросы, стоки вредных продуктов производства на территорию предприятия	статья в местной прессе	нарушение отраслевых нормативных документов, небольшие штрафные санкции	небольшое влияние на культурное наследие	до 500 тыс. руб.	до 24 ч.
1	легкая травма	разовый, неконтролируемый сброс, выброс, сток вредных продуктов производства с немедленной дезактивацией	один телефонный звонок	нарушение ЛНПА, лишение премии	слабое влияние на культурное наследие	до 10 тыс. руб.	менее 12 ч.

Второй вариант оценки риска характеризуется менее детализированным алгоритмом: предварительная оценка частоты и тяжести последствий событий (см. таблицу 7) с последующим расчетом риска путем их перемножения.

Второй вариант, в отличие от первого, имеет оценочную шкалу, позволяющую ранжировать риски: 1–8 баллов – незначительный риск; 9–11 – заслуживающий внимания; 12–20 – неприемлемый риск.

Особенность такой системы оценки рисков заключается в учете не только прямых финансовых и человеческих потерь, но и последствий, неблагоприятных для окружающей среды, имиджа предприятия и культурного наследия. Данный подход позволяет более тщательно анализировать и моделировать возможные ситуации с целью разработки эффективных профилактических мероприятий по снижению рисков. Однако увеличение номенклатуры оцениваемых параметров требует привлечения большего количества специалистов, обладающих достаточным опытом в соответствующих областях знаний.

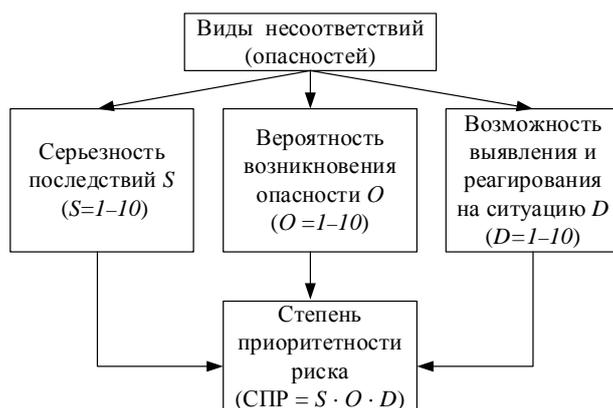
**Таблица 7. – Частота событий и тяжесть их последствий**

Частота событий			Тяжесть последствий событий		
Балл	Частота	Характеристика события	Балл	Уровень	Характеристика события
5	часто	случается постоянно	4	катастрофический	случай, который может привести к смерти пострадавшего (по результатам анализа произошедших несчастных случаев)
4	возможно	встречается	3	серьезный	случай, при котором возможно получение тяжелой травмы, профзаболевания
3	редко	встречается, но на других предприятиях	2	средний	случай, при котором возможно получение незначительной (легкой) травмы (наличие больничного листа)
2	очень редко	маловероятно, но возможно	1	легкий	случай, при котором возможно получение незначительной травмы (по результатам анализа микротравм)
1	невероятно	предположительно не случится			

7. Американский метод Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) позволяет выполнять количественную оценку рисков и объективно выявить недопустимые риски [12]. Методология FMEA представлена в виде блок-схемы на рисунке 1. Степень приоритетности риска (СПР) определяют по формуле:

$$СПР = S \cdot D \cdot P, \tag{10}$$

где  $S$  – серьезность последствий воздействия опасности (по таблице 8), балл;  $D$  – возможность выявления и реагирования на ситуацию (по таблице 9), балл;  $O$  – вероятность возникновения опасности (по таблице 10), балл.



**Рисунок 1. – Блок-схема оценки риска методом FMEA**

**Таблица 8. – Критерии серьезности последствий воздействия опасности**

$S$ , балл	Последствия	Критерий
1–2	отсутствуют или очень незначительные	превышение нормативов по безопасности и условиям труда отсутствует или превышение нормативов по безопасности и условиям труда незначительное
3–4	слабые	возможность несчастного случая без потери трудоспособности и возникновения профзаболевания
5–6	умеренные	возможность несчастного случая с потерей трудоспособности более 1 суток
7–8	серьезные	возможность несчастного случая с тяжелым исходом, острым профзаболеванием; возможность несчастного случая с тяжелым исходом, в том числе группового
9–10	опасные	возможность несчастного случая с летальным исходом; возможность группового несчастного случая с летальным исходом

В зависимости от значения СПР риски классифицируются по уровню значимости на: низкие (СПР = 1–50); допустимые (СПР = 51–150); недопустимые (СПР > 151). Недопустимые риски рассматриваются как неприемлемые и требуют разработки программы управления охраной труда, включающей мероприятия по достижению установленных целей в области охраны труда. Метод FMEA в отечественных СУОТ не получил широкого распространения, что связано со значительной сложностью и необходимостью высокой квалификации экспертов.

**Таблица 9. – Критерии возможности выявления и реагирования на ситуацию**

D, балл	Возможность выявления	Критерии
1–2	почти наверняка	существующие способы контроля позволяют выявить возникшую ситуацию практически немедленно; реагирование может быть осуществлено незамедлительно
3–4	высокая	высокая возможность обнаружения условий возникновения риска; быстрая реакция возможна
5–6	средняя; условия могут реально возникнуть	средняя возможность обнаружения условий возникновения риска; требуется некоторое время на реагирование
7–8	маловероятная	низкая возможность обнаружения условий возникновения риска; быстрая реакция невозможна
9–10	невероятная	условия возникновения риска в приемлемый период времени выявлены не будут; быстрая реакция невозможна

**Таблица 10. – Критерии вероятности возникновения опасности**

O, балл	Вероятность возникновения опасности	Возможная относительная частота события
1–2	очень малая; практически невероятно возникновение опасности	менее 1 случая на каждый 1 000 000 операций
3–4	низкая; условия возникают в отдельных случаях	от 1 случая на каждые 20 000 операций до 1 случая на каждые 2 000 операций
5–6	средняя; условия могут реально возникнуть	от 1 случая на каждые 80 операций до 1 случая на каждые 2 000 операций
7–8	высокая	от 1 случая на каждые 8 операций до 1 случая на каждые 80 операций
9–10	почти наверняка	1 случай из 2 операций

Существуют и другие подходы к оценке уровней воздействия факторов производственной среды на здоровье работающих. В СТБ ISO/IEC 31010 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» и [13–18] приведены характеристики некоторых из них, применяемые при достаточной статистической базе: предварительный анализ опасностей (Process Hazard and Analysis – PHA), исследование опасности и работоспособности (Hazard and Operability – HAZOP), анализ человеческих ошибок (Human Hazard and Operability – Human HAZOP); метод проверочного листа (Check-list); метод «Что будет, если..?» (What – If); анализ дерева неисправностей (FTA), анализ дерева событий (ETA), концептуальный обзор безопасности (Concept Safety Review – CSR); анализ вида, последствий и критичности отказа (Failure Mode, Effects and Critical Analysis – FMECA); оценка надежности оператора (оценка человеческого фактора, HRA); методика оценки и определения потенциального риска (Methods of potential risk determination and evaluation); методика анализа эффекта домино (Methodology of domino effects analysis); анализ сценариев, анализ схемы «галстук-бабочка», Байесова статистика и сети Байеса и др.

**Заключение.** Аналитический обзор научных публикаций позволил сделать следующие выводы:

1) методы оценки профессионального риска с позиции гигиены и медицины труда сводятся к определению вероятности получения профессионального или профессионально обусловленного заболевания и требуют наличия специальных медицинских знаний для установления вклада факторов рабочей среды в развитие различных патологий, анализа показателей состояния здоровья работников. Кроме того, методы данной группы в большей степени ориентированы на медперсонал и соответствующие системы сбора и обработки информации, не учитывают факторы риска, связанные с технологическими и организационными особенностями производственного процесса. В связи с этим рассмотренные методы находят ограниченное применение в существующих системах управления охраной труда;

2) в основе расчета профессионального риска с позиции социального страхования лежит его апостериорная оценка, основанная исключительно на учете статистических данных по профессиональным заболеваниям и несчастным случаям и в значительной степени зависящая от достоверности и тщательности регистрации происшествий. Интегральный показатель профессионального риска рассчитывается для всей организации в целом и не зависит от условий труда определенного рабочего места (участка) и вида профессиональной деятельности;

3) методы определения профессионального риска с позиции охраны труда, используемые в настоящее время в системах управления охраной труда, основаны на экспертной

оценке, достоверность которой зависит от правильности субъективной оценки различных факторов и интерпретации результатов. Используемые как в нашей стране, так и за рубежом, экспертные методы могут быть объединены в три группы в зависимости от представления сущности интегрального показателя профессионального риска как:

а) степени выполнения требований безопасности (система Элмери; индекс ОВР; методика «Пять шагов оценки риска»);

б) показателя, представляемого в категориях качества изделия/системы (методика, разработанная учреждением «НИИ труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь»);

в) математической модели, предусматривающей перемножение и (или) суммирование составляющих показателей риска, как правило, вероятности и тяжести последствий событий, а также других показателей (метод Файна-Кинни; методика норвежской компании DNV; метод FMEA; матричные методы оценки риска в системе координат «вероятность события – последствия события»).

Приведенный выше аналитический обзор методов и подходов к количественной оценке профессиональных рисков показывает, что на сегодняшний день нельзя говорить о существовании единого методологического подхода к их определению, каждому методу присущи свои преимущества и недостатки, однако все они ориентированы на улучшение условий труда на рабочем месте, сохранение здоровья и жизни работника.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Булавка, Ю. А. Оценка риска от воздействия вредных и опасных производственных факторов на состояние здоровья работающих нефтеперерабатывающего предприятия (на примере производства смазочных масел, битумов и присадок): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Ю.А. Булавка; Полоцкий гос. ун-т. – Новополоцк, 2013. – 24 с.
2. Occupational health and safety management systems. Specification: OHSAS 18001. – London: British Standards Institute, 2007. – 76 p.
3. О страховой деятельности: Указ Президента Респ. Беларусь, 25 авг. 2006 г., № 530: с изм. и доп., вступ. в силу с 01 янв. 2017 г. // Консультант Плюс: Беларусь, версия 4016.00.07 сборка 217001 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.
4. Современное состояние и совершенствование методики экспертной оценки профессионального риска на рабочих местах / Ю.А. Булавка // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2013. – № 3. – С. 156–163.
5. Совершенствование технологии экспертной оценки профессионального риска на рабочих местах / Ю.А. Булавка // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 7. – С. 9–15.
6. Системы управления охраной труда. Порядок проведения работ по оценке рисков в области охраны труда: методические рекомендации. – Введ. 19.06.06. – Минск: БелГИСС, 2007. – 13 с.
7. Лайтинен, Х. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности. Система Элмери / Х. Лайтинен [и др.]. – Хельсинки: Институт профессионального здравоохранения Финляндии, 2000. – 24 с.
8. Ефремова, О.С. Профессиональный риск. Оценка и определение: практическое пособие / О.С. Ефремова. – М.: Альфа-Пресс, 2010. – 336 с.
9. Practical Tools and Checklists for Risk Assessment /European Agency for Safety and Health at Work. – Bilbao: EU-OSHA, 2007. – 78 p.
10. Оценка профессиональных рисков производственного травматизма и профессиональных заболеваний [Электронный ресурс] / В. Король [и др.]. НИИ труда Респ. Беларусь. – Минск, 2010. – Режим доступа: <https://otb.by/news/1913-online-marafon-ministerstva-truda-ocenka-riskov>. – Дата доступа: 30.10.2017.
11. Севастьянов, Б.В. Методы количественных оценок в менеджменте производственных и профессиональных рисков / Б.В. Севастьянов, И.Ю. Лобова // Безопасность в техносфере. – 2008. – № 1. – С. 13–18.
12. Быстрова, И.Б. Метод FMEA в системах управления охраной труда / И.Б. Быстрова // Охрана труда и социальная защита. – 2007. – № 7. – С. 22–24.
13. Risk management – Risk assessment techniques: ISO / IEC 31010:2009. It is commissioned 2009-10-09. – Geneva: IEC, 2009. – 92 p.
14. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis: IEC 60812:2006. It is commissioned 2006-01-01. – Geneva: IEC, 2006. – 54 p.

15. Environmental Risk Management – Principles and Process: HB 203 : 2006. It is commissioned 2006-02-24. – Sydney: Standards Australia International; Wellington N.Z.: Standards New Zealand. – 2006. – 98 p.
16. Fault tree analysis : IEC 61025 : 2006. It is commissioned 2006-12-13. – Geneva : IEC. – 58 p.
17. Hazard and operability studies (HAZOP studies). Application guide : IEC 61882 : 2001. It is commissioned 2001-05-01. – Geneva: IEC. – 64 p.
18. Степанов, И.С. Методы анализа и оценки рисков в системах управления охраной труда и промышленной безопасности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Горная книга. – 2016. – № 3 (спец. выпуск 11). – 12 с.

## RISK ASSESSMENT METHODS IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF LABOR PROTECTION

**Igor Starovoitov**

Ministry of Labor and Social Protection of Belarus, Minsk, Belarus

**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

*Purpose.* This article compares modern methods for assessing occupational risks for employees used in the occupational safety management system in domestic and foreign practice.

*Methods.* These methods include matrix methods for assessing risk in the coordinate system «probability of an event – the consequences of an event», the Elmeri system, the Fine-Kinney technique, OVR, proposed by the ANO «Labor Safety Institute», the expert methodology «Five Steps for Risk Assessment», the methodology of the Labor Research Institute of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus, the methodology of Norwegian company Det Norske Veritas, and the method of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), as well as others.

*Findings.* The interpretation of occupational risk from the perspective of occupational medicine, occupational safety and social insurance is presented.

*Application field of research.* At the present stage of functioning of occupational safety management systems it is impossible to speak about the existence of a single methodological approach to the definition of occupational risks.

*Conclusions.* There is also no universal method of assessment of occupational risks, each of the methods used has advantages and disadvantages, but all are focused on improving working conditions in the workplace, preservation of life and health of the employee.

*Keywords:* labor protection, occupational risks, methods for assessing occupational risks, probability, gravity of the consequences.

(The date of submitting: November 23, 2017)

### REFERENCES

1. Bulavka Yu. A. *Otsenka riska ot vozdeystviya vrednykh i opasnykh proizvodstvennykh faktorov na sostoyanie zdorov'ya rabotayushchikh neftepererabatyvayushchego predpriyatiya (na primere proizvodstva smazochnykh masel, bitumov i prisadok)* [Risk assessment from the impact of harmful and hazardous production factors on the health status of the operating oil refinery (for example, the production of lubricating oils, bitumen and additives)] PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.26.01. Polotsk State University. Novopolotsk, 2013. (rus)
2. *Occupational health and safety management systems*. Specification: OHSAS 18001 London: British Standards Institute, 2007. 76 p.
3. O strakhovoy deyatelnosti [On insurance activity]: Decree of the President of the Republic of Belarus, August 25, 2006, No. 530: with amendments and additions, entered January 1, 2017. *Konsul'tant Plyus: Belarus' (Electronic resource)*. OOO «YurSpektr», National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2017. (rus)
4. Bulavka Yu.A. *Sovremennoe sostoyanie i sovershenstvovanie metodiki ekspertnoy otsenki professional'nogo riska na rabochikh mestakh* [Current status and improvement of the methodology for expert assessment of occupational risk in the workplace]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. B, Promyshlennost'. Prikladnye nauki*, 2013. No. 3. Pp.156–163. (rus)
5. Bulavka Yu.A. *Sovershenstvovanie tekhnologii ekspertnoy otsenki professional'nogo riska na rabochikh mestakh* [Improving the technology of expert assessment of occupational risk in the workplace]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2013. No. 7. Pp. 9–15. (rus)
6. *Sistemy upravleniya okhrany truda. Poryadok provedeniya rabot po otsenke riskov v oblasti okhrany truda : metodicheskie rekomendatsii* [Occupational safety management systems. The order of work on risk assessment in the field of labor protection: methodical recommendations]. Introduced 19.06.06. Minsk: BelGISS, 2007. 13 p. (rus)
7. Laytinen Kh. And oth. *Posobie po nablyudeniyu za usloviyami truda na rabochem meste v promyshlennosti. Sistema Elmeri* [Manual for monitoring working conditions in the workplace in in-

- dustry. The Elmer System]. Helsinki: Institute of Occupational Health of Finland, 2000. 24 p. (rus)
8. Efremova O.S. *Professional'nyy risk. Otsenka i opredelenie: prakticheskoe posobie* [Professional risk. Evaluation and definition: a practical guide]. Moscow: Izdatel'stvo «Al'fa-Press», 2010. 336 p. (rus)
  9. Practical Tools and Checklists for Risk Assessment. European Agency for Safety and Health at Work. Bilbao: EU-OSHA, 2007. 78 p.
  10. Korol' V. and oth. *Otsenka professional'nykh riskov proizvodstvennogo travmatizma i professional'nykh zabolevaniy* [Assessment of occupational risks of occupational injuries and occupational diseases]. NII truda Resp. Belarus'. Minsk, 2010, available at: <http://https://otb.by/news/1913-online-marafon-ministerstva-truda-ocenka-riskov> (accessed: October 30, 2017). (rus)
  11. Sevast'yanov B.V., Lobova I.Yu. *Metody kolichestvennykh otsenok v menedzhmente proizvodstvennykh i professional'nykh riskov* [Methods of quantitative assessments in the management of industrial and occupational hazards]. *Bezopasnost' v tekhnosfere*, 2008. No. 1. Pp. 13–18. (rus)
  12. Bystrova I.B. *Metod FMEA v sistemakh upravleniya okhrany truda* [The FMEA method in occupational safety management systems]. *Okhrana truda i sotsial'naya zashchita*, 2007. No. 7. Pp. 22–24. (rus)
  13. *Risk management – Risk assessment techniques: ISO. IEC 31010:2009*. It is commissioned 2009-10-09. Geneva : IEC, 2009. 92 p.
  14. *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis : IEC 60812 : 2006*. It is commissioned 2006-01-01. Geneva : IEC, 2006. 54 p.
  15. *Environmental Risk Management – Principles and Process : HB 203 : 2006*. It is commissioned 2006-02-24. Sydney : Standards Australia International ; Wellington N.Z. : Standards New Zealand, 2006. 98 p.
  16. *Fault tree analysis : IEC 61025 : 2006*. It is commissioned 2006-12-13. Geneva : IEC. 58 p.
  17. *Hazard and operability studies (HAZOP studies). Application guide : IEC 61882 : 2001*. It is commissioned 2001-05-01. Geneva : IEC. 64 p.
  18. Stepanov I.S. *Metody analiza i otsenki riskov v sistemakh upravleniya okhrany truda i promyshlenoy bezopasnosti* [Methods of analysis and risk assessment in occupational safety and industrial safety management systems]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal)*. Moscow: Publishing House «Gornaya kniga», 2016. No. 3. (special issue 11). 12 p. (rus)

УДК 621.372.8

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ИЗГИБОВ И ДЕФОРМАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКОВ НА ОПТОВОЛОКОННЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРАХ

Конойко А.И., Рябцев В.Н.

Разработан лабораторный макет волоконно-оптического интерферометрического датчика на основе двух интерферометров Майкельсона с использованием излучения на двух длинах волн, позволяющего измерять как величину, так и направление в плоскости смещения изгибов и деформаций контролируемых объектов, проведены его экспериментальные исследования. Результаты исследований показали соответствие положения боковых пиков выходной интерференционной картины величине и направлению реального смещения измерительного волокна.

*Ключевые слова:* волоконно-оптические датчики, векторный датчик изгибов, волоконно-оптический интерферометр Майкельсона, смещение интерференционной картины, изгибы и напряжения, величина и направление деформации.

(Поступила в редакцию 29 декабря 2017 г.)

**Введение.** Для обеспечения безопасного функционирования зданий, мостов, туннелей, дамб и других сооружений необходимо осуществлять постоянный контроль их технического состояния, т. е. измерять напряжения, нагрузки, вибрации конструкций и материалов, изменение их температуры и т. д. В последнее время для этих целей активно используются волоконно-оптические датчики [1, 2].

Волоконно-оптические датчики физических величин имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными электронными устройствами благодаря использованию оптических волокон в качестве чувствительных элементов. Тем самым достигаются: отсутствие влияния на результат измерения электромагнитных полей; отсутствие побочных электромагнитных излучений; отсутствие перекрестных помех каналов; отсутствие проблем, связанных с контурами заземления и с напряжениями смещения в местах соединения разнородных проводников; существенно меньшая электрическая опасность и отсутствие проблемы дугообразования и искрения; высокая стойкость к вредным воздействиям среды; малые габариты и вес; высокая механическая прочность; стойкость к повышенным температурам, вибрациям и другим воздействиям окружающей среды; высокая скорость передачи данных. Кроме того, волоконно-оптические датчики могут использоваться во взрывоопасной среде ввиду абсолютной взрывобезопасности. Они химически инертны и имеют простую конструкцию и высокую надежность.

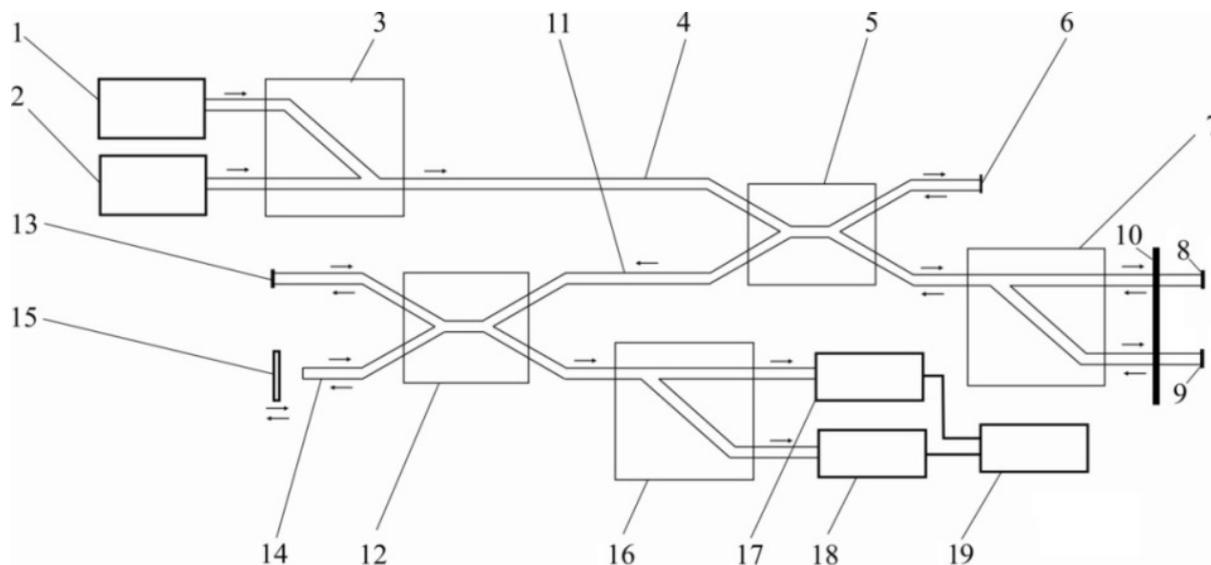
При измерении напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений помимо величины изгибов и деформаций существует необходимость измерять также и их направление. Определение направления изгиба играет важную роль, например, при использовании датчиков для мониторинга состояния ветровых турбин, расположенных вдали от мест обитания человека, особенно на затапливаемых приливами участках морского побережья, строительных кранов, мостов, путепроводов. Решить данную задачу позволяет разработка векторных датчиков [3,4].

Волоконно-оптические интерферометрические датчики обладают наибольшей чувствительностью к изгибам и деформациям по сравнению с датчиками других типов. Они позволяют фиксировать изгибы и смещения субмикронных размеров [5]. Однако существующие датчики на основе волоконно-оптических интерферометров не позволяют определять направление деформаций.

В данной работе рассматривается конструкция и лабораторный макет оптического датчика на основе двух волоконных интерферометров Майкельсона для определения величины изгибов и деформаций контролируемых объектов.

**Принципы работы датчика.** Структурная схема датчика представлена на рисунке 1. Основу датчика составляют два волоконных интерферометра Майкельсона. Волоконно-оптический интерферометр Майкельсона представляет собой два оптических волокна, соединенные волоконно-оптическим разветвителем с коэффициентом разветвления 50 : 50. Вход первого интерферометра соединен с источником оптического излучения. Оптический сигнал делится в разветвителе и поступает на два отрезка волокна. Эти волокна служат плечами интерферометра. Одно плечо интерферометра далее

разделяется на два волокна. Эти волокна (измерительные волокна) жестко связаны с контролируемым объектом и следуют всем его деформациям. Второе плечо представляет собой опорное волокно, которое расположено свободно и не подвергается деформациям. Для усиления отражения на торцы волокон нанесено отражающее покрытие. Отраженные от торцов оптические сигналы поступают на разветвитель, где интерферируют. Интерференционный сигнал на выходе интерферометра зависит от разности оптических длин плеч интерферометра.



1, 2 – источник излучения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ ; 3 – Y-образный волоконно-оптический разветвитель; 4, 11 – подводящее оптическое волокно; 5, 12 – X-образный волоконно-оптический разветвитель; 6 – опорное оптическое волокно; 7, 16 – Y-образный волоконно-оптический разветвитель с разделением по длинам волн; 8, 9 – измерительное оптическое волокно; 10 – соединительный стержень; 13, 14 – эталонное оптическое волокно; 15 – регулируемая линия задержки; 17, 18 – фотодетектор; 19 – блок обработки сигналов

**Рисунок 1. – Структурная схема волоконно-оптического векторного датчика изгибов**

Деформация объекта и связанного с ним измерительного волокна приводит к изменению разности плеч интерферометра и, соответственно, к смещению интерференционной картины. Однако это смещение является относительным, и для отслеживания деформации волокна необходимо производить измерения непрерывно, что не всегда является возможным и удобным. Для измерения абсолютной деформации используется второй интерферометр, на вход которого поступает суммарный сигнал с выхода первого интерферометра.

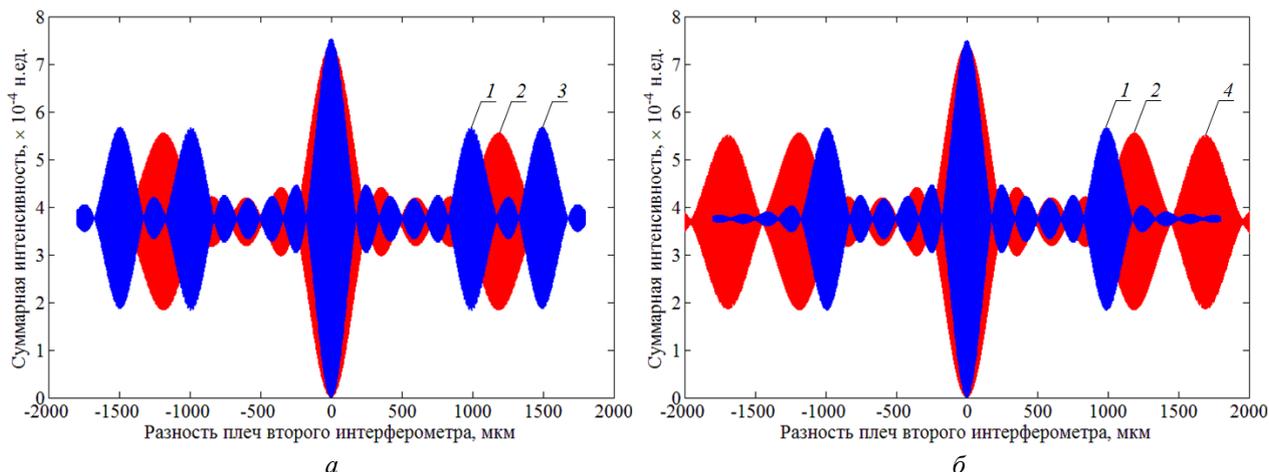
Разность оптических длин плеч второго интерферометра можно регулировать с помощью линии задержки. Огибающая интерференционной картины на выходе второго интерферометра представляет собой три пика когерентности (рисунок 2). Центральный пик образуется при равновесии двух плеч второго интерферометра Майкельсона, т. е. при отсутствии разности оптического пути. Боковые пики возникают при соответствии разности оптических длин плеч второго интерферометра оптической разности хода в первом интерферометре. Таким образом, разность между положением центрального и одним из боковых пиков соответствует разности плеч первого интерферометра.

Поскольку разность плеч первого интерферометра зависит от деформации контролируемого объекта, разность положений бокового и центрального пиков позволяет однозначно определить величину деформации.

Для определения направления деформации используется второе измерительное волокно, на которое подается оптический сигнал на другой длине волны. Одни концы обоих измерительных волокон закреплены неподвижно, другие – в поворотном устройстве. Деформация контролируемого объекта передается на измерительные волокна при помощи жесткого стержня через поворотное устройство (рисунок 3).

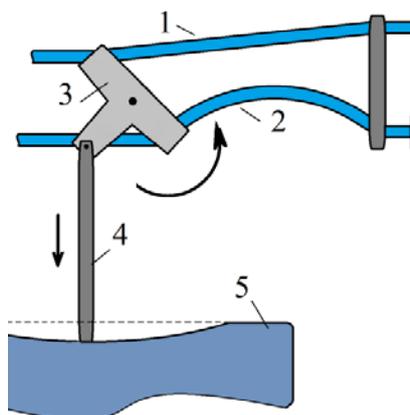
Деформация контролируемого объекта приводит к повороту закрепляющего устройства. В результате одно из измерительных волокон изгибается (волокно 2 на рисунке 3), но при этом его длина сохраняется. Второе измерительное волокно (волокно 1) растягивается, что вызывает дополнительный набег фазы оптического сигнала,

проходящего по этому волокну. При этом набег фазы в этом измерительном волокне по сравнению с опорным волокном зависит от величины деформации контролируемого объекта, соотношения плеч поворотного устройства и длины волны оптического излучения в волокне. Как уже говорилось, набег фазы определяет величину смещения боковых пиков интерференционной картины. Поскольку в обоих измерительных волокнах распространяется оптическое излучение на разных длинах волн, а набег фазы отличается между собой, интерференционные картины на разных длинах волн будут смещены относительно друг друга. На выходе второго интерферометра сигналы на разных длинах волн разделяются с помощью волоконно-оптического разветвителя с разделением по длинам волн, и полученные интерференционные картины фиксируются отдельными фотоприемниками. Отметим, что волны с разными длинами не интерферируют между собой, поэтому интерференционные картины не будут влиять друг на друга.



**Рисунок 2. – Интерференционная картина на выходе второго интерферометра на длинах волн 1,31 (кривые 1, 3) и 1,55 (кривые 2, 4) мкм при выпуклой (а) и вогнутой (б) деформации контролируемого объекта. Кривые 1 и 2 описывают интерференционную картину в исходном состоянии интерферометра, 3 и 4 – при деформации контролируемого объекта.**

Полуширина линии излучения лазера равна 10 мкм



1, 2 – измерительные волокна; 3 – закрепляющее поворотное устройство;  
4 – соединительный стержень; 5 – контролируемый объект

**Рисунок 3. – Схема устройства соединения измерительных волокон с контролируемым объектом**

Поскольку практически невозможно подобрать два волокна одинаковой длины, длины плеч первого интерферометра в исходном состоянии отличаются друг от друга. В результате существуют начальные разности фаз сигналов в измерительных волокнах по сравнению с опорным волокном. Поэтому интерференционная картина с центральным и боковыми пиками наблюдается и для интерферометра в исходном состоянии (кривые 1, 2 на рисунке 2). Воздействие на одно из измерительных волокон приводит к дополнительному набегу фаз оптического сигнала в этом волокне. В случае, когда длины измерительных волокон в исходном состоянии несколько превышают длину опорного

волокна, дополнительное растяжение измерительного волокна приводит к смещению боковых пиков в сторону от центрального пика (кривые 3,4 на рисунке 2). При этом положение пиков на другой длине волны не изменяется. Смещение пика прямо пропорционально величине воздействия на измерительное волокно. Таким образом, величину деформации контролируемого объекта можно определить по смещению боковых пиков относительно их положения в исходном состоянии.

При выпуклой деформации объекта дополнительный набег фазы по отношению к опорному волокну испытывает сигнал, проходящий по волокну, расположенному ближе к объекту. Следовательно, боковые пики интерференционной картины на длине волны, соответствующей измерительному волокну 2, будут расположены дальше от центрального пика (рисунок 2а). При обратной (вогнутой) деформации объекта больший радиус изгиба будет у волокна, расположенного дальше от измеряемого объекта, поэтому наблюдается смещение бокового пика на длине волны, соответствующей измерительному волокну 1 (рисунок 2б).

Следовательно, сравнивая относительное смещение боковых пиков на разных длинах волн по отношению к исходному состоянию, можно определить направление деформации контролируемого объекта в плоскости его изгиба.

**Лабораторный макет датчика.** Общий вид лабораторного макета интерферометрического датчика, позволяющего с высокой точностью измерять величину и направление в плоскости смещения изгибов и деформаций контролируемых объектов, представлен на рисунке 4.

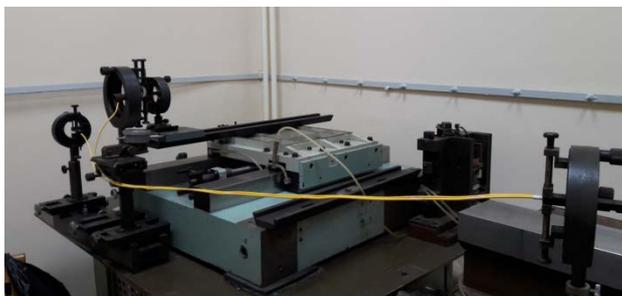


Рисунок 4. – Блок измерений (регулируемая линия задержки) лабораторного макета датчика

Для генерации стабилизированного излучения в одномодовых оптических волокнах использовался источник оптического излучения ОТ-2-7/ИИ на базе высокостабильных лазерных светодиодов, излучающих на длинах волн 1,31 и 1,55 мкм (нестабильность уровня мощности излучения за 15 минут не более  $\pm 0,03$  дБ). Полуширина спектра излучения светодиодов составляла 10 нм. Излучение с длиной волны 1,31 мкм поступало на измерительное волокно, расположенное ближе к контролируемому объекту (волокно 2 на рисунке 3). На дальнейшее волокно (волокно 1 на рисунке 3) подавалось излучение на длине волны 1,55 мкм.

Параметры подводящих оптических волокон подобраны под соответствующий диапазон длин волн источника излучения. Х-образные волоконно-оптические разветвители представляют собой две пары отрезков одномодовых оптических волокон, сердцевин которых сплавлены на некотором участке. Длина сплавленного участка подобрана так, чтобы оптическое излучение, подаваемое на входные волокна, распределялось между его выходными волокнами с коэффициентом разветвления 50 : 50. Волоконно-оптические разветвители с разделением по длине волны обеспечивают разделение входного излучения на разных длинах волн по отдельным выходным волоконным каналам.

Выходные торцы измерительных и эталонного оптических волокон покрыты зеркальным диэлектрическим покрытием, что позволяет исключить фазовые искажения интерферирующих световых волн.

Регулируемая линия задержки представляет собой подвижное зеркало на механическом приводе и смонтирована на воздушной подушке, для того чтобы исключить влияние вибрационных помех на результаты измерений и нарушения юстировки. Зеркало представляет собой многослойную диэлектрическую структуру из периодических слоев с большими и меньшими показателями преломления. Толщина слоев подобрана таким образом, чтобы получить максимум коэффициента отражения для соответствующей длины волны.

Для регистрации выходных сигналов с высокой точностью использовались измерители оптической мощности ОТ-2-7/ИМ (на основе фотодиода InGaAs с размером фоточувствительной площадки 1 мм, погрешность измерения оптической мощности  $\pm 0,22$  дБ). Для обработки и визуализации сигналов использовался персональный компьютер.

Измерение деформаций измерительных волокон проводилось с помощью микрометра с ценой деления 10 мкм. Для имитации деформации контролируемого объекта использовалось устройство в виде оптического столика с микровинтом. Размеры плеч поворотного устройства сделаны равными друг другу. В зависимости от хода винта растягивалось волокно 1 или 2 (рисунок 3), что приводило к набегу фазы оптического сигнала в соответствующем волокне и смещению бокового пика интерференционной картины на выходе второго интерферометра. Зеркало линии задержки второго интерферометра смещалось при помощи микрометра с точностью позиционирования 10 мкм. Шаг перемещения зеркала линии задержки составлял 50 мкм при переходе между пиками и 10 мкм – внутри пика для более точного определения положения его максимума. Цифровые значения измеряемых сигналов сохранялись в файле данных, который в дальнейшем использовался для построения интерференционной картины в графическом редакторе.

Первоначальные измерения проводились при отсутствии воздействия на измерительные волокна. Далее имитировалась деформация контролируемого объекта на различную величину с шагом 50 мкм. Смещение или деформация контролируемого объекта определялись по величине сдвига бокового пика относительно его положения в исходном состоянии. На рисунке 5 представлено измеренное суммарное распределение сигналов на двух длинах волн на выходе второго интерферометра. Кривые 1 и 2 описывают экспериментальные значения интерференционного сигнала на длинах волн соответственно 1,31 и 1,55 мкм при отсутствии воздействия на измерительные волокна, кривая 3 описывает интерференционный сигнал при выпуклой деформации контролируемого объекта, т. е. при растяжении ближнего к объекту измерительного волокна, в котором распространяется сигнал на длине волны 1,31 мкм, на 0,5 мм.

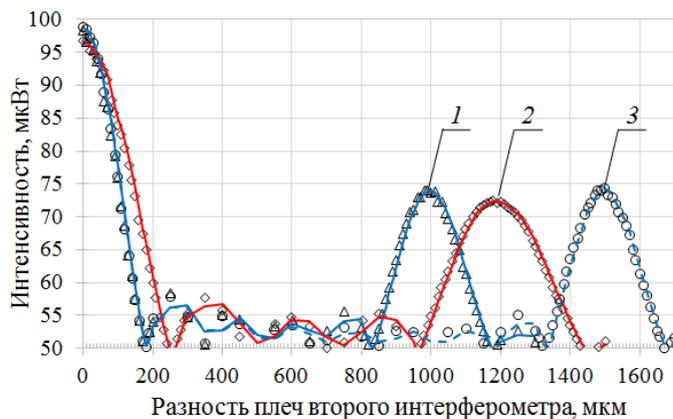


Рисунок 5. – Экспериментальная кривая огибающей интерференционной картины на выходе второго интерферометра

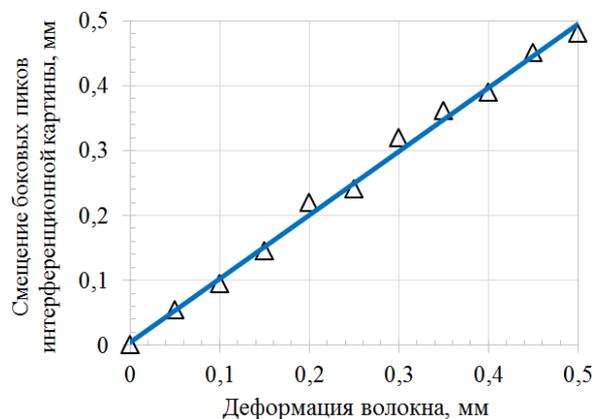


Рисунок 6. – Зависимость смещения боковых пиков интерференционной картины от растяжения волокна

Как видно на рисунке 6, смещение пика интерференционной картины на выходе второго интерферометра прямопропорционально величине воздействия на измерительное волокно. Точность определения максимума (величины деформации) обуславливается ошибкой позиционирования сканирующего зеркала (линии задержки). Поскольку шаг смещения зеркала при перемещении внутри пика равен 10 мкм, ошибку позиционирования можно считать равной 5 мкм.

При выпуклой деформации контролируемого объекта растяжению подвергается волокно, расположенное ближе к контролируемому объекту, что выражается в смещении боковых пиков интерференционной картины на длине волны 1,31 мкм. При вогнутой деформации смещается интерференционная картина для излучения на длине волны 1,55 мкм, распространяющегося по дальнему измерительному волокну. Таким образом, сравнение взаимного положения боковых пиков интерференционной картины в исходном и

деформированном состоянии на разных длинах волн позволяет определить, какое из измерительных волокон подвергается растяжению, т.е. определить направление деформации контролируемого объекта в плоскости его изгиба.

**Заключение.** Представлена конструкция и принципы функционирования векторного датчика на основе волоконно-оптического интерферометра Майкельсона, позволяющего с высокой точностью измерять величину и направление в плоскости смещения изгибов и деформаций контролируемых объектов. Результаты экспериментальных исследований лабораторного образца датчика показали соответствие положения боковых пиков интерференционной картины на выходе из второго интерферометра величине и направлению реального смещения измерительного волокна. Результаты неоднократных измерений хорошо коррелируют друг с другом.

Ошибка определения положения максимума интерференционной картины зависит от шага позиционирования сканирующего зеркала линии задержки. Таким образом, для повышения точности измерения деформации контролируемого объекта необходимо уменьшать шаг перемещения зеркала.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гармаш, В.Б. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении / В.Б. Гармаш [и др.] // Фотон-экспресс, 2005. – № 6. – С. 128–140.
2. Гончаренко, И.А. Датчики контроля состояния инженерных и строительных конструкций на основе оптических волноводных структур / И.А. Гончаренко, В.Н. Рябцев // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – №1(17). – С. 118–132.
3. Inaudi, D. Coherence multiplexing of in-line displacement and temperature sensors / D. Inaudi // Optical Engineering. – 1995. – Vol. 34, № 7. – Pp. 1912–1915.
4. Inaudi, D. Low-coherence deformation sensors for the monitoring of civil-engineering structures / D. Inaudi [et al.] // Sensors and Actuators A. –1994. – Vol. 44, Issue 2. – Pp. 125–130.
5. Гончаренко, И.А. Волоконно-оптический векторный датчик изгибов и напряжений на основе интерферометров Майкельсона / И.А. Гончаренко [и др.] / Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2015. – № 2 (38). – С. 45–56.

## DETERMINATION OF THE VALUES AND DIRECTION OF BENDS AND DEFORMATIONS USING SENSORS ON FIBER-OPTIC INTERFEROMETERS

**Alexey Konoiko**, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Photoelectric Converters Laboratory of the State Scientific and Production Association  
«Optics, Optoelectronics and Laser Technology», Minsk, Belarus

### **Vitaly Reabtsev**

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

*Purpose.* The purpose of the paper is to demonstrate the design and operation principles of the vector sensor on the base of Michelson fiber-optic interferometer, which allows measuring the values and direction of bends and deformations in the plane of displacement of controlled objects with high accuracy.

*Findings.* The results of experimental studies of the laboratory sample of the sensor showed the correspondence of the position of the side peaks of the interference pattern at the output from the second interferometer to the values and direction of the real displacement of the measuring fiber.

*Application field of research.* The developed structure and operating principle of the fiber-optic vector sensor of bends and stresses can serve as a basis for creating fiber-optic bending, pressure and displacement sensors.

*Conclusions.* The presented research showed the possibility of the accurate estimating the value and direction of the controlled object deformation with the help of the optical fiber sensor on the base of two interferometers with the use of radiation on two wavelengths.

*Key words:* fiber optic sensors, vector bend sensor, Michelson fiber optic interferometer, interference pattern shift, bends and stresses, deformation value and direction.

(The date of submitting: December 29, 2017)

### REFERENCES

1. Garmash V.B., Egorov F.A., Kolomiets L.N., Neugodnikov A.P., Pospelov V.I. Vozmozhnosti, zadachi i perspektivy volokonno-opticheskikh izmeritel'nykh sistem v sovremennom priborostroenii [Possibilities, tasks and perspectives of fiber-optic measuring systems in modern instrument engineering]. *Foton-ekspress*, 2005. No. 6. Pp. 128–140. (rus)
2. Goncharenko I.A., Ryabtsev V.N. Datchiki kontrolya sostoyaniya inzhenernykh i stroitel'nykh konstruksiy na osnove opticheskikh volnovodnykh struktur [Sensors for conditional monitoring of engineering and building structures on the basis of optical waveguide structures]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2013. No. 1 (17). Pp. 118–132. (rus)
3. Inaudi D. Coherence multiplexing of in-line displacement and temperature sensors. *Optical Engineering*. 1995. Vol. 34, № 7. Pp. 1912–1915.
4. Inaudi D., Elamari A., Pflug L., Gisin N., Breguet J., Vurpillot S. Low-coherence deformation sensors for the monitoring of civil-engineering structures. *Sensors and Actuators A*. 1994. Vol.44, Issue 2. Pp. 125-130.
5. Goncharenko I.A., Konoyko A.I., Ryabtsev V.N., Il'yushonok A.V. Volokonno-opticheskiy vektorny datchik izgibov i napryazheniy na osnove interferometrov Maykel'sona [Fiber-optic vector sensor of bends and stresses based on Michelson interferometers]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*. 2015. No. 2 (38). Pp. 45–56. (rus)

УДК 614.844.5:614.844.2

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РОЗЕТОЧНЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ**

**Лихоманов А.О., Говор Э.Г., Камлюк А.Н.**

Произведены выбор и оценка свойств материала для изготовления оросителей при помощи 3D-печати; определены оптимальные параметры технологии печати; разработана сборная конструкция оросителя из взаимозаменяемых деталей; осуществлена оптимизация геометрии элементов, обеспечивающая требуемую надежность и функциональность и учитывающая ограничения технологии FDM-печати; изготовлен рабочий аналог металлического розеточного оросителя из термопластичного материала; проведено экспериментальное определение кратности и устойчивости воздушно-механической пены, полученной при помощи металлического оросителя и его аналога из термопластичного полимера путем подачи в систему растворов пенообразователей трех марок разных производителей. Произведен анализ полученных результатов.

*Ключевые слова:* аддитивные технологии, 3D-принтер, автоматическая установка пожаротушения, ороситель, прототип, розетка оросителя, воздушно-механическая пена, кратность пены, устойчивость пены.

(Поступила в редакцию 18 января 2018 г.)

**Введение.** В настоящее время автоматические установки пожаротушения набирают все большую популярность благодаря важному преимуществу в сравнении с иными способами тушения – быстрая (до 3 минут в зависимости от типа установки) автоматическая подача огнетушащего вещества в очаг пожара без участия человека. Практика показывает, что проектирование таких систем в помещениях различного назначения позволяет снизить гибель людей в семь и более раз, спасателей-пожарных при тушении пожара в три и более раз, а также уменьшить величину материального ущерба в 3–4 раза [1].

Наибольшее распространение по всему миру получили автоматические установки пожаротушения, в которых в качестве огнетушащего вещества применяются вода и пена. Данные огнетушащие вещества обладают рядом свойств, позволяющих эффективно ликвидировать горение широкого спектра горючих твердых, жидких и газообразных веществ.

Пенные автоматические установки пожаротушения в большинстве случаев используются для защиты объектов промышленных отраслей (энергетическая, нефтедобывающая, химическая, нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, металлургическая и т. п.). В производственных помещениях предприятий, где находятся крупногабаритные емкости с горюче-смазочными материалами, различное оборудование, механизмы и машины, в которых обращаются легковоспламеняющиеся жидкости, а также в иных случаях, когда рекомендовано применение пены в качестве огнетушащего вещества, но использование пенных стволов или пенных генераторов большой производительности нецелесообразно, для генерирования и подачи пены в очаг пожара устанавливаются розеточные оросители.

Однако в настоящее время представленные на рынке розеточные оросители не позволяют получать пену кратностью более 5–7. Под кратностью понимают величину, равную отношению объемов пены и водного раствора, из которого она получена. Кратность пены в диапазоне 0–20 называют низкой [2]. Давно известно, что зависимость времени тушения от кратности пены достаточно существенна даже в диапазоне работы генераторов пены низкой кратности. Так, уже при применении пены кратностью 10 время тушения очага пожара при интенсивности подачи раствора пенообразователя 0,08 л/(м<sup>2</sup>·с) сокращается в 1,6 раза по сравнению с кратностью 8,1, в 2,5 раза по сравнению с кратностью пены 5,9 и в 3 раза по сравнению с кратностью 4,1 [3]. При уменьшении интенсивности подачи раствора пенообразователя данная разница становится еще больше [3]. Уменьшение времени тушения при применении меньшего количества огнетушащего вещества является главным фактором повышения эффективности тушения. Следовательно, невозможность получить большие значения кратности, чем позволяют получать современные розеточные оросители, существенно снижает эффективность пожаротушения.

В исследованиях [4] экспериментально было показано превалирующее влияние механического разбиения потока огнетушащего вещества о розетку оросителя на повышение кратности пены по сравнению с иными факторами. В настоящее время процесс генерирования пены в розеточных оросителях мало изучен, ввиду чего исследование данной проблемы и дальнейшая оптимизация конструкции розетки с целью получения пены более высокой кратности (до 20) требует проведения ряда экспериментальных исследований. Данные исследования не только способствуют повышению эффективности пожаротушения пенными автоматическими установками, но и позволят более экономно использовать дорогостоящее сырье для получения воздушно-механической пены.

Для обеспечения данных исследований главной задачей является создание оросителей с розетками, имеющими различную форму, способ расположения и крепления к корпусу. За всю многолетнюю историю применения розеточных оросителей их конструкция претерпела изменения, однако способ изготовления остался неизменным – путем литья из металлов. Металл в процессе литья при охлаждении в форме затвердевает, и получается готовая деталь или заготовка, которая далее для повышения точности размеров и снижения шероховатости поверхности подвергается последующей механической обработке. Для изготовления розеточных оросителей в абсолютном большинстве случаев применяются медные сплавы (латунь, бронза) либо нержавеющая сталь. Однако применение таких материалов для изготовления экспериментальных образцов оросителей способом отливки является нецелесообразным ввиду достаточной сложности и трудоемкости такого процесса, а также нерациональности использования ценных металлов.

Широкое распространение цифровых технологий в области проектирования (CAD), моделирования и расчетов (CAE) и механообработки (CAM) стимулировало развитие аддитивных технологий (технологий 3D-печати). Аддитивные технологии предполагают изготовление физического объекта методом послойного нанесения (добавления) материала, в отличие от традиционных методов за счет удаления материала из массива заготовки.

Наиболее доступной и эффективной по технико-экономическим показателям является прототипирование методом послойного наплавления (Fused deposition modeling (FDM) [5]. Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет последовательного нанесения слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластичные полимеры различных видов, поставляемые в виде катушек нитей или прутьев.

Технология FDM отличается высокой гибкостью и применяется для быстрого прототипирования и производства. Быстрое прототипирование облегчает повторное тестирование с последовательной пошаговой модернизацией объекта. Быстрое производство служит в качестве недорогой альтернативы стандартным методам при создании мелкосерийных партий. Данная технология является одним из наименее дорогих методов печати, а 3D-принтеры, работающие по технологии FDM, могут применяться для создания самых разных объектов целевого назначения.

Таким образом, целесообразно применять возможности 3D-принтера при изготовлении изделий различной формы для проведения экспериментальных исследований. Данный способ позволит получить такие конструкции оросителей, которые позволят более детально изучить влияние параметров формы розетки, способа ее крепления и расположения на кратность получаемой пены при минимальных материальных и временных затратах.

Однако остается открытым вопрос о возможности применения экспериментальных образцов, выполненных из термопластичного полимера, взамен металлических. При реализации технологии FDM на перерабатываемый материал оказывает существенное влияние совокупность технологических факторов, которые приводят к изменению как фазового состояния, так и к структурным преобразованиям. В связи с данными явлениями неизбежны процессы, приводящие к потере эксплуатационных свойств конечного продукта. Основными недостатками при реализации FDM (и не только) технологии печати являются:

1. Наличие усадочных явлений в материале. Усадка происходит как вследствие фазовых переходов материала, изменения структуры, так и за счет удаления вспомогательных веществ или продуктов разложения. Усадочные явления приводят к неоднородности усадочных полей по объему изделия, что обеспечивает потерю эксплуатационных свойств изделия за счет возникновения исходного преднапряженного состояния в материале. В ряде случаев усадочные напряжения столь велики, что при определенных режимах печати происходит растрескивание слоев изделия в поперечном направлении. Усадка материала также является

причиной неравномерного искажения размеров конечного изделия за счет анизотропии синтезируемой структуры. Это приводит как к геометрическому несоответствию по отношению к исходной цифровой модели, так и в целом к потере формы за счет коробления.

2. Анизотропия свойств материала в конечном изделии. Послойный синтез геометрии изделий приводит к возникновению существенной анизотропии свойств материалов в конечном продукте. Причиной является величина адгезионной связи между слоями.

3. Неровность поверхности. При диаметре сопла экструдера 0,35 мм используют толщину слоя печати в диапазоне 0,05–0,35 мм. В случае печати наклонных элементов их поверхность получается ступенчатой, а размеры «ступеней» достигают величины толщины слоя (рисунок 1).

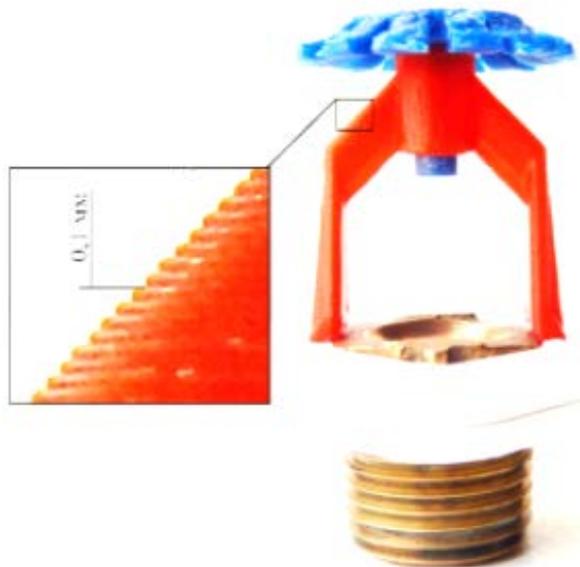


Рисунок 1. – Неровность поверхности оросителя при 3D-печати по технологии FDM

Оценка влияния данных недостатков на возможность использования оросителей из термопластичного полимера, выполненных при помощи 3D-печати, взамен металлических при исследовании процесса образования пены может быть произведена экспериментальным путем. Для этого необходимо произвести выбор и оценку свойств материала для производства изделий; установить оптимальные параметры технологии печати; разработать сборную конструкцию-аналог металлического оросителя из взаимозаменяемых деталей; осуществить оптимизацию геометрии элементов, обеспечивающую требуемую надежность и функциональность и учитывающую ограничения технологии FDM-печати; изготовить из термопластичных материалов рабочий аналог металлического розеточного оросителя, провести экспериментальное определение кратности и устойчивости пены, получаемой при помощи металлического оросителя и его аналога из термопластичного полимера путем подачи в систему растворов пенообразователей трех марок разных производителей по отдельности, сравнить и проанализировать полученные результаты.

**Оборудование и материал для 3D-печати.** Исследование материалов, технологии печати, а также изготовление прототипов оросителей для автоматической установки пожаротушения производилось на базе Белорусского государственного технологического университета на кафедре механики и конструирования факультета химической технологии и техники.

Для изготовления экспериментальных образцов применялся профессиональный 3D-принтер Sharebot Next Generation [6]. Отличительными особенностями данного принтера являются: наличие двух независимых экструдеров, способных печатать двумя видами материала одновременно; толщина слоя от 0,05 мм до 0,35 мм, что позволяет изготавливать модели высокой детализации; возможность печати большим выбором материалов, такими как PLA (полилактид), PLA wood (эффект дерева), PLA sand (эффект цементной поверхности), ABS, ABS Plus для плоских поверхностей, резина, нейлон, Crystal flex (полупрозрачная блестящая поверхность); возможность использования разнообразного программного обеспечения для подготовки и вывода модели на печать (Repetier, Slic3r, Simplify3D, Cura, MeshLab, Meshmixer и пр.). Данный принтер выбран в связи с наличием широкого диапазона регулировки основных технологических параметров процесса печати, что делает его

эффективным по отработке технологии, экспериментам с материалами различных составов, изучению анизотропии материалов в изделиях и пр.

После выбора оборудования важно грамотно подобрать материал для 3D-печати с учетом особенностей эксплуатации изготавливаемых из него изделий. Выбор производился из наиболее распространенных при реализации технологии FDM материалов, характеризующихся высокой прочностью, упругостью и стойкостью к агрессивным и жидким средам, так как экспериментальные образцы из данных материалов подвергаются воздействию водного раствора поверхностно-активных веществ под давлением до 0,4 МПа. Таким требованиям отвечают следующие материалы:

1. АБС-пластик (акрилонитрилбутадиенстирол) – ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Изготавливается из нефтепродуктов. Нетоксичен при нормальных условиях. Стойкий к щелочам и моющим средствам. Имеет широкий диапазон эксплуатационных температур от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Плотность  $1,02\text{--}1,06\text{ г/см}^3$ .

2. PLA-пластик (полилактид) – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный алифатический полиэфир, структурной единицей которого является молочная кислота. Изготавливается из продуктов сельского хозяйства – кукурузы, картофеля, сахарной свеклы и т. п. Стойкий к щелочам и моющим средствам. Диапазон эксплуатационных температур от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Плотность  $1,23\text{--}1,25\text{ г/см}^3$ .

3. RELAX (полиэтилентерефталат) – пластик для очень прочной 3D-печати. Обладает наименьшим показателем объемной усадки среди пластиков, предназначенных для FDM-печати. Характеризуется высокой ударопрочностью и широким температурным диапазоном применения от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Стойкий к воздействию жиров, щелочей и минеральных кислот. Плотность  $1,3\text{--}1,4\text{ г/см}^3$ .

Так как все описанные материалы обладают стойкостью к воздействию агрессивных и жидких сред, а также имеют достаточно широкий диапазон эксплуатационных температур, выбор материала для печати основывался на наибольших показателях прочностных и упругих характеристик при растяжении образцов, изготовленных при помощи 3D-печати из представленных термопластичных материалов. Определение данных показателей производилось согласно [7].

Для исследования материалов были изготовлены образцы с определенным направлением слоев по отношению к вектору действия растягивающей нагрузки (рисунок 2, размеры указаны в миллиметрах), размеры и форма которых соответствовали требованиям [7]. Режим печати образцов был следующим: толщина слоя печати  $h = 0,2\text{ мм}$ , температура экструдера  $T_3 = 230\text{ }^{\circ}\text{C}$ , скорость печати (в долях от средней рекомендуемой производителем для определенного материала)  $v = 1$ . Растяжение образцов производилось на испытательной машине MTS 43 [8] при параметрах нагружения согласно [7] не менее пяти раз для каждого.

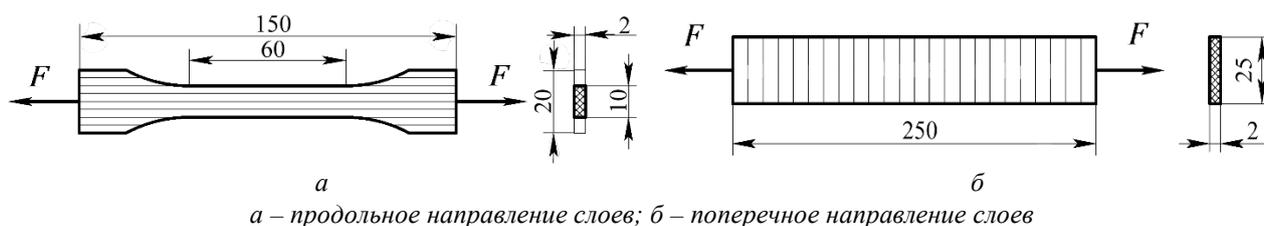
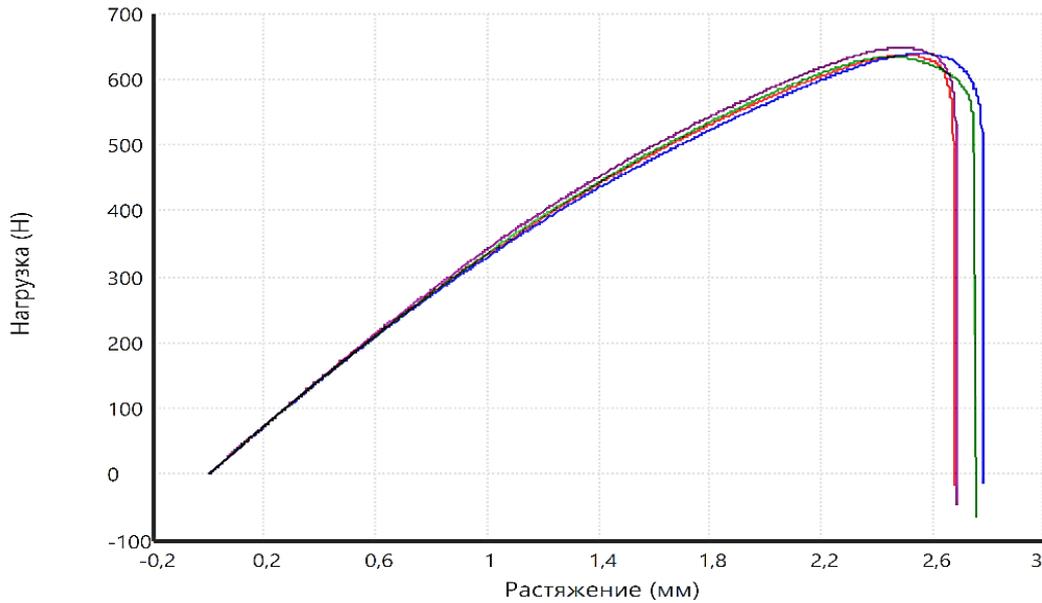


Рисунок 2. – Ориентация слоев печати по направлению нагрузки

В результате испытаний на растяжение были составлены диаграммы «нагрузка-растяжение» (к примеру, такая диаграмма для АБС-пластика при продольном направлении слоев печати представлена на рисунке 3). Предельное усилие при растяжении, когда наступало разрушение образца, определялось как величина силы в наивысшей точке графика.



**Рисунок 3. – Диаграмма «нагрузка-растяжение» для АБС-пластика при продольном направлении печати слоев**

Далее определялся предел прочности  $\sigma$  при растяжении для каждого образца по формуле [7]

$$\sigma = \frac{F}{A_0}, \quad (1)$$

где  $F$  – усилие, при котором происходило разрушение образца, Н;  $A_0$  – начальное поперечное сечение образца,  $\text{мм}^2$ .

Модуль упругости  $E$  определялся по абсолютному удлинению образцов  $\Delta l$  в момент максимальной нагрузки ( $F$ ) по формуле

$$E = \frac{F}{A_0} \cdot \frac{l_0}{\Delta l}, \quad (2)$$

где  $l_0$  – начальная длина образца, мм.

Объемная усадка материала определялась путем сравнения объемов цифровой модели, созданной при помощи ПЭВМ, и напечатанного по данной модели образца. Значение объемной усадки  $S$  рассчитывалось по формуле:

$$S = \frac{(V_1 - V_2)}{V_1} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $V_1$  – объем цифровой модели,  $\text{мм}^3$ ;  $V_2$  – объем образца, напечатанного по данной цифровой модели,  $\text{мм}^3$ .

Нагружение элементов конструкции оросителя при подаче огнетушащего вещества происходит в разных направлениях, следовательно, прототипы, выполненные из термопластичных полимеров при помощи 3D-печати, должны обладать как можно более низким коэффициентом анизотропии прочностных свойств. Коэффициент анизотропии определялся по формуле:

$$C = \frac{P_2}{P_1}, \quad (4)$$

где  $P_1$  – показатель прочности для образцов с поперечным направлением слоев печати (рисунок 2б);  $P_2$  – показатель прочности для образцов с продольным направлением слоев печати (рисунок 2а).

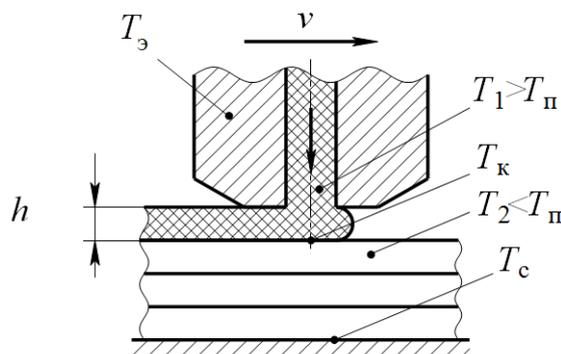
Показатели свойств, определенные по формулам 1–4 для всех испытанных материалов, представлены в таблице 1. Дополнительно в таблице 1 показана оптовая цена одной катушки нити каждого материала массой 750 г.

**Таблица 1. – Показатели физико-механических свойств и цена термопластичных полимеров**

Материал	Предел прочности при растяжении (продольное направление слоев) $\sigma$ , МПа	Модуль продольной упругости (продольное направление слоев) $E$ , ГПа	Объемная усадка $S$ , %	Коэффициент анизотропии свойств $C$	Цена (2017 г.) катушки нити материала массой 750 г, BYN
АБС-пластик (ABS)	40	1,8	3,2	7	35
Полилактид (PLA)	64	2,5	0,8	2,8	65
RELAX	52	2,8	0,4	14	128

По полученным данным видно, что наиболее высокими показателями физико-механических свойств обладают полилактид (PLA) и полиэтилентерефталат (RELAX), при этом они имеют низкие значения объемной усадки, что увеличивает точность размеров изготавливаемых изделий и снижает риск образования усадочных напряжений. Однако пластик RELAX имеет высокий коэффициент анизотропии свойств, что существенно снижает показатель прочности в перпендикулярном слоям печати направлении. Использование его при печати силовых элементов не рекомендовано, однако он предпочтителен при печати декоративных конструкций с наличием мелких геометрических элементов (например, резьбы) благодаря малой величине объемной усадки. В свою очередь полилактид имеет наибольшие значения прочности и жесткости при удовлетворительной объемной усадке. Также данный материал имеет наименьший коэффициент анизотропии свойств. Таким образом, для реализации прототипирования оросителей для автоматической установки пожаротушения принят полилактид (PLA).

**Параметры технологии 3D-печати.** К основным технологическим параметрам FDM-печати относят толщину наносимого слоя  $h$ , температуру экструдера  $T_3$ , скорость перемещения экструдера  $v$  и температуру рабочего стола  $T_c$  (рисунок 4). Данные параметры влияют на скорость печати, качество и адгезионную связь между слоями в обоих поперечных направлениях.

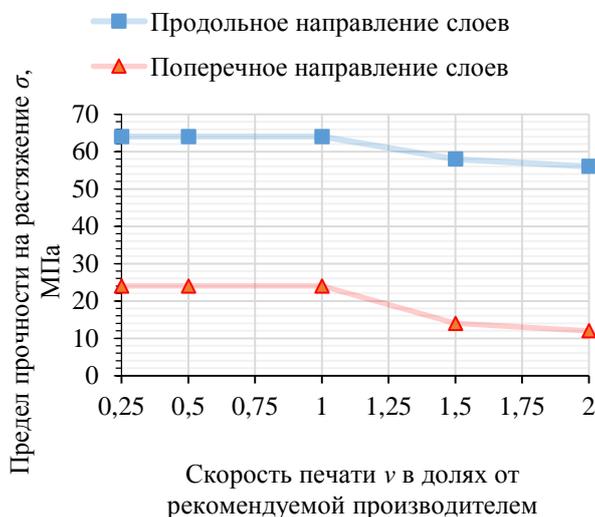
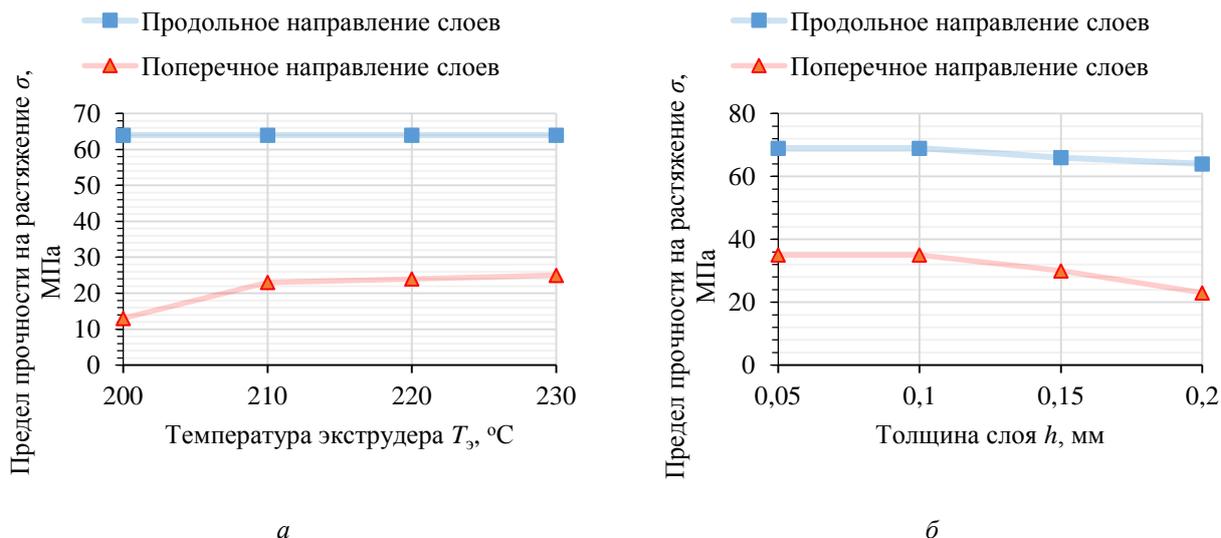


**Рисунок 4. – Схема нанесения слоев**

С целью определения оптимальных параметров печати была произведена практическая отработка процесса синтеза образцов из полилактида в диапазонах значений данных параметров, рекомендуемых изготовителем оборудования 3D-печати [6]. Значения параметров печати представлены в таблице 2. Результаты проведенной отработки представлены на рисунке 5.

**Таблица 2. – Параметры печати при практической отработке процесса синтеза**

Материал	Толщина слоя $h$ , мм	Температура экструдера $T_3$ , °C	Скорость печати $v$ в долях от рекомендованной по [5] (80 мм/с)
Полилактид (PLA)	0,05	200	0,25
	0,10	210	0,50
	0,15	220	1,00
	0,2	230	1,50
			2,00



*а* – при постоянных параметрах  $v = 1$  и  $T_3 = 230$  °C; *б* – при постоянных параметрах  $v = 1$  и  $h = 0,1$  мм; *в* – при постоянных параметрах  $T_3 = 210$  °C и  $h = 0,1$  мм

**Рисунок 5. – Зависимость предела прочности при растяжении образцов из полилактида в зависимости от  $T_3$ ,  $h$  и  $v$  соответственно**

Из графиков на рисунке 5 видно, что при любых значениях параметров печати образцы с продольным направлением слоев имеют значительно больший показатель прочности по сравнению с образцами с поперечным направлением слоев, а именно: в среднем при различной толщине слоя печати в 2,2 раза, при различной температуре экструдера в 3,0 раза, при различной скорости печати в 3,1 раза. Следовательно, выбор оптимальных параметров будет производиться по изменению предела прочности образцов с поперечным направлением слоев, так как исходя из вышесказанного элементы прототипа оросителя, получающие нагрузку поперек слоев, будут иметь наибольшую вероятность потери прочности.

Следует отметить и тот факт, что хотя на элементы оросителя при исследованиях будет воздействовать давление жидкой фазы не более 0,4 МПа, необходимо определить такие параметры технологии печати, при которых прочность на растяжение будет максимально возможной ввиду того, что обработка технологии производится на образцах прямоугольной формы, в то время как элементы прототипа оросителя (розетка, дужки, элементы крепежа) будут иметь значительно большее количество концентраторов напряжений (в областях резких изменений формы, а также в зонах контакта элементов), которые могут в разы снизить прочность конечного изделия.

Первым определяемым параметром была толщина слоя печати  $h$ . Для этого задались

постоянными значениями температуры экструдера и скорости печати, а толщину слоя меняли. Толщина слоя  $h$  обычно задается в зависимости от диаметра сопла экструдера. При диаметре сопла 0,35 мм возможно использовать толщины слоя печати в диапазоне 0,05–0,35 мм [6]. Чем тоньше слой, тем меньше объем наносимого материала и тем самым меньше количество тепла, подаваемого в зону контакта, т. е. ниже температура зоны контакта слоев  $T_k$  (рисунок 4). При уменьшении толщины слоя печати возрастает прочность поперек слоев и уровень детализации изделия, однако увеличивается время печати. Однако, как видно на рисунке 5а, при толщине слоя менее 0,1 мм прочность образцов снижается незначительно, поэтому уменьшение величины  $h$  менее 0,1 мм нецелесообразно. Следовательно, для печати элементов прототипа оросителя из полилактида принята толщина слоя 0,1 мм, так как при этом будет обеспечена необходимая прочность и детализация прототипа по сравнению с оригиналом, а изготовление займет в два раза меньше времени, нежели в случае применения минимальной толщиной слоя (0,05 мм).

Далее определяли оптимальное значение температуры экструдера  $T_3$  при постоянных значениях скорости печати и толщины слоя. На рисунке 5б отчетливо видно, что температура экструдера в значительной степени оказывает влияние на прочность образца только при нагружении поперек слоев печати, а при нагружении вдоль слоев прочность изменяется незначительно. Это объясняется тем, что при испытании образцов на растяжение вдоль слоев возникают лишь продольные напряжения, которые параллельны слоям печати, ввиду чего показатели прочности не зависят от сил адгезионного взаимодействия между ними. Следует отметить и то, что с увеличением температуры выдавливаемого через сопло расплава возрастает прочность изделия в поперечном слоем направлении, однако существенно ухудшается качество изделий за счет образования наплывов и мостиков перехода, а также увеличения степени термической деструкции, что обуславливает падение физико-механических характеристик материала в образце. На рисунке 5б можно заметить, что резкое повышение прочности образца происходит при температуре экструдера 210 °С, а далее прочность увеличивается незначительно, из чего следует, что данная температура является оптимальной в данных условиях, когда необходимо получить прочное изделие, но при этом не ухудшить его качество путем дальнейшего повышения температуры.

Следующим определяемым параметром была скорость печати  $v$ . При уже установленных оптимальных значениях температуры экструдера и толщины слоя синтезировались образцы при разных скоростях печати. Скорость печати в использованном 3D-принтере [6] задавалась автоматически производителем и равнялась 1, а регулировка могла быть осуществлена путем поворота тумблера в меньшую либо большую сторону по отношению к рекомендуемому значению (1), поэтому для отработки выбраны не конкретные значения скорости, а в долях от рекомендуемой производителем. Анализируя рисунок 5в, можно заметить, что чем ниже скорость печати, тем выше прочность конечного изделия и наоборот. Однако следует отметить, что при уменьшении скорости ниже 1 прочность перестает увеличиваться. Это происходит вследствие того, что при данном значении скорости печати проходящий через экструдер пруток полилактида уже успевает расплавиться и нагреться до оптимальной температуры 210 °С, при дальнейшем же уменьшении скорости большего нагрева не происходит. В случае превышения данной скорости происходит обратное – пластик не нагревается должным образом, адгезия между слоями уменьшается, и прочность изделия падает. Следовательно, в качестве оптимальной скорости печати при заданных параметрах толщины слоя и температуры экструдера можно принять рекомендуемую производителем – 80 мм/с.

При печати изделий на 3D-принтере возникает явление, получившее название «деламинация» – отлипание углов изделия от стола. Происходит это вследствие усадки материала. Усадка есть уменьшение линейных размеров детали после остывания пластика. В точке нанесения материала он находится в определенных условиях, а по мере удаления от экструдера происходит изменение его состояния и объема. При переходе печати на последующий слой, рабочий инструмент движется по математической траектории соответствующей требуемой геометрии, однако предыдущий слой, на который поступает материал уже изменил свои размеры за счет усадки (рисунок 6).

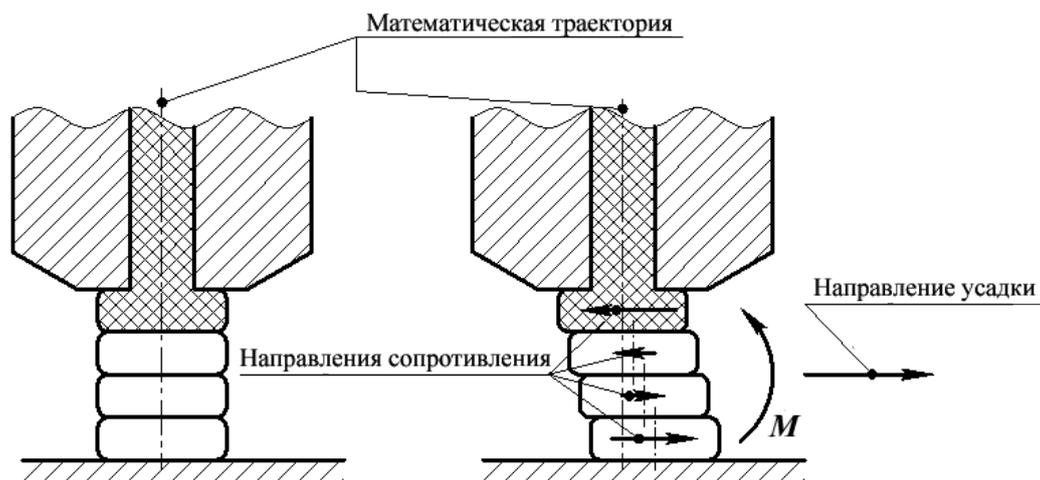


Рисунок 6. – Усадочное явление материала при печати с использованием технологии FDM

За счет действия адгезионной связи между слоями при усадке текущего слоя имеет место дополнительное деформирование предыдущего. И так происходит последовательно для всех слоев. В каждом слое возникают силы сопротивления усадочным деформациям, величина которых увеличивается, а направление меняется по мере увеличения количества слоев. Это приводит к возникновению и постоянному увеличению внутреннего изгибающего момента  $M$  в материале по высоте изделия. При этом возникают нормальные напряжения между слоями в направлении синтеза изделия. Когда величина усадочных напряжений превышает показатель прочности в поперечном слоям направлении, происходит отрыв слоев.

В современных 3D-принтерах данная проблема решается путем нагрева рабочего стола до определенных температур в зависимости от применяемого материала. Чем ниже усадка материала, тем меньше температура нагрева рабочего стола  $T_c$ . В случае применения полилактида с объемной усадкой не более 0,8 % (таблица 1) производителем оборудования для печати рекомендуется нагревать рабочий стол до температуры не более 90 °С [6]. При этом чем больше размер печатаемого изделия, тем выше должна быть данная температура  $T_c$ . В результате практической отработки печати элементов прототипа розеточного оросителя определена оптимальная температура нагрева – 70 °С.

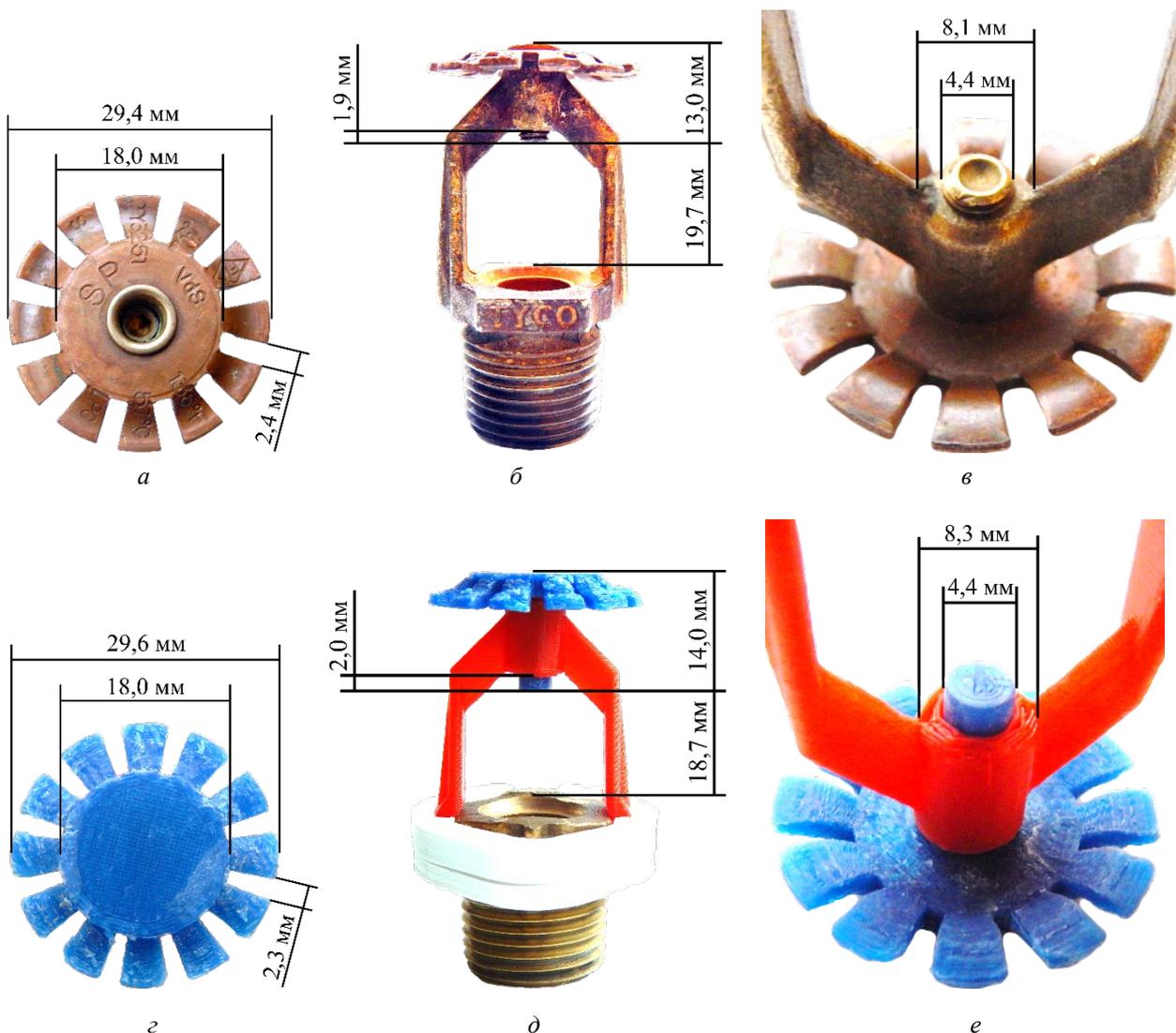
Оптимальные режимы печати элементов прототипа оросителя, определенные в ходе опытной отработки технологии, представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Параметры технологического процесса печати

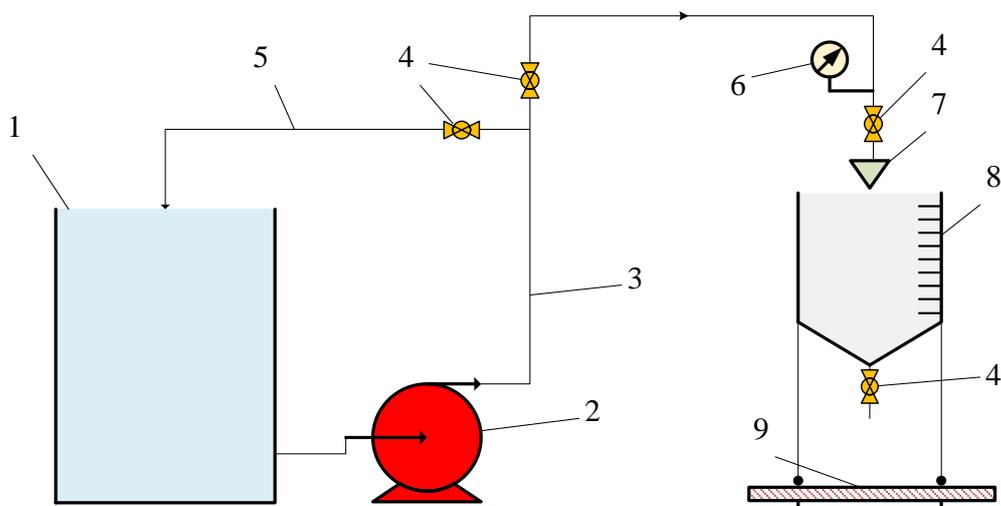
Параметр процесса	Значение параметра
Толщина слоя ( $h$ , мм)	0,1
Температура экструдера ( $T_3$ , °С)	210
Скорость печати ( $v$ , мм/с)	80
Температура рабочего стола ( $T_c$ , °С)	70

**Конструкция прототипа оросителя, экспериментальная установка и методика эксперимента.** За основу конструкции выбран распространенный розеточный ороситель ГУСО 3251 (рисунок 7а–в). Для обеспечения гибкости смены элементов оросителя при проведении исследований предложена разборная конструкция (рисунок 7г–е). Выполненная из полилактида конструкция идентична конструкции оригинального металлического оросителя ГУСО 3251 (отклонение размеров элементов от оригинала составляет не более 7,7 %, рисунок 7). Монтаж элементов из полилактида осуществляется на металлическом штупере, взятом от эталонного оросителя с конической дюймовой резьбой (1/2").

Экспериментальные исследования качественных характеристик пены проводились на установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 8.



а, г – вид сверху; б, д – вид сбоку; в, е – крупный план места крепления розетки и установки винта  
**Рисунок 7.** – Внешний вид розеточного оросителя TYCO 3251 (а, б, в) и его аналога (г, д, е), элементы которого выполнены из полилактида



1 – емкость для хранения и приготовления раствора пенообразователя; 2 – насосное оборудование;  
 3 – основной трубопровод; 4 – шаровый кран; 5 – обводной трубопровод; 6 – манометр; 7 – ороситель;  
 8 – установка для измерения кратности и устойчивости пены; 9 – электронные весы

**Рисунок 8.** – Схема экспериментальной установки

Для обеспечения эксперимента применялись средства измерений и оборудование, представленные в таблице 4.

**Таблица 4. – Средства измерений и оборудование**

Наименование	Диапазон измерений	Цена деления	Класс точности
Весы (электронные) для статического взвешивания типа ВЛК-500	(0–50) кг	–	средний (по ГОСТ 24104)
Секундомер СОПр-2а-3-000	(0–30) мин	0,2 сек	3
Термометр лабораторный по ГОСТ 28498	(–30 ÷ +70) °С	1°С	2
Манометр МПТИ-УЗ	(0–0,25) МПа	0,005 МПа	0,4
Установка для измерения кратности и устойчивости пены ( $V = 0,05 \text{ м}^3$ )	–	–	–

Получение воздушно-механической пены осуществлялось при использовании водных растворов пенообразователей трех марок разных производителей: Синтек 6НС, ПО-6РЗ, ПО-РЗФ. Синтек 6НС был выбран исходя из того факта, что данный пенообразователь является продуктом отечественного производителя и широко распространен на территории нашей страны. Пенообразователь ПО-6РЗ российского производства является конкурентным аналогом отечественного пенообразователя марки Синтек, а ПО-РЗФ является фторсодержащим пленкообразующим пенообразователем целевого назначения и позволит дополнительно оценить влияние соединений фтора как на качественные характеристики получаемой пены, так и на сам термопластичный материал. Характеристики пенообразователей для эксперимента приведены в таблице 5.

**Таблица 5. – Нормативы показателей качества пенообразователей**

Наименование показателя	Марка пенообразователя		
	Синтек 6НС (6 %)	ПО-6РЗ (6 %)	ПО-РЗФ (6 %)
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,00–1,10	1,2	1,1
Водородный показатель рН	7,0–10,0	6,5–8,5	6,5–8,5
Кратность пены низкой кратности, не более	20	20	20
Устойчивость пены низкой кратности, с, не менее	–	200	120

Порядок проведения эксперимента был следующий: емкость 1 заполнялась 350 л воды и 22,4 л пенообразователя для получения 6 %-ого раствора пенообразователя (отношение 15,6:1). При помощи лабораторного термометра определялась температура полученного раствора (норма температуры составляет 10÷30 °С). Далее открывался кран 4 на обводном трубопроводе 5, включался насос 2 и производилась циркуляция раствора по замкнутому контуру экспериментальной установки в течение 20–30 минут с целью равномерного перемешивания воды и пенообразователя. Далее кран 4 на обводном трубопроводе 5 закрывался. Затем путем открытия крана 4 на основном трубопроводе перемешанный раствор подавался к оросителю 7. Установка для измерения кратности и устойчивости пены 8 устанавливалась таким образом, чтобы розетка оросителя 7 находилась на 2–3 см ниже верхней кромки установки 8, чтобы вся сгенерированная пена поступала в нее. После открывался кран 4 перед оросителем 7 и производилась подача огнетушащего вещества при заданном давлении  $0,1 \pm 0,01$  МПа (регулировалось путем частичного открытия/закрытия крана 4 на основном трубопроводе и определялось по манометру 6) в установку 8 до момента, когда она полностью заполнилась. Далее кран 4 перед оросителем 7 закрывался, включался секундомер и производился замер веса заполненной установки 8 на электронных весах 9. По завершении измерения устойчивости полученной пены секундомер выключался.

Данный порядок измерения массы заполненной пеной установки и устойчивости пены осуществлялся для металлического оросителя и оросителя из полилактида по пять раз для каждого с одним пенообразователем. Затем в той же последовательности и в том же количестве проводились измерения с двумя другими пенообразователями.

Кратность полученной пены определялась объемным методом по формуле [2]

$$K = \frac{V_y}{m_2 - m_1} \cdot \rho_{\text{п-ра}}, \quad (5)$$

где  $V_y$  – объем установки для измерения кратности и устойчивости пены, м<sup>3</sup>;  $m_2$  – масса установки для измерения кратности и устойчивости пены, заполненной пеной, кг;  $m_1$  –

масса установки для измерения кратности и устойчивости пены, кг;  $\rho_{p-pa}$  – плотность раствора пенообразователя, кг/м<sup>3</sup>.

Устойчивость пены определялась как время выделения из нее 50 % жидкой фазы (раствора пенообразователя). В данном случае после заполнения установки 8 пеной включался секундомер и устанавливалось время, когда объем пены станет в 2 раза меньше, т. е. она будет заполнять установку ровно наполовину. Жидкая фаза при этом постепенно сливалась через отверстие в дне емкости путем открытия шарового крана 4.

Обработка полученных экспериментальных данных производилась согласно [10].

**Результаты экспериментальных исследований и выводы.** В результате экспериментальных исследований получены значения массы пены, по которым далее по формуле 5 определена ее кратность, а также временные отрезки выделения 50 % жидкой фазы из объема пены, которые определяют ее устойчивость. Результаты отображены в таблицах 6 и 7.

**Таблица 6. – Кратность пены**

Номер эксперимента	Кратность пены					
	Металл			Полилактид (пластик)		
	Синтек 6НС	ПО-6РЗ	ПО-РЗФ	Синтек 6НС	ПО-6РЗ	ПО-РЗФ
1	5,48	8,02	5,13	5,85	8,15	5,28
2	6,06	8,28	5,37	6,13	8,28	5,13
3	5,59	8,15	5,48	5,66	8,15	5,42
4	5,79	8,42	5,23	5,59	8,15	5,37
5	6,13	8,15	5,48	6,28	7,89	5,32
Среднее значение	5,79	8,19	5,33	5,89	8,12	5,30

**Таблица 7. – Устойчивость пены**

Номер эксперимента	Устойчивость пены, с					
	Металл			Полилактид (пластик)		
	Синтек 6НС	ПО-6РЗ	ПО-РЗФ	Синтек 6НС	ПО-6РЗ	ПО-РЗФ
1	90	182	156	94	185	161
2	100	195	163	101	196	155
3	93	185	165	95	189	163
4	95	204	157	92	192	162
5	102	189	164	106	178	161
Среднее значение	96	191	161	98	188	160

Экспериментально установленные значения кратности пены при использовании пенообразователей всех трех марок производителей показали, что разница при использовании металлического оросителя и оросителя из полилактида, элементы которого выполнены при помощи 3D-печати, составляет не более 1,7 %. Так при использовании пенообразователя Синтек 6НС кратность пены с металлическим и с оросителем из полилактида различается на 1,7 %. В случае с пенообразователем ПО-6РЗ такая разница составляет 0,9 %, а при применении пенообразователя ПО-РЗФ – 0,6 %.

Отличие значений устойчивости пены также находится в пределах погрешности измерений и составляют не более 2,1 %. Так различие в устойчивости пены с оросителем из металла и из полилактида составляет 2,1 % при использовании пенообразователя Синтек 6НС. Данная разница при применении пенообразователя ПО-6РЗ составляет 1,6 %, а с пенообразователем ПО-РЗФ устойчивость пены для оросителей из разных материалов различается на 0,6 %.

Полученные экспериментальные данные согласуются с выводами авторов [11] и показывают, что повышение скорости перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный в случае применения оросителя из полилактида, где неровность поверхности достигает значений 0,1 мм, не оказывает существенного влияния на степень дезинтеграции потока огнетушащего вещества и, как следствие, не отображается на изменении качественных характеристик пены (кратности и устойчивости) в пределах погрешности измерений).

Также по результатам эксперимента видно, что свойства полилактида не влияют на процесс генерирования пены при использовании пенообразователей разных марок производителей с различным химическим составом в сколько-нибудь значимой степени. При этом ороситель, изготовленный из данного материала при помощи аддитивных технологий, сохранил свою целостность при давлении перед ним вплоть до 0,4 МПа, что говорит о до-

статочном запасе прочности для проведения исследований качественных характеристик воздушно-механической пены низкой кратности.

Следует отметить тот факт, что значения кратности и устойчивости пены при использовании разных пенообразователей отличаются друг от друга. Так кратность пены при использовании пенообразователя ПО-6РЗ больше, чем у пенообразователя Синтек 6НС, на 41,5 % и ПО-РЗФ на 53,7 %, а устойчивость больше на 98,9 % и 18,6 % соответственно. Это можно объяснить большей плотностью пенообразователя ПО-6РЗ на 15–20 %, а также наличием определенных стабилизаторов пены, повышающих ее качественные характеристики. Большая устойчивость пены при применении пенообразователя ПО-РЗФ по сравнению с Синтек 6НС на 67,7 % может быть объяснено тем, что ПО-РЗФ содержит в своем составе химические соединения фтора и является пленкообразующим пенообразователем целевого назначения. Однако, как было отмечено ранее, пенообразователи ПО-6РЗ и ПО-РЗФ импортного производства, стоимость которых более чем в 1,4 раза превышает стоимость Синтек 6НС. Для проведения дальнейших исследований будет применяться пенообразователь отечественного производства Синтек 6НС, так как он является пенообразователем общего назначения и получил наибольшее распространение на территории нашей страны, а повышение качественных характеристик пены низкой кратности, получаемой в оросителях автоматических установок пожаротушения, при применении данного пенообразователя будет иметь положительный экономический эффект ввиду сокращения закупки зарубежных аналогов.

Таким образом, можно сделать вывод, что выбранное оборудование, технология печати и материал для производства экспериментальных образцов (полилактид), а также разработанная сборная конструкция оросителя, элементы которой выполнены посредством 3D-печати, позволяют применять данную технологию для прототипирования элементов автоматических установок пожаротушения, в частности розеточных оросителей, а полученные изделия обладают необходимой прочностью и упругостью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. John, R. Hall. JR. NFPA USA. U.S. Experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment / John R. Hall. – July, 2017. – 35 p.
2. Государственный стандарт Республики Беларусь. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний: СТБ ГОСТ Р 50588-99. – Введ. 30.12.1999 г. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 1999. – 18 с.
3. Котов, А.А. Применение высокократной пены при тушении пожаров / А.А. Котов, И.И. Петров, В.Ч. Реутт. – М.: Стройиздат, 1972. – 112 с.
4. Камлюк, А.Н. Экспериментальные исследования влияния конструктивных элементов оросителей на кратность воздушно-механической пены / А.Н. Камлюк, А.О. Лихоманов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1. – № 2. – С. 167–177.
5. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 219 с.
6. Sharebot Next Generation. User's manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sharebot.it/downloads/NG/Manual\\_EN.pdf](https://www.sharebot.it/downloads/NG/Manual_EN.pdf). – Дата доступа: 15.01.2018.
7. Государственный стандарт Союза ССР. Пластмассы. Метод испытания на растяжение: ГОСТ 11262-80. – Введ. 01.12.1980. – М.: Гос. комитет СССР, 1980. – 16 с.
8. MTS Exceed Series 40 Electromechanical Universal Test Systems [Электронный ресурс] / MTS Systems Corporation. – Режим доступа: [https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts\\_2011071.pdf](https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts_2011071.pdf). – Дата доступа: 15.01.2018.
9. Официальный сайт REC [Электронный ресурс] / ООО «Русская Экструзионная Компания». – Режим доступа: <https://rec3d.ru>. – Дата доступа: 15.01.2018.
10. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения: ГОСТ 8.207–76. – Введ. 01.01.1977. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 9 с. – (Государственная система обеспечения единства измерений).
11. Batchelor, G.K., Gill, A.E. Analysis of the stability of axisymmetric jets // Journal of fluid mechanics. – 1962. – Vol. 14. – 23 p.

## THE SUBSTANTIATION OF THE APPLICATION OF DEFLECTOR SPRINKLERS MANUFACTURED BY ADDITIVE TECHNOLOGIES IN EXPERIMENTAL STUDIES OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF THE LOW-EXPANSION AIR-MECHANICAL FOAM

**Aliaksei Likhmanau**

**Eduard Govor**

**Andrei Kamluk**, PhD in Physical and Mathematical 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.* Selection and evaluation of the material properties of the plastic prototype of the metal sprinkler manufacturing, the optimal parameters of the printing technology establishment, the development of a prefabricated analog of the metal sprinkler from interchangeable parts, the optimization of its elements geometry, taking into account the required reliability, functionality and the limitations of FDM printing technology, manufacturing of thermoplastic working analog of the metal sprinkler, the experimental determination of the expansion rate and stability obtained with a metal sprinkler and its thermoplastic analog by applying a solution of foaming agent of three brands from different manufacturers separately, comparison and analysis of the results.

*Methods.* Conducting experimental studies of the process of 3D-printing and formation of low expansion air-mechanical foam with sprinklers.

*Findings.* It is most expedient to use polylactide for the automatic firefighting installations sprinkler prototyping, since it has the greatest strength and rigidity values with satisfactory volumetric shrinkage, and also has the lowest anisotropy coefficient of properties compared to other materials for 3D-printing.

The optimal parameters of the printing technology for the sprinkler analog elements are: layer thickness  $h - 0,1$  mm, extruder temperature  $T_e - 210$  °C, extruder speed  $v - 80$  mm/s, and working table temperature  $T_t - 70$  °C.

Experimentally established values of the foam expansion rate using foaming agents of all three brands of different manufacturers showed that the difference in using a metal sprinkler and a thermoplastic sprinkler is not more than 1,7 %. The difference in the stability of the foam values is also within the measurement error and is not more than 2,1 %. This implies that the properties of the polylactide and the features of the 3D printing technology do not substantially distort the original design of the metal sprinkler and do not have a significant effect on the quality characteristics of the foam.

*Application field of research.* The obtained results of experimental studies can be used to improve the efficiency of firefighting with sprinklers in foam automatic firefighting installations by determining the optimal parameters of the sprinkler deflector construction.

*Conclusions.* The selected equipment, printing technology and material (polylactide) for the manufacturing of experimental samples, as well as the developed prefabricated design of the sprinkler prototype, which elements are made by 3D-printing, allow this technology to be used for prototyping elements of automatic fire extinguishing systems, in particular sprinkler's deflector, with the end items having the necessary strength and rigidity.

*Keywords:* additive technologies, 3D printer, automatic firefighting installation, sprinkler, prototype, sprinkler's deflector, air-mechanical foam, foam expansion rate, foam stability.

(The date of submitting: January 18, 2018)

### REFERENCES

1. John R. Hall. JR. NFPA USA. U.S. *Experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment*, July, 2017. 35 p.
2. Gosudarstvennyy standart Respubliki Belarus'. Penobrazovateli dlya tusheniya pozharov. *Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy* [Foaming agents for firefighting. General technical requirements and test methods]. STB GOST R 50588-99. Minsk, Gosstandart Respubliki Belarus', 1999. 18 p. (rus)
3. Kotov A.A., Petrov I.I., Reutt V.Ch. *Primenenie vysokokratnoy peny pri tushenii pozharov* [High-expansion foam implementation for fire extinguishing]. Moscow: Stroyizdat, 1972. 112 p. (rus)
4. Kamlyuk A.N., Likhomanov A.O. Experimental investigations of the influence of the structural elements of sprinklers on the expansion rate of air-mechanical foam. *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MChS Belarusi*, 2017. Vol. 1. No. 1. Pp. 167–177. (rus)

5. Zlenko M.A., Nagaytsev M.V., Dovbysh V.M. *Additivnye tekhnologii v mashinostroenii. Posobie dlya inzhenerov* [Additive technologies in mechanical engineering. Allowance for engineers.] Moscow: GNTs RF FGUP «NAMI», 2015. 219 p. (rus)
6. *Sharebot Next Generation. User's manual*, available at: [https://www.sharebot.it/downloads/NG/Manual\\_EN.pdf](https://www.sharebot.it/downloads/NG/Manual_EN.pdf) (accessed : January 15, 2018).
7. *Plastmassy. Metod ispytaniya na rastyazhenie* [Plastics. Tensile test method]. GOST 11262-80. Enter 01-12-1980. Moscow, Gosudarstvennyy komitet SSSR, 1980. 16 p. (rus)
8. *MTS Exceed Series 40 Electromechanical Universal Test Systems*, available at: [https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts\\_2011071.pdf](https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts_2011071.pdf) (accessed: January 15, 2018).
9. *Ofitsial'nyy sayt REC* [Official Website REC], available at: <https://rec3d.ru/> (accessed: January 15, 2018). (rus)
10. *Pryamye izmereniya s mnogokratnymi nablyudenyami. Metody obrabotki rezul'tatov nablyudeny. Osnovnye polozeniya* [Direct measurements with multiple observations. Methods for processing the results of observations. Basic provisions]. GOST 8.207-76. Enter 01-01-1977. Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1976. 9 p. (rus)
11. Batchelor G.K., Gill A.E. Analysis of the stability of axisymmetric jets. *Journal of fluid mechanics*, 1962. Vol. 14. 23 p.

УДК 614.841.332

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ АВТОНОМНОЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО

Костенко В.К., Костенко Т.В., Куценко С.В., Землянский О.Н., Майборода А.А.

Предложено решение проблемы защиты спасателей от теплового поражения при ликвидации пожара. Разработана конструкция автономного средства индивидуальной противотепловой защиты спасателей на начальной стадии ликвидации аварии. Авторами изготовлен и испытан в лабораторных условиях макетный образец автоматического автономного теплозащитного устройства. Результаты испытаний продемонстрировали эффективность охлаждения организма спасателя путем периодического орошения поверхности боевой одежды. Кратковременное охлаждение при помощи предложенного устройства позволит спасателю безопасно покинуть зону теплового поражения. Охлаждение поверхности защитной одежды позволяет уменьшить термодеструкцию материала и увеличить срок ее эксплуатации. Также был испытан автоматический режим работы устройства.

*Ключевые слова:* спасатель, тепловое поражение, автоматическое устройство, боевая одежда, индивидуальная защита.

(Поступила в редакцию 6 сентября 2017 г.)

**Введение.** Профессиональная деятельность личного состава подразделений Государственной службы по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС) Украины предусматривает работу на объектах разного назначения, длительную деятельность в зонах действия высоких температур, в задымленной и загазованной среде. Данный вид профессиональной экстремальной деятельности характеризуется значительными рисками тепловых травм и профессиональных заболеваний, потому вопрос обеспечения безопасных условий работы, предупреждения травматизма личного состава спасательных подразделений имеет особенное значение.

Согласно требованиям правил безопасности работы в органах и подразделениях ГСЧС Украины личный состав не допускается к организации и ведению оперативных действий на пожаре без исправной защитной одежды; во время проведения оперативных действий в непригодной для дыхания среде спасатели должны выполнять работы в средствах индивидуальной защиты организма с соблюдением требований безопасности.

Спасатели, которые производят оперативные действия по разведке аварийных объектов, спасению и эвакуации пострадавших людей, осуществляют неотложные первоочередные действия по локализации чрезвычайной ситуации, наименее защищены. Этот период ведения работ характеризуется дефицитом информации о зонах поражения, тепловых полях, зонах задымления и загазованности токсичными и ядовитыми веществами. Кроме того, в это время, как правило, не развернуты полностью средства водного, порошкового и пенного тушения пожара, а также газодымозащитная аппаратура. Известно, что время реагирования спасателя на внезапное изменение ситуации достигает 15–20 с, поэтому важным является использование независимых от реакции человека быстродействующих автоматических средств индивидуальной защиты, в первую очередь от теплового поражения на пожарах с интенсивным воздухообменом, где возможны стремительное повышение температуры (до  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{с}^{-1}$  и больше) и тепловые потоки значительной плотности.

**Состояние вопроса.** Во всех современных типах одежды спасателей, защищающих от повышенных тепловых потоков, используется принцип пассивного теплового барьера, который основан на применении материалов с низким значением коэффициента теплопроводности, высокой теплоемкостью и обеспечением съема тепла холодоносителями с ограниченным ресурсом [1]. Ресурс защитного действия такой одежды достаточно ограничен. Такие средства индивидуальной защиты от теплового поражения имеют достаточно большую массу и значительную толщину теплоизолирующих слоев одежды, которая мешает действиям, связанным с перемещением на значительные дистанции, наклонами, движением в ограниченных пространствах и т. п. Их использование является целесообразным в такой ситуации, когда разведаны пределы зон теплового поражения, в которых необходимо выполнять неотложные аварийные работы.

Известна идея принудительной подачи холодоносителя, что позволяет значительно увеличить теплозащитный ресурс снаряжения, обеспечить улучшение тактических воз-

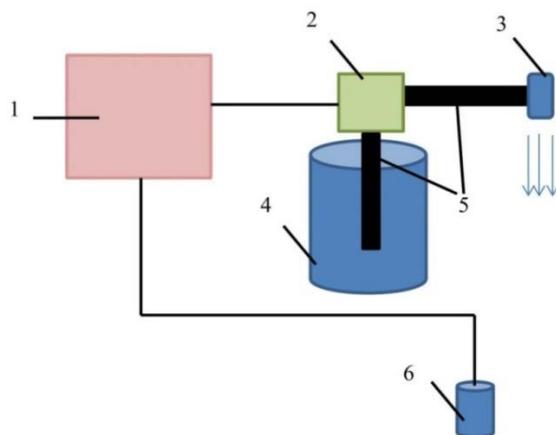
возможностей подразделений, а также повысить эффективность тушения пожаров [2]. Для использования таких средств есть обязательное наличие развернутой системы водоснабжения, что не всегда реализовано в начальный период чрезвычайной ситуации. Кроме того, существует риск теплового поражения спасателя, так как решение на включение охлаждения он принимает самостоятельно на основе индивидуальных ощущений и может выполнить эту операцию несвоевременно.

Поэтому вопрос обеспечения защиты спасателей от теплового поражения на начальном этапе ликвидации пожара, а именно при разведке объекта, эвакуации людей, выполнении неотложных первоочередных работ по локализации аварии, является актуальным.

**Цель работы.** Обоснование конструктивных подходов к разработке автономного средства индивидуальной защиты спасателей от теплового поражения на начальной стадии ликвидации аварии.

**Изложение основного материала.** По нашему мнению, в начальный период работ по ликвидации аварии отсутствует необходимость долгосрочной защиты спасателя от действия тепловых факторов – излучение раскаленных предметов (кондуктивный нагрев) или конвекционных потоков газов. Для достижения поставленной цели спасателю необходимо иметь мобильный запас хладагента, с помощью которого будет возможна кратковременная защита от теплового поражения, чтобы произвести кратковременные действия по локализации чрезвычайной ситуации или иметь возможность безопасно покинуть зону теплового поражения. Срабатывание средства должно происходить в автоматическом режиме, независимо от субъективных ощущений человека.

Конструктивно такая система защиты может выглядеть следующим образом (рисунок 1). Автономное теплозащитное устройство состоит из гидравлической части, включающей резервуар, наполненный хладагентом, который находится под давлением, трубопроводов для его подачи к закрепленному на каске спасателя распылителю, и заслоны электромагнитного клапана на горловине резервуара, перекрывающем трубопровод. Автоматическая часть устройства состоит из размещенного в подкостюмном пространстве блока управления с автономным элементом питания, соединенного проводами с датчиком температуры и приводной частью электромагнитного клапана.



1 – блок управления; 2 – электромагнитный клапан; 3 – распылитель;  
4 – резервуар; 5 – трубопроводы; 6 – датчик температуры

**Рисунок 1. – Конструктивная схема автономного теплозащитного устройства**

Автономное теплозащитное устройство функционирует следующим образом. На начальном этапе аварийно-спасательной операции, перед отправлением на разведку объекта, спасением и эвакуацией пострадавших людей на месте аварии, выполнением неотложных действий по локализации чрезвычайной ситуации, когда еще не развернуты системы водоснабжения и отсутствуют другие источники снабжения хладагентами, спасатель надевает боевую одежду. После этого он присоединяет к поясу или кладет в специальную сумку резервуар, частично наполненный автономным ресурсом хладагента. В резервуаре заблаговременно создано давление воздуха, которое является источником выталкивания хладагента к трубопроводу. Установленный на горловине резервуара электромагнитный клапан в начальном состоянии удерживает трубопровод перекрытым. Желательно обеспечить возможность экстренного отсоединения резервуара с клапаном в случае исчерпания хладагента.

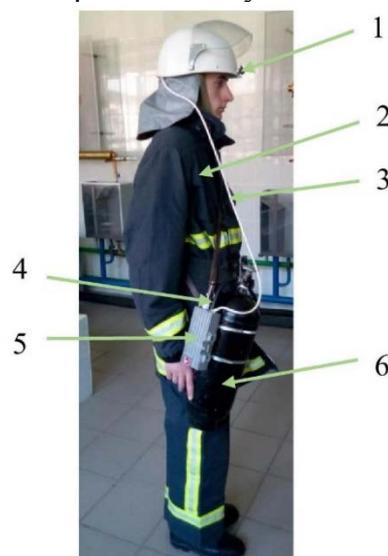
та или необходимости облегчить загрузку спасателя. Управляющий блок размещают во внутреннем кармане одежды, провода от блока подключают к датчику температуры и приводной части электромагнитного клапана. Настроенный на максимально допустимую для человеческого организма температуру 50 °С температурный датчик закрепляют на груди спасателя в районе сердца между телом и внутренним слоем белья. На каске закрепляют распылитель-форсунку, которая гибким трубопроводом соединена с клапаном. Форсунка может быть несколько. Факел распыления струй должен быть направлен на переднюю часть боевой одежды спасателя для равномерного ее орошения.

При выполнении оперативных действий спасатель может попасть в зону экстремального теплового поражения, при этом происходит интенсивный нагрев поверхности боевой одежды и в результате ее теплопроницаемости – тела до температуры 50 °С. Человек не способен своевременно и четко оценивать уровень температуры в подкостюмном пространстве, это создает угрозу теплового поражения в виде перегрева организма или теплового удара, потери сознания и т. п. Наличие датчика температуры позволяет повысить точность оценки нагрева тела и сделать автоматическим процесс приведения в действие охлаждающего устройства. При достижении критического уровня температуры 50 °С, датчик выдает электрический сигнал, который попадает к блоку управления, где выдается команда клапану на открытие заслонки в трубопроводе. По открытому трубопроводу хладагент из резервуара под воздействием убыточного давления воздуха попадает к распылителю. Длительность подачи хладагента регулируется установками на блоке управления и составляет 3–8 с, после окончания установленного времени и распыления порции хладагента блок управления подает команду на закрытие клапана. Орошение поверхности боевой одежды приводит к снижению температуры тела спасателя за счет охлаждения поверхности одежды хладагентом, а также поглощения энергии при испарении хладагента. Кратковременное охлаждение позволяет спасателю безопасно покинуть зону теплового поражения. Если спасатель продолжает неотложные действия в зоне теплового поражения, то автономное теплозащитное устройство обеспечивает периодическое охлаждение в импульсном режиме до полного опустошения резервуара. Импульсная подача хладагента, которая осуществляется при достижении критической температуры в подкостюмном пространстве и прекращается при охлаждении до безопасного уровня, позволяет экономно его расходовать, что увеличивает срок защитного действия устройства. Охлаждение поверхности защитной одежды позволяет уменьшить термодеструкцию материала и увеличить срок ее эксплуатации.

Для подтверждения возможности создания, автоматического автономного теплозащитного устройства был подготовлен его макетный образец. Внешний вид спасателя в боевой одежде с макетным образцом устройства представлен на рисунке 2. В качестве датчика был использованный термистор NTC 10k 1 % 3950 влагозащищенный для W1209 W1401 - 20-105 °С. Датчик был соединен с блоком управления, созданным в виде микроконтроллера на базе микропроцессора AT MEGA 32. В качестве хладагента использовали три литра воды комнатной температуры около 21 °С, которая была залита в металлический резервуар объемом пять литров. В резервуар закачали воздух под давлением 0,02 МПа. На горловине резервуара был установлен электромагнитный клапан, который выдерживает максимальное давление в системе 0,17 МПа.

Была продемонстрирована возможность охлаждения организма спасателя путем орошения поверхности его боевой одежды.

В лабораторных условиях были проведены испытания макетного образца. В качестве модели человеческого тела использовали пластиковую цилиндрическую емкость объ-



1 – распылитель; 2 – датчик температуры; 3 – трубопровод; 4 – электромагнитный водяной клапан; 5 – блок управления с аккумулятором; 6 – емкость с хладагентом

**Рисунок 2.** – Внешний вид спасателя в боевой одежде, с макетным образцом устройства

емом шесть литров, заполненную водой, нагретой до 37 °С. Датчик температуры, заранее настроенный на срабатывание при нагреве до 50 °С, был размещен на поверхности емкости и накрыт тканью. Нагрев модельной емкости осуществляли с помощью инфракрасного обогревателя типа UFO Ecoline/30, мощностью 2900–3200 Вт, расположенного на расстоянии около одного метра от модели. Контроль температуры в районе размещения датчика осуществляли с помощью бесконтактного термометра типа Mastech MS 6531a. Измерения температуры осуществляли с интервалом пять секунд, а также при срабатывании клапана, начала работы или прекращения распыления воды сквозь форсунку на емкость. Подача воды сквозь форсунку составляла 0,1 л·с<sup>-1</sup>. Длительность подачи воды определялась настройкой блока управления и составляла пять секунд. Результаты измерений представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Динамика температуры поверхности модели при работе автономного охлаждающего устройства**

<i>T</i> , с	0	5	10	15	17	20	22	25	30	35
<i>t</i> , °С	35	35	42	45	50	38	37	42	50	37
Подача хладагента	–	–	–	–	+	+	+	–	+	+

Результаты испытаний макетного образца охлаждающего устройства свидетельствуют об эффективности его работы по охлаждению модели спасателя. Автоматический режим работы устройства обеспечивает надежное оценивание тепловой обстановки в подкостюмном пространстве и защиту от «человеческого фактора». Импульсный режим работы устройства обеспечивает экономный расход хладагента и увеличение длительности защиты спасателя от теплового поражения.

Предложенная конструкция автоматического автономного теплозащитного устройства продемонстрировала свою работоспособность и эффективность, в перспективе она может быть доведена до серийного изготовления и принятия на оснащение подразделений ГСЧС. Для этого нужна конструкторская и дизайнерская доработка отдельных узлов и системы в целом. Массу резервуара и его объем следует оптимизировать, уменьшить вес отдельных элементов, проработать вопрос надежности и термостойкости трубопроводов, проводов и т. п. Для опытных образцов необходимо провести огневые испытания на полигоне.

**Выводы.** В данное время не решенным является вопрос защиты спасателей от теплового поражения на начальном этапе ликвидации пожара, когда информации про обстановку на объекте мало и не задействованы противотепловые средства.

В работе обоснованы конструктивные подходы к разработке автономного средства индивидуальной защиты спасателей от теплового поражения на начальной стадии ликвидации аварии.

Авторами изготовлен и испытан макетный образец автоматического автономного теплозащитного устройства, который продемонстрировал эффективность охлаждения организма спасателя путем периодического орошения поверхности боевой одежды в лабораторных условиях и автоматический режим работы устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Теплозахисний костюм: пат. на корисну модель № 109668 Україна, МПК А62В 17/00, А41D 13/02 / В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, Г.В. Зав'ялов, Т.В.Костенко, В.М. Покалюк. Заявник і власник В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова. – № u201603119; заявл. 25.03.2016; опубл. 25.08.2016 // Бюл. № 16/2016.
2. Охолоджуючий пристрій теплозахисного костюма: пат. на корисну модель № 114109 Україна, МПК А62В 17/00 / В.К. Костенко, Т.В. Костенко, В.М. Покалюк, А.О. Майборода, О.М. Нуянзін, А.А. Нестеренко. Заявник і власник Т.В. Костенко, О.М. Нуянзін. – № u201609849; заявл. 26.09.2016; опубл. 27.02.2017 // Бюл. № 4/2017.

## AUTOMATIC AUTONOMOUS HEAT PROTECTIVE DEVICE

**Viktor Kostenko**, Grand PhD in Technical Sciences, Professor

**Tetyana Kostenko**, PhD in Technical Sciences

**Stanislav Kutsenko**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Oleh Zemlianskyi**, PhD in Technical Sciences

**Artem Maiboroda**, PhD in Pedagogical Sciences

Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chornobyl  
of National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkassy, Ukraine

*Purpose.* Substantiation of constructive approaches to the development of an autonomous means of individual protection of rescuers against heat damage at the initial stage of accident elimination.

*Methods.* Theoretical substantiation of the design of an autonomous means of individual protection of rescuers from heat damage, laboratory test model sample of automatic autonomous heat protective device.

*Findings.* Substantiation of the design of an autonomous means of individual protection of rescuers from heat damage at the initial stage of accident elimination. Manufactured and tested model sample of automatic autonomous heat protective device, that demonstrated the effectiveness of cooling the body of the rescuer by periodically spraying the surface of fighting clothing. Automatic operation device tested in laboratory conditions.

*Application field of research.* The proposed design of automatic autonomous heat protective device demonstrated its efficiency. In the future it can be brought to series production and manufacturing the equipment of rescue units. For this purpose, engineering and design study of individual components and the system as a whole is needed.

*Keywords:* rescuer, heat damage, automatic device, fighting clothing, individual protection.

(The date of submitting: September 6, 2017)

### REFERENCES

1. Kostenko V.K., Zav'yalova O.L., Zav'yalov G.V., Kostenko T.V., Pokalyuk V.M. *Teplozakhisniy kostyum* [Heat protective suit]. Patent UA, no. 109668, IPC A62B 17/00, A41D 13/02. Appl. num. u201603119; owner: Kostenko V.K., Zav'yalova O.L.; publ. March 25, 2016. Bul. No. 16/2016. (ukr)
2. Kostenko V.K., Kostenko T.V., Pokalyuk V.M., Maiboroda A.O., Nuyanzin O.M., Nesterenko A.A. *Okholodzhuyuchiy pristryi teplozakhisnogo kostyuma* [Cooling device heat protective suit]. Patent UA, no. 114109, IPC A62B 17/00. Appl. num. u201609849; owner: Kostenko T.V., Nuyanzin O.M.; publ. February 27, 2017. Bul. No. 4/2017. (ukr)

УДК 614.844.6 + 519.242.7

## ПОЛУЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ТРАВЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПОЛИЭФИРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Рева О.В., Лукьянов А.С., Арестович Д.Н., Богданова В.В., Платонов А.С.

Описан метод математического планирования эксперимента, в ходе применения которого были установлены компоненты травильной композиции и их концентрации, оказывающие определяющее влияние на реакционную способность поверхности полиэтилентерефталата. Показано, что основной вклад в обеспечение последующего химического взаимодействия поверхности обрабатываемого материала и огнезащитной композиции вносит определенное соотношение соляной и фосфорной кислот на стадии травления материала.

*Ключевые слова:* полиэфирный материал, огнезащитная обработка, фосфор-азотсодержащие антипирены, математическое планирование, полнофакторный эксперимент, технологическая схема.

(Поступила в редакцию 25 сентября 2017 г.)

**Введение.** Огнезащитная обработка полиэфирных тканей и нетканых волокнистых материалов традиционно осуществляется пропиткой или опрыскиванием готовых материалов антипиреновыми композициями. В результате обработки эффективными средствами огнезащиты исключается возможность загорания текстильных материалов от малокалорийных источников зажигания, снижается способность распространения пламени по поверхности, снижается дымообразующая способность, токсичность продуктов терморазложения [1].

Для снижения пожарной опасности текстильных материалов используются замедлители горения различного состава: неорганические и органические вещества, среди них преобладают галоген- и фосфорсодержащие соединения. На обивочную мебельную ткань и ковровые изделия с целью огнезащиты также наносят тонкий слой хлорсодержащих полимеров, в частности поливинилхлорида, полихлоропрена или поливинилиденхлорида. Замедлители горения отличаются по структуре и по способу нанесения или отделки. Наиболее безопасными являются фосфорсодержащие и фосфор-азотсодержащие антипирены, поэтому они наиболее широко используются в производстве модифицированных полиэфирных, гидратцеллюлозных и некоторых других волокон [2, 3].

Огнезащитная отделка синтетических волокнистых материалов и тканей, так же, как и других синтетических текстильных материалов, в настоящее время находится на стадии постоянного совершенствования и научного поиска, поскольку на конечный результат влияет не только множество факторов, но и их противоречивое действие. Огнезащитные пропиточные составы наносят напылением, окунанием, двусторонней обработкой, однако после стирки их эффективность значительно снижается, так как пропиточные составы чаще всего не обеспечивают взаимодействие замедлителей горения с защищаемой поверхностью. В соответствии с этим для придания устойчивых свойств огнезащитной обработке актуальна разработка и исследование свойств травильных композиций, позволяющих активизировать поверхность инертной полимерной матрицы для последующего ее взаимодействия с активными центрами замедлителей горения [4, 5].

Предварительно установлено, что количество огнезащитной композиции и прочность ее химической привязки к полиэфирным материалам (далее – ПЭМ) (соответственно и устойчивость огнезащиты к стирке) зависит от целого ряда факторов на каждой из стадии обработки. Была экспериментально выявлена зависимость эффективности огнезащитной обработки и огнестойкости ПЭМ от значений показателей температуры и длительности проведения стадии травления [6]. Нами разработана ступенчатая технологическая схема поверхностной огнезащитной обработки ПЭМ, одной из ключевых стадий которой являлась стадия травления [7]. Стадия травления активизирует материал – позволяет раскрыть функциональные группы на его поверхности, которые способны к химическому взаимодействию с ионами металлов фосфор-азотсодержащего антипирена на последующих этапах обработки.

Поскольку эмпирический поиск оптимального диапазона каждого из действующих факторов в травильной композиции требует проведения масштабного эксперимента и длительного времени [8], перспективной представляется разработка метода математического планирования многофакторного эксперимента с построением адекватной математической модели изучаемой системы.

**Методика эксперимента.** С целью определения оптимальной рецептуры травильного состава и его компонентов, определяющих эффективность активации поверхности полиэфирного материала, применялся метод полнофакторного эксперимента (далее – ПФЭ). В эксперименте в качестве полиэфирной матрицы использовали нетканый полиэфирный материал полиэтилентерефталат (далее – ПЭТФ) производства ОАО «Могилевхимволокно» толщиной 3,8 мм с поверхностной плотностью 397 г/м<sup>2</sup>. Огнезащитным агентом являлась синтетическая дисперсия аммонийных фосфатов кальция и магния с общим химическим составом в пересчете на оксиды (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – NH<sub>3</sub> – CaO – MgO – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 28,4 : 7,5 : 0,72 : 0,15 : 2,39).

При выборе перспективной рецептуры травильного состава был проведен ряд разведочных экспериментов для достижения максимальной степени активации поверхности ПЭТФ. В ходе разведочных экспериментов был выбран травитель, в который входили следующие компоненты:

- $x_1 = 50$  г/л соляная кислота (HCl);
- $x_2 = 50$  г/л серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- $x_3 = 50$  г/л уксусная кислота (CH<sub>3</sub>COOH);
- $x_4 = 50$  г/л фосфорная кислота (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).

Эти компоненты были выбраны как основные составляющие растворов травления.

Температуру растворов травления варьировали от 18 до 45 °С, время травления варьировали от 2 до 6 минут, в качестве функции отклика использовали удельный привес антипирена в граммах на единицу площади поверхности обрабатываемого материала:

$$m_{y\partial} = \frac{m_1 - m_0}{S_{yч}}; \quad (1)$$

$$\Delta m\% = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $m_1$  – масса образца после финишной обработки, г;  $m_0$  – исходная масса образца, г;  $S_{yч}$  – площадь участка полиэфирного материала (далее – ПЭМ), мм<sup>2</sup>;  $m_{y\partial}$  – привес удельной массы антипирена к ПЭМ после обработки, г/см<sup>2</sup>;  $\Delta m\%$  – общий привес антипирена в процентном соотношении к ПЭМ после обработки.

**Математическое описание.** Для построения математической модели, описывающей процесс химического травления и его влияния на эффективность огнезащиты полиэфирного волокна при огневом воздействии, нами предварительно проведено  $n = 16$  серий экспериментов по 9 опытов в серии. В каждой из них были отобраны  $m = 3$  результата, в которых наблюдался больший привес антипирена к ПЭТФ.

Для определения оптимального состава травления, способствующего достижению устойчивого положительного привеса у антипирена к обрабатываемому материалу, было рассмотрено уравнение регрессии, учитывающее взаимодействие факторов  $x_1, x_2, x_3, x_4$  – компонентов состава травления [9]:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{14}x_1x_4 + a_{23}x_2x_3 + a_{24}x_2x_4 + a_{34}x_3x_4 + a_{123}x_1x_2x_3 + a_{124}x_1x_2x_4 + a_{134}x_1x_3x_4 + a_{234}x_2x_3x_4 + a_{1234}x_1x_2x_3x_4, \quad (3)$$

где  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{1234}$  – неизвестные коэффициенты, подлежащие оцениванию. Каждый фактор  $x_j$  варьировался на двух уровнях: на верхнем уровне  $x_j = x_j^{(0)} + \Delta x_j$ , на нижнем уровне  $x_j = x_j^{(0)} - \Delta x_j$ ,  $j = \overline{1, 4}$ . Здесь  $\Delta x_j = 50$  г/л – радиус интервала варьирования переменной  $x_j$ , точка  $x^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, x_3^{(0)}, x_4^{(0)})$ , с координатами  $x_1^{(0)} = 100$  г/л (HCl),  $x_2^{(0)} = 100$  г/л (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>),  $x_3^{(0)} = 100$  г/л, (CH<sub>3</sub>COOH),  $x_4^{(0)} = 100$  г/л (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), – центр плана ПФЭ.

Для обработки результатов проведенных экспериментов и дальнейшего определения коэффициентов уравнения регрессии факторы приводили к одному масштабу. Это достигалось путем кодирования переменных: от натуральных переменных  $x_j$  к кодированным переменным перешли по формулам:

$$X_j = \frac{x_j - x_j^{(0)}}{\Delta x_j}, \quad j = \overline{1,4}. \quad (4)$$

Каждая из кодированных переменных  $X_j$  принимает значение 1 на верхнем уровне переменной  $x_j$  и значение  $-1$  – на нижнем уровне переменной  $x_j$ .

В кодированных переменных (4) модель наблюдений (3) приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{14} X_1 X_4 + \\ & + b_{23} X_2 X_3 + b_{24} X_2 X_4 + b_{34} X_3 X_4 + b_{123} X_1 X_2 X_3 + b_{124} X_1 X_2 X_4 + \\ & + b_{134} X_1 X_3 X_4 + b_{234} X_2 X_3 X_4 + b_{1234} X_1 X_2 X_3 X_4, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_{1234}$  – коэффициенты регрессии при кодированных переменных  $X_i$ .

**Таблица 1. План проведения экспериментов и его результаты**

№ серии	Факторы в натуральном масштабе				Факторы в кодированных переменных				Среднее значение результатов $\bar{y}_i$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	
1	50	50	50	50	-1	-1	-1	-1	2,74
2	50	50	150	50	-1	-1	1	-1	2,29
3	50	150	50	50	-1	1	-1	-1	2,73
4	50	150	150	50	-1	1	1	-1	2,68
5	150	50	50	50	1	-1	-1	-1	2,39
6	150	50	50	150	1	-1	-1	1	2,70
7	150	150	50	50	1	1	-1	-1	2,26
8	150	150	150	50	1	1	1	-1	0,06
9	50	50	50	150	-1	-1	-1	1	3,64
10	50	50	150	150	-1	-1	1	1	2,52
11	50	150	50	150	-1	1	-1	1	3,39
12	50	150	150	150	-1	1	1	1	3,06
13	150	150	50	150	1	1	-1	1	3,15
14	150	50	150	150	1	-1	1	1	2,91
15	150	50	150	50	1	-1	1	-1	2,01
16	150	150	150	150	1	1	1	1	-0,34

В матрице плана экспериментов столбцы факторов в кодированных переменных  $X_1, X_2, X_3, X_4$  взаимно ортогональны.

Значение среднего выборочного  $\bar{y}_i$  для  $i$ -той серии экспериментов рассчитывались по формуле

$$y_i = \frac{1}{3}(y_{i1} + y_{i2} + y_{i3}), \quad i = \overline{1,16}, \quad (6)$$

где  $y_{ij}$  ( $j = \overline{1,3}$ ) – привес антипирена в  $j$ -том результате  $i$ -той серии экспериментов.

В соответствии с [10] коэффициенты регрессии (5) вычислялись по формулам:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{y}_i; \quad b_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \bar{y}_i; \quad (7)$$

$$b_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} X_{ik} \bar{y}_i, \quad j \neq k; \quad (8)$$

$$b_{jkl} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} X_{ik} X_{il} \bar{y}_i, \quad j \neq k \neq l; \quad (9)$$

$$b_{1234} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{i1} X_{i2} X_{i3} X_{i4} \bar{y}_i, \quad (10)$$

где  $X_{ij}$  – элемент матрицы плана эксперимента (кодированные переменные), расположенный в  $i$ -той строке и  $j$ -том столбце. По итогам вычислений получили следующее уравнение регрессии:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & 2,386 - 0,493X_1 - 0,263X_2 - 0,488X_3 + 0,241X_4 - 0,347X_1X_2 + 0,245X_1X_3 - \\ & - 0,000X_1X_4 - 0,271X_2X_3 + 0,000X_2X_4 - 0,103X_3X_4 + 0,419X_1X_2X_3 + \\ & + 0,000X_1X_3X_4 + 0,094X_2X_3X_4 + 0,000X_1X_2X_4 - 0,142X_1X_2X_3X_4. \end{aligned} \quad (11)$$

Далее с помощью критерия Стьюдента была проверена значимость полученных коэффициентов  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_{1234}$ . Среднеквадратичное отклонение коэффициентов определяли по формуле

$$S_{\text{коэф}} = \sqrt{\frac{S_y^2}{n \cdot m}}, \quad (12)$$

где  $S_y^2$  – дисперсия воспроизводимости, характеризующая ошибку всего эксперимента и равная

$$S_y^2 = \frac{1}{n \cdot (m-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 = 0,053. \quad (13)$$

При числе степеней свободы  $n(m-1) = 16 \cdot 2 = 32$  и уровне значимости  $\alpha = 0,05$  критическое значение критерия Стьюдента составило  $t_{\text{кр}} = 2,037$ . Поэтому, при полученном среднеквадратичном отклонении коэффициентов  $S_{\text{коэф}} = 0,033$ , значимый коэффициент  $b$  регрессии (11) необходимо удовлетворяет условию  $|b| > t_{\text{кр}} S_{\text{коэф}} = 0,067$ . Следовательно, коэффициенты  $b_{14}, b_{24}, b_{134}, b_{124}$  оказались незначимы, и уравнение регрессии в кодированных переменных (11) имеет  $r = 12$  значимых коэффициентов:

$$\begin{aligned} \bar{y} = & 2,386 - 0,493X_1 - 0,263X_2 - 0,488X_3 + 0,241X_4 - 0,347X_1X_2 + 0,245X_1X_3 - \\ & - 0,271X_2X_3 - 0,103X_3X_4 + 0,419X_1X_2X_3 + 0,094X_2X_3X_4 - 0,142X_1X_2X_3X_4. \end{aligned} \quad (14)$$

Полученное уравнение (14) проверяли на адекватность по критерию Фишера. Для чего вычислили остаточную дисперсию

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{m}{n-r} \sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i - \bar{y}_i)^2 = 0,065, \quad (15)$$

где  $\tilde{y}_i$  – значение привеса антипирена, вычисленное по уравнению регрессии (14) для  $i$ -той серии эксперимента. При уровне значимости  $\alpha = 0,05$  по числу степеней свободы  $n(m-1) = 32$  меньшей дисперсии  $S_y^2 = 0,053$  и числу степеней свободы  $n-r = 4$  большей дисперсии  $S_{\text{ост}}^2 = 0,065$  определили критическое значение критерия Фишера  $F_{\text{кр}} = 2,668$ . Расчетное значение критерия Фишера [11] составило

$$F_{расч} = \frac{S_{ост}^2}{S_y^2} = \frac{0,065}{0,053} = 1,229. \quad (16)$$

Таким образом, выполнение условия  $1,229 = F_{расч} \leq F_{кр} = 2,668$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  позволило признать адекватность модели наблюдений (14).

Интерпретацию модели можно производить только тогда, когда она записана в кодированных переменных. Только в этом случае на коэффициенты не влияет масштаб факторов, и мы можем по величине коэффициентов судить о степени влияния того или иного фактора. Чем больше абсолютная величина коэффициента, тем больше фактор влияет на отклик (изучаемый параметр). Следовательно, можно расположить факторы по величине их влияния. Знак «плюс» у коэффициента свидетельствует о том, что с увеличением значения фактора растет величина отклика, а при знаке «минус» – убывает. Таким образом, вид регрессии (14) позволяет утверждать, что увеличение фактора  $X_4$  приведет к увеличению привеса антипирена после огнезащитной обработки. Вклад факторов  $X_1, X_3$  незначительный, их наличие в травильной композиции приводит к ухудшению показателя привеса.

Для получения математической модели в натуральных переменных в уравнение регрессии (14) вместо  $X_j$  подставили их выражения из формул (4):

$$\begin{aligned} y = & 2,228512916 - 0,002242325x_1 - 0,000050658x_2 - 0,002084808x_3 + 0,025499858x_4 + \\ & + 0,000001125x_1x_2 + 0,000002498x_1x_3 - 0,000219918x_1x_4 + 0,000074667x_2x_3 + \\ & + 0,000141418x_2x_4 + 0,000205960x_3x_4 - 0,000001078x_1x_2x_3 - 0,000001956x_1x_2x_4 + \\ & + 0,000002400x_1x_3x_4 + 0,000001524x_2x_3x_4 + 2,276273333x_1x_2x_3x_4. \end{aligned} \quad (17)$$

Для улучшения свойств травильной композиции, то есть приближения к максимальному значению величины  $y(x) = y(x_1, x_2, x_3, x_4)$  привеса антипирена, использовался метод Бокса-Уилсона [12]. Начав движение из центра плана ПФЭ  $x^{(0)}$  и двигаясь по направлению градиента функции (17)  $\text{grad } y(x) = \left( \frac{\partial y(x)}{\partial x_1}, \frac{\partial y(x)}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial y(x)}{\partial x_4} \right)$  с шагом  $a = 1,0$  по закону  $x^{(k+1)} = x^{(k)} + a \text{ grad } y(x^k)$ , перешли в точку с координатами  $x_1 = 52$  г/л [HCl];  $x_2 = 50$  г/л [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>];  $x_3 = 50$  г/л [CH<sub>3</sub>COOH];  $x_4 = 148$  г/л [H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>]. Привес антипирена при использовании вышеуказанных оптимальных, согласно проведенному ПФЭ, концентраций травителя составил 3,559 г/см<sup>2</sup>. Следует отметить, что в условиях проведенного полнофакторного эксперимента значения переменных  $x_j, j = \overline{1,4}$ , варьировались в промежутке от 50 до 150 г/л.

**Вывод.** При изменении рецептуры травителя, в соответствии с полученными концентрациями компонентов травления, определяющими максимальное количество закрепившегося на полимере антипирена при оптимизации ПФЭ по методу Бокса-Уилсона, получен новый состав травления полиэфирного материала, обеспечивающий хемопривязку к полиэфирному материалу неорганического антипирена в количестве, достаточном для достижения устойчивого огнезащитного эффекта.

Проведенный полнофакторный эксперимент позволяет утверждать, что существенный вклад в эффективность активации полиэфирной поверхности вносят фосфорная и соляная кислоты, находящиеся в определенном соотношении друг к другу. Тогда как концентрации уксусной и серной кислот имеют второстепенное значение.

Эти результаты получены впервые и позволяют наметить пути направленного содействия рецептур растворов травления ПЭМ, обеспечивающих хемоактивацию поверхности полимера по отношению к последующему нанесению огнезащитной композиции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Перепелкин, К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности / К.Е. Перепелкин // Рос. хим. ж. им. Д.И. Менделеева, 2002. – Т. XLVI. – С. 31–48.
2. Мадорский, С.М. Термическое разложение органических полимеров: пер. с англ. / С.М. Мадорский. – М.: Мир, 1967. – 328 с.
3. Морыганов, А.П. Разработка новых способов получения и модификации перспективных текстильных материалов на основе отечественного сырья / А.П. Морыганов // Химия. – 1998. – № 1 (13). – С. 82–87.
4. Синягин, М.Н. Новое в области физической модификации химических волокон, создание перспектив ассортимента тканей / М.Н. Синягин. – М., 1979. – 220 с.
5. Сырбу, С.А. Разработка огнезащитных составов для текстильных материалов / С.А. Сырбу, В. А. Бурмистров, Д.Б. Самойлов // Технологии техносферной безопасности. – 2011. – Вып. 5 (39). – С. 7–15.
6. Лукьянов, А.С. Эффективная огнезащитная обработка текстильных материалов на основе полиэфира / А.С. Лукьянов // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2017. – № 4. – С. 65–76.
7. Рева, О.В. Зависимость эффективности огнезащиты нетканого полиэфирного материала от химической природы азот-фосфорсодержащего антипирена / О.В. Рева [и др.] // Вестник БГУ. – Серия 2, Химия. Биология. География. – 2017. – С. 85–94.
8. Халтуринский, Н.А. Горение полимеров и механизм действия антипиренов / Н.А. Халтуринский, Т.В. Попова, А.А. Берлин // Успехи химии. – 1984. – Т. 53 – № 2. – С. 326–346.
9. Асатурян, В.И. Теория планирования эксперимента / В.И. Асатурян. – М: Радио и связь, 1983. – 248 с.
10. Саутин, С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии / С.Н. Саутин. – Л.: Химия, 1975. – 31 с.
11. Гайдадин, А.Н. Применение полного факторного эксперимента при проведении исследований: метод. указания / сост. А.Н.Гайдадин, С.А.Ефремова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 16 с.
12. Хохманов, К.М. Основы планирования эксперимента: методическое пособие / сост. К.М. Хохманов, Восточно-Сибирский гос. технологический ун-т, РФ. – Улан-Удэ, 2001. – 93 с.

## THE OPTIMAL COMPOSITION OF THE SURFACE PREPARATION FOR POLYESTER MATERIALS BY THE METHOD OF MATHEMATICAL PLANNING OF THE EXPERIMENT

**Olga Reva**, PhD in Chemistry Sciences, Associate Professor

**Aliaksandr Lukyanov**

**Dmitrii Aristovich**, PhD in Technical Sciences

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

**Valentina Bogdanova**, Grand PhD in Chemistry Sciences, Professor

The institutions of the Belarusian State University  
«Research Institute of Physical and Chemical Problems», Belarus, Minsk

**Alexander Platonov**, PhD in Physical and Mathematical 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.* In this article it is shown that the main contribution to the provision of subsequent chemical interaction between the surface of the treated material and the flame retardant composition is made by a certain ratio of hydrochloric acid and phosphoric acid at the stage of etching of the material.

*Methods.* The article describes the method of mathematical design of the experiment, during the application of which the components of the etching composition and their concentrations were determined, which have a determining effect on the reactivity of the surface of polyethylene terephthalate.

*Findings.* The carried out full-factor experiment allows to state that a significant contribution to the efficiency of the activation of the polyester surface is made by phosphoric and hydrochloric acids, which are in a certain ratio to each other. While the concentrations of acetic and sulfuric acids are of secondary importance.

*Application field of research.* The results of the study can be used in the formulation of the flame retardant composition for the textile industry.

*Conclusions.* When changing the etchant formulation, in accordance with the obtained concentrations of the etchant components determining the maximum amount of the flame retardant retained on the polymer while optimizing the PFE by the Box-Wilson method, a new etching composition of the polyester material is obtained, providing chemically bonding to the polyester material of the inorganic flame retardant in an amount sufficient to achieve a stable fire-retardant effect.

*Key words:* polyester material, fire retardant treatment, phosphorus-nitrogen-containing flame retardants, mathematical planning, full-factor experiment, technological scheme.

(The date of submitting: September 25, 2017)

### REFERENCES

1. Perepelkin K.E. Sovremennyye khimicheskiye volokna i perspektivy ikh primeneniya v tekstil'noy promyshlennosti [Modern chemical fibers and prospects for their use in the textile industry]. *Ros. khim. zh. im. D.I. Mendeleeva*. Vol. XLVI. Pp. 31–48. (rus)
2. Madorskiy S.M. *Termicheskoe razlozhenie organicheskikh polimerov* [Thermal decomposition of organic polymers]: transl. from English. Publ. house «Mir», 1967. 328 p. (rus)
3. Moryganov A.P. Razrabotka novykh sposobov polucheniya i modifikatsii perspektivnykh tekstil'nykh materialov na osnove otechestvennogo syr'ya [Development of new methods for obtaining and modifying promising materials based on domestic raw materials]. *Khimiya*, 1998. No. 1 (13). Pp. 82–87. (rus)
4. Sinyagin M.N. Novoe v oblasti fizicheskoy modifikatsii khimicheskikh volokon, sozdanie perspektiv assortimenta tkaney [New in the field of physical modification of chemical fibers, creation of prospects for the assortment of tissues]. Moscow, 1979. 220 p. (rus)
5. Syrbu S.A. Burmistrov V.A., Samoylov D.B. Razrabotka ognezashchitnykh sostavov dlya tekstil'nykh materialov [Development of fire retardant compounds for textile materials]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti*, 2011. Issue 5 (39). 7 p. (rus)
6. Luk'yanov A.S. Effektivnaya ognezashchitnaya obrabotka tekstil'nykh materialov na osnove poliefira [Effective fire retardant treatment of textile materials based on polyester]. *Vestnik Fonda fundamental'nykh issledovaniy*, 2017. No. 4. 94 p. (rus)
7. Reva O.V. Zavisimost' effektivnosti ognezashchity netkanogo poliefirnogo materiala ot khimicheskoy

- prirody azot-fosforsoderzhashchego antipirena [Dependence of the effectiveness of fireproofing of non-woven polyester material on the chemical nature of the nitrogen-phosphorus-containing flame retardant]. *Vestnik BGU. Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya*, 2017. 78 p. (rus)
8. Khalturinskiy N.A., Popova T.V., Berlin A.A. Gorenje polimerov i mekhanizm deystviya antipirenov [Combustion of polymers and the mechanism of action of flame retardants]. *Uspekhi khimii*. 1984. Vol. 53. No 2. Pp. 326–426. (rus)
  9. Asaturyan V.I. *Teoriya planirovaniya eksperimenta* [Theory of experiment planning]. Moscow: Radio i svyaz'. 1983. 248 p. (rus)
  10. Sautin S.N. *Planirovanie eksperimenta v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Planning an experiment in chemistry and chemical technology]. Leningrad: Khimiya. 1975. 31 p. (rus)
  11. Gaydadin A.N., Efremova S.A. *Primenenie polnogo faktornogo eksperimenta pri provedenii issledovaniy* [Application of the full factorial experiment in the conduct of research]: a method. directions. VolgGTU. Volgograd. 2008. 11 p. (rus)
  12. Khokhmanov K.M. *Osnovy planirovaniya eksperimenta* [Basics of experiment planning]: methodical manual. East-Siberian State Technological University, RF. Ulan-Ude. 2001. 38 p. (rus)

УДК 005.584.1:624.042.42

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, ВЫЗВАННЫХ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКОЙ****Рудольф В.С., Кондратович А.А., Каминский А.А.,  
Суриков А.В., Кудряшов В.А.**

Проведен анализ статистических данных по обрушению кровель зданий, произошедших в результате сильных снегопадов. Произведен анализ системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь в области воздействий снеговой нагрузки, деформаций строительных конструкций. Обоснована необходимость регулярной уборки снега толщиной более 30 см при эксплуатации кровель, а также необходимость использования системы мониторинга горизонтальных стальных строительных конструкций. Спланированы и проведены экспериментальные исследования по проверке соответствия показаний системы мониторинга горизонтальных стальных строительных конструкций реальным и расчетным деформациям конструкций. Зафиксировано, что деформации стальной стропильной фермы под нагрузкой, определенные с применением системы мониторинга, соответствуют показаниям поверочного оборудования, а также удовлетворительно сходятся с результатами расчета.

*Ключевые слова:* чрезвычайные ситуации, кровля, покрытие, обрушение, снеговая нагрузка, воздействия, деформации, система мониторинга, экспериментальные исследования.

(Поступила в редакцию 22 декабря 2017 г.)

**Введение.** Природные чрезвычайные ситуации в Республике Беларусь происходят довольно редко, однако наносят значительный ущерб. В последние годы территория Республики Беларусь регулярно оказывается под действием циклонов («Хавьер» (2013 г.), «Даниелла» и «Эмма» (2016 г.), «Аксель» (2017 г.)), приводящих к значительному увеличению снежного покрова за довольно короткий промежуток времени и, как следствие, к разрушению кровель и покрытий зданий и сооружений.

По данным Республиканского центра управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь, за последние 10 лет в нашей стране произошло 130 обрушений кровли по причинам, связанным с увеличением нагрузки снежного покрова: 58 % обрушений пришлось на сельскохозяйственные здания, 28 % – на жилые дома и хозпостройки, 6 % – на гаражи и навесы, 5 % – на складские здания, по 2 % – на общественные и производственные объекты.

Не обходится без подобных чрезвычайных ситуаций и за рубежом. Так, в январе 2006 года обрушилась крыша ледового катка в Германии, что произошло вследствие обильного снегопада и неверной оценки количества снега на крыше [1]. 25 января 2011 года в гипермаркете «О'Кей» в спальном Выборгском районе Санкт-Петербурга произошло обрушение более полутора тысяч квадратных метров кровли, в результате которого один человек погиб и 13 были ранены.

Однако наиболее трагический случай произошел 28 января 2006 года. Трагедия, унесшая жизни 65 человек, была связана с обрушением крыши торгового зала в г. Катовице, Польша. По данным следствия, причинами явились ошибки в проектировании (недостаточная несущая способность ферм покрытия и возникновение значительных горизонтальных сил, приведших к потере устойчивости колонн), а также превышение расчетного значения снеговой нагрузки вследствие обильного снегопада [2, 3].

Обрушение во всех случаях происходит ввиду недостаточной прочности конструктивных элементов относительно действующей в рассматриваемый момент времени нагрузки либо воздействия. Поэтому можно выделить следующие основные причины обрушений:

– некорректный учет возможной нагрузки (воздействий) при расчете и проектировании конструктивных элементов, которые будут действовать в течение проектного срока эксплуатации;

– ошибки при расчете, проектировании и возведении конструктивных элементов, в том числе при назначении надежностных параметров, рассчитанных на проектный срок эксплуатации;

– внесение изменений либо повреждение конструкций запроектными воздействиями в ходе эксплуатации либо ремонтных работ, в том числе при искусственном перемещении или перераспределении снега в ходе уборки;

– нарушение проектного срока эксплуатации, сроков ремонта конструкций, а также эксплуатационных требований, в том числе своевременной уборки снега с кровли;

– некорректный учет нагрузки (воздействий) в технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА), вызванный либо изменением климатических условий в ходе проектного срока эксплуатации, либо изменением надежностных параметров, определяемых как способами проектирования, так и требованиями к эксплуатации и ремонту конструкций.

Очевидно, что в ходе проектирования, возведения и эксплуатации конструкций всегда присутствует человеческий фактор, а поэтому полностью избежать вышеперечисленных ошибок невозможно. Понимание основных положений действующих ТНПА в области снеговых воздействий, надежностных параметров и проектного срока эксплуатации конструкций, а также особенностей поведения конструкций при повышенных нагрузках является ключом к предотвращению чрезвычайных ситуаций, в том числе их неконтролируемого (прогрессирующего) развития.

Основная часть. В Республике Беларусь нормативные значения снеговой нагрузки определяют в соответствии с положениями двух независимых документов – либо СНиП 2.01.07, либо ТКП EN 1991-1-3 (совместно с ТКП EN 1990 и прочими взаимосвязанными документами) [4–6]. Это обусловлено тем, что с 2010 года в нашей стране допускается альтернативное проектирование конструкций зданий и сооружений – либо по комплексу устоявшихся «отечественных» ТНПА, разработанных преимущественно во времена существования СССР (применяется только для легких железобетонных, стальных конструкций); либо по комплексу так называемых «Еврокодов», разработанных техническим комитетом по стандартизации СЕН/ТС 250 «Еврокоды конструкций» (применяется для любых видов конструкций); либо по белорусским ТНПА в области проектирования конкретных видов конструкций, сочетающих в себе одновременно советскую школу проектирования конструкций и надежностные подходы «Еврокодов» (применяется для бетонных, железобетонных, каменных, армокаменных и деревянных конструкций).

В соответствии с положениями СНиП 2.01.07 [4], в зависимости от продолжительности действия нагрузок следует различать постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые) нагрузки. Длительность действия нагрузки в ходе проектного срока эксплуатации определяет надежностные подходы к их учету для корректного назначения прочности и жесткости строительных конструкций и как результат – надежную их эксплуатацию в ходе проектного срока.

Снеговые нагрузки согласно СНиП 2.01.07 [4] принято относить к временным нагрузкам, в зависимости от расчетной ситуации – к длительным либо кратковременным, в соответствии с нормативным районированием. Следует учитывать, что с 2004 года на территории Республики Беларусь было введено собственное, отличное от советских норм, районирование по весу снегового покрова, предполагающего только два района: ИБ (80 кг/м<sup>2</sup>) и ИБ (120 кг/м<sup>2</sup>) (рисунок 1). По сравнению с советскими нормами [4, 7, 8], с одной стороны, нормативное значение снегового покрова было значительно увеличено (ранее – I (50 кг/м<sup>2</sup>), II (70 кг/м<sup>2</sup>) и III (100 кг/м<sup>2</sup>)), а с другой стороны – фактически исключено нормирование длительно действующей части снеговой нагрузки для снеговых районов III-V (ранее длительно действующая временная нагрузка составляла для III района (северо-восточная и восточная часть Могилевской и Гомельской областей) 0,3 от полного нормативного значения). Таким образом, для зданий, спроектированных согласно положениям СНиП 2.01.07 [4] в 2004 и более поздних годах, снеговая нагрузка учитывалась только как временная (кратковременная) нагрузка с нормативными значениями в 1,7–2,4 раза большими, чем в предыдущие года.

Важно также учитывать, что нормативное значение веса снегового покрова не является прямой величиной, используемой в расчетах несущей способности (прочности и жесткости) конструкций покрытий. В соответствии с п. 5.1 СНиП 2.01.07 [4] полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия  $s$  следует определять по формуле (1) с последующим переводом в расчетное значение путем умножения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ .

$$s = S_0 \mu, \quad (1)$$

где  $S_0$  – нормативное значение веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с картой районирования (рисунок 1),  $\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с профилями покрытий и нормативными схемами снеговых нагрузок, средней скоростью ветра.



— граница районов с различным весом снегового покрова

Рисунок 1. – Районирование территории Республики Беларусь по весу снегового покрова с 2004 года согласно изменению к СНиП 2.01.07 [7]

Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие  $\mu$  может принимать различные значения в диапазоне от 0 до:

- 3,0 – для покрытий с парапетами;
- 4,0 – для покрытий зданий с перепадом высот;
- 6,0 – для навесов с перепадом высот относительно основного здания.

Максимальные значения, как правило, принимаются локально (с последующим линейным снижением в сторону плоской части кровли с коэффициентом  $\mu = 1,0$ ) и, соответственно, имеют название «зона снеговых мешков».

Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для снеговой нагрузки в соответствии с положениями СНиП 2.01.07 [4, 7] принимается равным 1,5–1,6 – для расчетов по несущей способности (на прочность и устойчивость – первая группа предельных состояний), и 1,0 – для расчетов по эксплуатационной пригодности (по деформациям, на выносливость – вторая группа предельных состояний) и в условиях пожара, а также других особых воздействий. Важно понимать, что для расчетов по эксплуатационной пригодности и в условиях пожара, а также других особых воздействий с точки зрения надежных подходов кратковременные нагрузки не учитываются, а учитывается только длительно действующие нагрузки.

Таким образом, при проектировании покрытий на территории Республики Беларусь в соответствии с положениями СНиП 2.01.07 [4, 7, 8] в расчетах по несущей способности вес снегового покрова без учета понижающих коэффициентов, вызванных ветровым сдуванием и сдвигом под действием силы тяжести, составит – минимум (максимум):

– до 2004 года – до  $80 (160) \text{ кг/м}^2$  в плоской части кровель, а в «зоне снеговых мешков»  $240 (480) \text{ кг/м}^2$  для покрытий с парапетами и  $480 (960) \text{ кг/м}^2$  для навесов с перепадом высот относительно основного здания;

– с 2004 года и позднее – до  $128 (192) \text{ кг/м}^2$  в плоской части, а в «зоне снеговых

мешков» 384 (576) кг/м<sup>2</sup> для покрытий с парапетами и 768 (1152) кг/м<sup>2</sup> для навесов с перепадом высот относительно основного здания.

В соответствии с положениями ТКП EN 1990, ТКП EN 1991-1-3 [5, 6], снеговые нагрузки следует классифицировать как переменные, стационарные воздействия. Предусматривается также рассмотрение снеговых нагрузок в качестве особой (чрезвычайной) расчетной ситуации, однако национальное приложение, действующее на территории Республики Беларусь, не допускает (не предполагает) учитывать такие ситуации: «На территории Республики Беларусь нет чрезвычайных снеговых заносов, подразумеваемых настоящим пунктом, поэтому настоящий пункт не применяется на территории Республики Беларусь».

В целом, подход по оценке снеговых нагрузок в соответствии с ТКП EN 1990, ТКП EN 1991-1-3 [5, 6] аналогичен СНиП 2.01.07 [4], однако имеет свои особенности. Так, например, учет длительности действия снеговой нагрузки производится в зависимости от вида расчетной ситуации и осуществляется посредством умножения нормативных значений на коэффициенты:

$\psi_0$  – коэффициент, учитывающий комбинационное значение временного воздействия (на территории Республики Беларусь принимается равным 0,6);

$\psi_1$  – коэффициент, учитывающий частоту повторения временного воздействия (на территории Республики Беларусь принимается равным 0,5);

$\psi_2$  – коэффициент, учитывающий практически постоянное значение временного воздействия (на территории Республики Беларусь принимается равным 0,0).

Учет коэффициентов  $\psi_i$  является основой надежностных подходов в «Еврокодах» и в некотором плане является более подробным, но статистически выверенным способом оценки длительности действия воздействий в ходе проектного срока эксплуатации. Важно также понимать, что согласно положениям ТКП EN 1990 [6] для снеговой нагрузки в обязательном порядке проверяется прочность конструкций в ведущем сочетании, т. е. без коэффициентов  $\psi_i$ .

В соответствии с Национальным приложением к ТКП EN 1991-1-3 [5] районирование территории Республики Беларусь по снеговой нагрузке принимается отличным от положений СНиП 2.01.07 [4, 7] (рисунок 2). При этом в соответствии с Изменением № 2 к ТКП EN 1991-1-3 [9] значения снеговой нагрузки следует уточнить по таблице НП.1.1 (ВУ) в зависимости от высоты местности над уровнем моря. Например, г. Минск находится в районе 2В с номинальным значением снеговой нагрузки 1,45 кПа, учитывая, что высота над уровнем моря г. Минска составляет в среднем 220 м, уточненная снеговая нагрузка составит 1,51 кПа. Уточненное значение снеговой нагрузки для более низких отметок может уменьшаться, при этом нижний предел ограничен значением 1,0 кПа.

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия  $s$  в соответствии с положениями ТКП EN 1991-1-3 [5, 9] следует определять по формуле

$$s = \mu_i C_e C_t s_k, \quad (2)$$

где  $\mu_i$  – коэффициент формы снеговых нагрузок;  $s_k$  – характеристическое (нормативное) значение снеговых нагрузок на грунт;  $C_e$  – коэффициент окружающей среды (принимается равным 0,8 для обдуваемых ветром кровель и 1,0 – для закрытых от ветра кровель);  $C_t$  – температурный коэффициент (принимается равным 0,8 для покрытий с повышенной теплопередачей, способствующей таянию снега (например, стеклянные покрытия), и равным 1,0 – для остальных кровель).

Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие  $\mu_i$  может принимать различные значения в диапазоне от 0 до:

- 2,0 – для покрытий с парапетами;
- 2,9 – для покрытий зданий с перепадом высот.

Как и для СНиП 2.01.07 [4, 7], максимальные значения принимаются только в зоне «снеговых мешков», с последующим линейным снижением в сторону плоской части кровли с коэффициентом  $\mu = 0,8$  (в СНиП 2.01.07 – к 1,0).

Коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для снеговой нагрузки в соответствии с положениями ТКП EN 1990 [6] принимается равным 1,5 – для расчетов по несущей способности (на прочность и устойчивость – первая группа предельных состояний), и 1,0 – для расчетов по эксплуатационной пригодности (по деформациям, на выносливость – вторая группа предельных состояний) и в условиях пожара, а также других особых воздействий. Для расчетов по эксплуатационной пригодности и в условиях пожара,

а также других особых воздействий с точки зрения надежных подходов учитываются только длительно действующие нагрузки посредством введения коэффициентов  $\psi_1$  либо  $\psi_2$ .

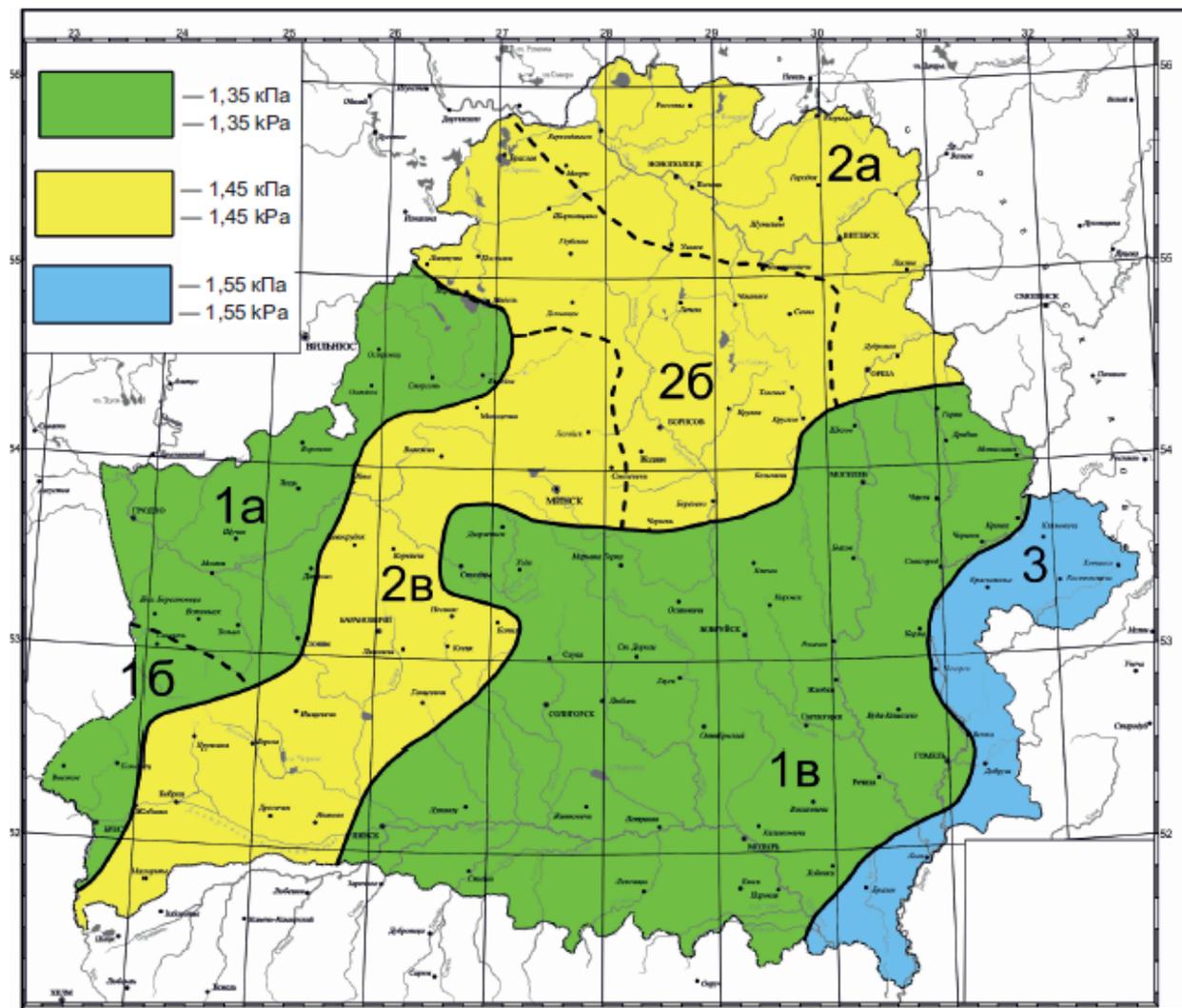


Рисунок 2. – Районирование территории Республики Беларусь по весу снегового покрова согласно Национальному Приложению к ТКП EN 1991-1-3 [5, 9]

Таким образом, при проектировании покрытий на территории Республики Беларусь в соответствии с положениями ТКП EN 1990, ТКП EN 1991-1-3 [5, 6, 9] в расчетах по несущей способности вес снегового покрова без учета понижающих коэффициентов, вызванных ветровым сдуванием и сдвигом под действием силы тяжести, составит – минимум (максимум): до 120 (255) кг/м<sup>2</sup> в плоской части кровель, а в «зоне снеговых мешков» 300 (640) кг/м<sup>2</sup> для покрытий с парапетами и 435 (926) кг/м<sup>2</sup> для покрытий зданий с перепадом высот (максимальное значение условно приведено для наивысшей точки Беларуси – гора Дзержинская, 345 м над уровнем моря).

Сопоставив предельные значения, полученные по ТКП EN 1991-1-3 [5, 9] и СНиП 2.01.07 [4, 7], можно сделать вывод о том, что при проектировании согласно положениям ТКП EN 1991-1-3 нагрузка принимает, как правило, большие значения в плоской части кровель и несколько меньшие значения для «зон снеговых мешков» (особенно для навесов).

Примечательным является факт, что достаточно подробные указания по определению снеговой нагрузки в соответствии со СНиП 2.01.07 [4, 7] не содержат никаких рекомендаций по эксплуатации кровель, а именно – какую предельную величину снегового покрова допускается сохранять без последующей уборки. В этом плане положения ТКП EN 1991-1-3 [5, 9] также не содержат конкретных рекомендаций по эксплуатации, но в Приложении Е приведены значения удельного веса снега (таблица 1).

Согласно требованиям технических нормативных правовых актов [10, 11] при эксплуатации зданий крыши должны очищаться от снега, не допускается образование снегового покрова толщиной более 30 см (при оттепелях, если наблюдается обледенение свесов и водоотводящих устройств, снег должен сбрасываться и при меньшей толщине снегового покрова). Это соответствует нагрузке в  $60 \text{ кг/м}^2$  для осевшего снега (через несколько часов или суток после выпадения), либо  $120 \text{ кг/м}^2$  для влажного снега. Очевидно, что несущая способность покрытий в большинстве случаев будет достаточной для восприятия указанной нагрузки и сам процесс уборки снега не будет представлять большой опасности. При этом необходимо с предельной осторожностью производить уборку влажного снега для старых зданий южных районов Республики Беларусь, т.к. несущей способности покрытия может быть недостаточно, тем более с учетом накопления усталостных повреждений в конструкциях и наличием дополнительной нагрузки от людей, убирающих снег. Следует также ограничивать локальное увеличение снеговой нагрузки при искусственном перемещении или перераспределении снега в процессе уборки. В случае отсутствия в штате организации, эксплуатирующей здание, соответствующих специалистов, реализация требований по контролю нормативных нагрузок на кровлю здания [10, 11] видится довольно проблематичной.

**Таблица 1. – Удельный вес снега**

Вид снега	Удельный вес, кН/м <sup>3</sup> *
Свежий	1,0
Осевший (через несколько часов или суток после выпадения)	2,0
Старый (через несколько недель после выпадения)	2,5 – 3,5
Влажный	4,0

Примечание: \* – соответствует весу в кг 1 см слоя снега.

Надзорные органы МЧС и Минздрава Республики Беларусь осуществляют проверки соблюдения законодательства в части эксплуатации кровель, качество их очистки от снега и наледи. Результатом данной работы зачастую становится приостановка эксплуатации объектов. К примеру, в январе 2016 года после циклона «Даниэлла» в г. Минске была приостановлена работа 6 объектов.

Очевидно, что недостаточная прочность и жесткость конструкций не всегда может быть выявлена визуально. В этом плане поведение конструкций при повышенных нагрузках и предотвращение значительной части чрезвычайных ситуаций возможно путем контроля основных деформаций (прогибов, перемещений, в т.ч. вибрации) и их сопоставления с критическими величинами. Следует отметить, что это актуально для конструкций, не имеющих склонности к хрупкому (быстрому) разрушению. Учитывая, что нормальное проектирование конструкций не допускает возможности хрупкого разрушения, указанный подход является вполне оправданным.

Эксплуатационная пригодность конструкций определяется допустимыми критическими деформациями исходя из следующих предпосылок ТКП EN 1990 [6]:

- внешний вид строительного объекта;
- комфорт пользователя;
- функционирование конструкций (включая функционирование оборудования, инженерных сетей и обслуживающего персонала), или которые вызывают повреждения отделочных слоев или неконструктивных элементов.

Интересным является факт, что конкретные значения деформаций приведены только в «Еврокодах» по проектированию железобетонных конструкций ТКП EN 1992-1-1 [12] (1/250 расчетного пролета исходя из требований к внешнему виду, либо 1/500 расчетного пролета если могут быть повреждены смежные части конструкции) и деревянных конструкций ТКП EN 1995-1-1 [13] (1/250 расчетного пролета), в то время как ТКП EN 1993-1-1 [14], регламентирующем проектирование стальных конструкций предполагается определить указанные значения в Национальном приложении (хотя в Национальном приложении для Республики Беларусь не определены). Кроме того, в «Еврокодах» имеется ссылка на международный стандарт ISO 4356 [15], в котором изложены основные подходы к оценке критических деформаций, и критические значения для элементов покрытий предполагается выбирать в диапазоне от 1/250 до 1/125 пролета в общем случае, 1/300 пролета для обеспечения устойчивости либо исключения повреждений опорных участков, и 10–15 мм при наличии перегородок снизу.

Перечисленные предпосылки во многом перекликаются с требованиями СНиП 2.01.07 [16], в котором деформации классифицируют исходя из следующих причин:

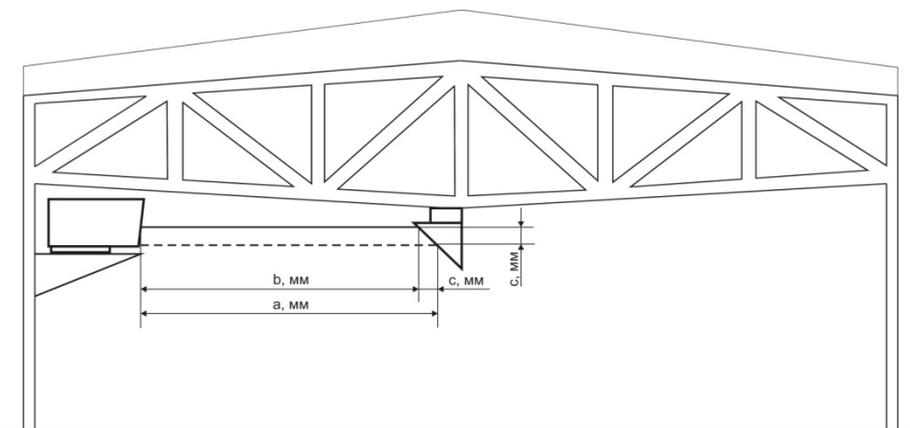
- технологических (обеспечение условий нормальной эксплуатации технологического и подъемно-транспортного оборудования, контрольно-измерительных приборов и т. д.);
- конструктивных (обеспечение целостности примыкающих друг к другу элементов конструкций и их стыков, обеспечение заданных уклонов);
- физиологических (предотвращение вредных воздействий и ощущений дискомфорта при колебаниях);
- эстетико-психологических (обеспечение благоприятных впечатлений от внешнего вида конструкций, предотвращение ощущения опасности).

Критические значения деформаций в СНиП 2.01.07 [16] для эстетико-психологических требований составляют от 1/300 до 1/120 расчетного значения пролета в зависимости от величины пролета (1/300 для пролета более 36 м), при наличии элементов, подверженных растрескиванию (стяжек, полов, перегородок), – 1/150 расчетного пролета. В соответствии с п. 6 Приложения 6 СНиП 2.01.07 [16] «Прогиб элементов покрытий и перекрытий, ограниченный исходя из конструктивных требований, не должен превышать расстояния (зазора) между нижней поверхностью этих элементов и верхом перегородок, витражей, оконных и дверных коробок, расположенных под несущими элементами».

Очевидно, что конкретное значение критической деформации должно быть определено индивидуально для каждой конструкции, исходя из технологических, конструктивных, физиологических, а возможно и эстетико-психологических особенностей.

В связи с тем, что основные деформации строительных конструкций находятся в диапазоне малых величин, исчисляемых долями и целыми миллиметрами, визуальный контроль либо мониторинг подручными средствами во многом является нецелесообразным. Наиболее целесообразным является применение стационарных автоматизированных систем мониторинга, позволяющих обеспечивать диагностику несущих конструкций в режиме реального времени [18, 19].

В настоящей статье рассмотрена система мониторинга Sense S-One, принцип действия которой основан на измерении расстояний лазерным дальномером (рисунок 3). Система мониторинга состоит из лазерного дальномера, мишени-отражателя и информационно-измерительного комплекса (персональный либо планшетный компьютер).



*a* – расстояние между дальномером и мишенью-отражателем при исходных условиях, мм;

*b* – расстояние между дальномером и мишенью-отражателем при нагрузке на кровлю, мм; *c* – прогиб, мм.

**Рисунок 3. – Принцип действия системы мониторинга строительных конструкций**

Датчик устанавливается на смежную несущую конструкцию (рисунок 4), мишень – в зоне контроля критических деформаций. Мишень-отражатель представляет собой металлическую треугольную прямую призму со специальным покрытием с боковыми гранями, расположенными под углом 45° к основанию (рисунок 5). Таким образом, при вертикальном перемещении мишени изменяется контролируемое прибором расстояние, что в свою очередь интерпретируется системой как деформация конструкции. Результирующее значение выдается исходя из статистической обработки 20 измерений.



Рисунок 4. – Внешний вид лазерного датчика



Рисунок 5. – Внешний вид мишени-отражателя

Основные технические характеристики системы мониторинга Sense S-One приведены в таблице 2. Имеется возможность мониторинга состояния строительной конструкции в нескольких режимах: «нормальный летний», «нормальный зимний», «буря», «сильный снегопад» и «уборка снега» – т. е. контролировать различные значения критических деформаций. Кроме того, в зависимости от текущего значения деформации (диапазон отклонения: 0–30 %, 30–50 %, 50–70 %, 70–100 % от проектного максимума) и режима отличается цикл опроса состояния конструкции – от 12 часов до 15 секунд (рисунок 6).

Таблица 2. – Основные технические характеристики системы

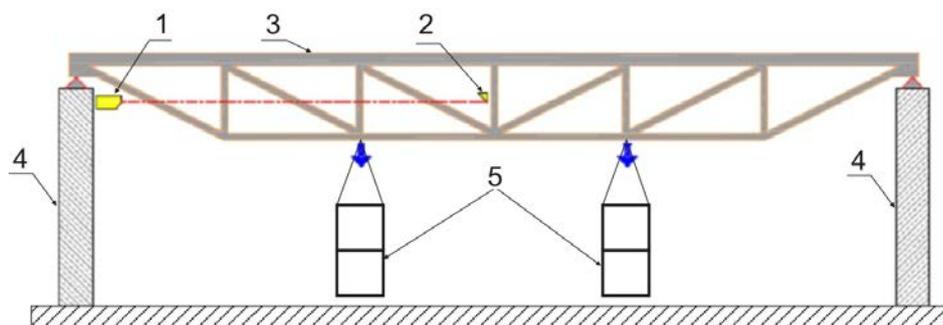
Параметры	Значение
Диапазон измерения, м	0,1 – 30,0
Погрешность измерения, мм	±2
Разрешающая способность, мм	0,1
Электропитание, В	10 – 30
Температура эксплуатации, °С	-40 – +50

Авторами статьи проведены экспериментальные исследования рассматриваемой системы мониторинга для строительной конструкции (фермы) в условиях, имитирующих снеговую нагрузку. Экспериментальные исследования проведены на полигоне оперативно-тактической подготовки филиала «Институт переподготовки и повышения квалификации» Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в д. Светлая Роща Борисовский район Минской области.

**Методика проведения исследования и их результаты.** Для проведения экспериментальных исследований был использован фрагмент здания без ограждающих конструкций, состоящий из шести железобетонных колонн, каждая высотой 8,5 м, и сечением 500×500 мм, соединенных поверху стропильными и подстропильными фермами типа «Молодечно» [19]. Железобетонные колонны совокупно с подстропильными фермами представляли собой три однопролетных плоских рамы (каждая пролетом 11,0 м), соединенные между собой четырьмя стропильными фермами. Ввиду отсутствия ограждающих конструкций (в том числе кровельного покрытия), действию нагрузки подвергали только одну крайнюю стропильную ферму, путем подвешивания пластиковых емкостей объемом 1 м<sup>3</sup> с последующим постепенным заполнением водой.

Стальные стропильные фермы покрытия изготовлены с пролетом 22,0 м, с переменной высотой подъема между осями нижнего и верхнего пояса 1,3...1,6 м, с 16 раскосами, выполненными из профилей стальных гнутых замкнутых сварных квадратных по ГОСТ 30245 [20]. Верхний и нижний пояс ферм выполнен из профиля 120×5 марки стали С255 по ГОСТ 27772 [21], раскосы – из профиля 100×4 марки стали С255 (крайние два) и из профиля 80×3 марки стали С255 (средние 12), а также центральный дополнительный раскос из профиля 60×2 марки стали С255.

Принципиальная схема экспериментальных исследований представлена на рисунке 6, общий вид экспериментальных исследований – на рисунке 7.



1 – лазерный дальномер; 2 – мишень-отражатель; 3 – ферма; 4 – колонна; 5 – груз (емкости)

Рисунок 6. – Принципиальная схема экспериментальных исследований (ферма показана условно)

В качестве дополнительного средства измерения деформаций использовали тахеометр SOKKIA CX-105 (с точностью измерения 0,001 м и дальностью 1,3–5000 м), а также был произведен поверочный расчет в некоммерческой версии ЛИРА-САПР 2013 R5.

Для проведения измерений деформаций на примыкающей железобетонной колонне был неподвижно закреплен кронштейн, на котором установлен лазерный дальномер, GSM-модем и свитч. Мишени-отражатели для исследуемой системы и для тахеометра были неподвижно закреплены на кронштейне в среднем сечении фермы (см. рисунок 5).

Нагрузка размещалась симметрично от центра и последовательно увеличивалась заливом в емкости воды от 0 до 2000 кг с шагом 200 кг на каждое плечо. Измерения прогиба фермы проводилось относительно колонны – с помощью лазерного дальномера Sense S-One, и относительно земли – с помощью тахеометра SOKKIA CX-105. Показания приборов фиксировались синхронно при увеличении нагрузки на каждый шаг, т. е. на каждые 400 кг.

Для расчета фермы была построена ее конечно-элементная модель. Граничные условия на опорах были приняты шарнирными. Собственный вес фермы не учитывался, т.к. экспериментальные исследования проводились без учета исходного прогиба от собственного веса. Результаты расчета для максимальной нагрузки приведены на рисунке 8.



Рисунок 7. – Внешний вид экспериментальной установки

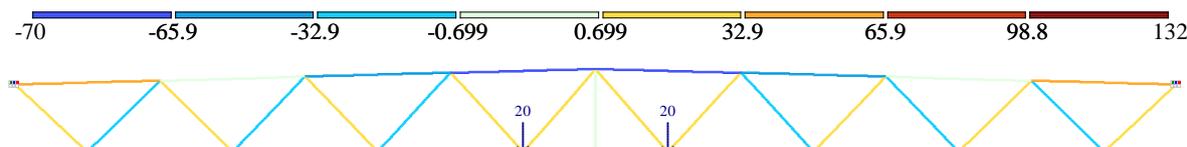


Рисунок 8. – Расчетные напряжения в элементах фермы

Видно, что напряжения сжатия в верхнем поясе фермы не превышают 70 кН, напряжения растяжения в нижнем поясе – 132 кН. Расчеты показали:

– напряжения сжатия 70 кН соответствуют для профиля 120×5 марки стали С255 длиной 2,75 м 24 % от полной несущей способности (с учетом возможной потери устойчивости стержня – 287 кН);

– напряжения растяжения 132 кН соответствуют для профиля 120×5 марки стали С255 30 % от полной несущей способности (437 кН);

– напряжения сжатия 30 кН соответствуют для профиля 100×4 марки стали С255 длиной 1,94 м 14 % от полной несущей способности (с учетом возможной потери устойчивости стержня – 207 кН);

– напряжения растяжения 31 кН соответствуют для профиля 100×4 марки стали С255 11 % от полной несущей способности (293 кН);

– напряжения сжатия 27 кН соответствуют для профиля 80×3 марки стали С255 длиной 2,00 м 25 % от полной несущей способности (с учетом возможной потери устойчивости стержня – 111 кН);

– напряжения растяжения 28 кН соответствуют для профиля 80×3 марки стали С255 16 % от полной несущей способности (176 кН);

– напряжения растяжения 0,3 кН соответствуют для профиля 60×2 марки стали С255 0,3 % от полной несущей способности (89 кН).

В таблице 4 приведены средние значения показаний лазерного дальномера, полученные по трем измерениям прогиба фермы, в сопоставлении с расчетными значениями деформаций. Значения показаний системы мониторинга на основе лазерного дальномера соответствовали показаниям более точного измерительного прибора – тахеометра. Следует учесть, что погрешность системы мониторинга на основе лазерного дальномера не позволяет оценивать результаты со значением (либо шагом) менее 2,0 мм.

**Таблица 4. – Результаты измерений прогиба фермы**

№ шага	Нагрузка, кг	Показания тахеометра SOKKIA CX-105, мм	Показания системы мониторинга Sense S-One, мм	Расчетный прогиб, мм
1	400	1	1	1,4
2	800	2	1,8	2,9
3	1200	3	3	4,3
4	1600	4	4	5,8
5	2000	5	5	7,2
6	2400	6	5,5	8,6
7	2800	7	6,8	10,1
8	3200	8	7,8	11,5
9	3600	9	8,5	13,0
10	4000	10	10	14,4

Также следует отметить, что расчетный прогиб в сопоставлении с экспериментальным во всех случаях был выше на 44 %, что свидетельствует о корреляции результатов расчета с экспериментом. Более высокие расчетные значения прогиба допустимы, т.к. они получены для идеализированных условий шарнирного опирания и дают запас в зону безопасности. Результаты обратного расчета стропильной фермы показали, что аналогичный прогиб (с меньшими напряжениями) достигается для равномерно распределенной линейной нагрузки сверху фермы 2,94 кН/м, что соответствует равномерно распределенной нагрузке от покрытия (при шаге ферм 4,0 м) 73,5 кг/м<sup>2</sup>.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что снеговая нагрузка на кровле является одной из причин возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с обрушениями конструкций. Среди наиболее вероятных нужно выделить следующие причины обрушений:

– некорректный учет возможной нагрузки (воздействий) при расчете и проектировании конструктивных элементов, которые будут действовать в течение проектного срока эксплуатации;

– ошибки при расчете, проектировании и возведении конструктивных элементов, в том числе при назначении надежностных параметров, рассчитанных на проектный срок эксплуатации;

– внесение изменений либо повреждение конструкций запроектными воздействиями

в ходе эксплуатации либо ремонтных работ, в том числе при искусственном перемещении или перераспределении снега в ходе уборки;

– нарушение проектного срока эксплуатации, сроков ремонта конструкций, а также эксплуатационных требований, в том числе своевременной уборки снега с кровли;

– некорректный учет нагрузки (воздействий) в технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА), вызванный либо изменением климатических условий в ходе проектного срока эксплуатации, либо изменением надежностных параметров, определяемых как способами проектирования, так и требованиями к эксплуатации и ремонту конструкций.

В Республике Беларусь нормативные значения снеговой нагрузки определяют в соответствии с положениями двух независимых документов – либо СНиП 2.01.07, либо ТКП EN 1991-1-3 (совместно с ТКП EN 1990 и прочими взаимосвязанными документами). Сопоставив предельные значения, полученные по ТКП EN 1991-1-3 и СНиП 2.01.07, можно сделать вывод о том, что при проектировании согласно положений ТКП EN 1991-1-3 нагрузка принимает, как правило, большие значения в плоской части кровель и несколько меньшие значения для «зон снеговых мешков» (в особенности для навесов).

Необходимо с предельной осторожностью производить уборку влажного снега для старых зданий южных районов Республики Беларусь, т.к. несущей способности покрытия может быть недостаточно, тем более с учетом накопления усталостных повреждений в конструкциях и наличием дополнительной нагрузки от людей, убирающих снег. Следует также ограничивать локальное увеличение снеговой нагрузки при искусственном перемещении или перераспределении снега в процессе уборки.

Недостаточная прочность и жесткость конструкций не всегда может быть выявлена визуально. В этом плане поведение конструкций при повышенных нагрузках и предотвращение значительной части чрезвычайных ситуаций возможно путем контроля основных деформаций (прогибов, перемещений, в т.ч. вибрации) и их сопоставления с критическими величинами. В связи с тем, что основные деформации строительных конструкций находятся в диапазоне малых величин, исчисляемых долями и целыми миллиметрами, визуальный контроль либо мониторинг подручными средствами во многом является нецелесообразным. Наиболее целесообразным является применение стационарных автоматизированных систем мониторинга, позволяющих обеспечивать диагностику несущих конструкций в режиме реального времени.

Авторами статьи проведены экспериментальные исследования системы мониторинга на основе лазерного дальномера Sense S-One для строительной конструкции (фермы) в условиях, имитирующих снеговую нагрузку. В качестве поверочного средства измерения деформаций использовали тахеометр SOKKIA CX-105 (с точностью измерения 0,001 м и дальностью 1,3–5000 м), а также был произведен поверочный расчет в некоммерческой версии ЛИРА-САПР 2013 R5.

Значения показаний системы мониторинга на основе лазерного дальномера соответствовали показаниям более точного измерительного прибора – тахеометра. Погрешность системы мониторинга на основе лазерного дальномера не позволяет оценивать результаты со значением (либо шагом) менее 2,0 мм. Расчетный прогиб в сопоставлении с экспериментальным во всех случаях был выше на 44 %, что свидетельствует о корреляции результатов расчета с экспериментом. Более высокие расчетные значения прогиба допустимы, т.к. они получены для идеализированных условий шарнирного опирания и дают запас в зону безопасности. Результаты обратного расчета стропильной фермы показали, что аналогичный прогиб (с меньшими напряжениями) достигается для равномерно распределенной линейной нагрузки сверху фермы 2,94 кН/м, что соответствует равномерно распределенной нагрузке от покрытия (при шаге ферм 4,0 м) 73,5 кг/м<sup>2</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Джамбулатов, Р.Г. Анализ причин обрушения покрытий общественных зданий / Р.Г. Джамбулатов // Молодой ученый. – 2015. – № 10. – С. 197–200.
2. Biegus, A. Collapse of Katowice fair building / A.Biegus, K.Rykaluk // Engineering Failure Analysis. – 2013. – № 16 (5). – P. 1643–1654.
3. Holicky, M. Failures of roofs under snow load: Causes and reliability analysis. / M. Holicky, M. Sykora // In Proc. Fifth Congress on Forensic Engineering. – 2009. – P. 11–14.
4. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.1987. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 46 с.

5. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250). – Введ. 01.01.2010. – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 48 с.
6. Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций (EN 1990:2002, IDT): ТКП EN 1990-2011\* (02250). – Введ. 01.07.2012. – Переизд. с Изменением № 1 (введ. 01.04.2015). – Минск: Минстройархитектуры, 2015. – 94 с.
7. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: Изменение № 1 к СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.07.2004. – Минск: Минстройархитектуры, 2004. – 5 с.
8. Карты районирования территории СССР по климатическим характеристикам: Приложение 5 к СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.1987 – М.: Госстрой СССР, 1987. – 9 л.
9. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки: Изменение № 2 к ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250). – Введ. 01.07.2015. – Минск: Минстройархитектуры, 2015. – 9 с.
10. Техническая эксплуатация производственных зданий и сооружений. Порядок проведения: ТКП 45-1.04-78-2007 (02250). – Введ. 01.04.2008. – Минск: Минстройархитектуры, 2008. – 56 с.
11. Техническая эксплуатация жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок проведения: ТКП 45-1.04-14-2005 (02250). – Введ. 01.07.2006. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 44 с.
12. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий (EN 1992-1-1:2004+AC:2010, IDT): ТКП EN 1992-1-1-2009\* (02250). – Введ. 01.01.2010. – Переизд. с Изменением № 1 (введ. 01.04.2015). – Минск: Минстройархитектуры, 2015. – 219 с.
13. Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий (EN 1995-1-1:2004+AC:2006+A1:2008, IDT): ТКП EN 1995-1-1-2009\* (02250). – Введ. 01.01.2010. – Переизд. с Изменением № 1 (введ. 01.09.2014). – Минск: Минстройархитектуры, 2014. – 106 с.
14. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий (EN 1993-1-1:2005+AC:2009, IDT): ТКП EN 1993-1-1-2009\* (02250). – Введ. 01.01.2010. – Переизд. с Изменением № 1 (введ. 01.09.2014). – Минск: Минстройархитектуры, 2014. – 96 с.
15. Bases for the design of structures – Deformations of buildings at the serviceability limit states: ISO 4356:1977. – Publication date: 1977-11. – Geneva: ISO, 1977. – 18 p.
16. Нагрузки и воздействия (Дополнения. Раздел 10. Прогобы и перемещения): СНиП 2.01.07-85. – Введ. 01.01.1987 – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1988. – 8 с.
17. Martins, N. Dynamic monitoring of a stadium suspension roof: Wind and temperature influence on modal parameters and structural response / N. Martins, E. Caetano, S. Diord, F. Magalhães, A. Cunha // Engineering Structures. – 2014. – № 59. – P. 80–94.
18. Крытый стадион ОАО «Спорткомплекс Олимпийский» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inkommet.ru/drupal/olimp>. – Дата доступа: 10.11.2017.
19. Типовая документация на конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. 1.460.3-14. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30 м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Чертежи КМ. – Введ. 01.06.1982. – Л.: Госстрой СССР ГПИ Ленстройпроектстальконструкция, 1982. – 135 л.
20. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций: ГОСТ 30245-2003 Межгосударственный стандарт. – Введ. 01.10.2003 г. – М.: Межгос. научн.-техн. комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2001. – 8 с.
21. ГОСТ 27772-88. Государственный стандарт. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – Введ. 01.01.89. – Минск: Изд-во стандартов, 1990. – 28 с.

## SNOW LOAD EMERGENCY SITUATIONS PREVENTION WITH THE MONITORING SYSTEM EQUIPMENT FOR STEEL HORIZONTAL STRUCTURES

**Valeriy Rudolf**

**Andrey Kaminskiy**

**Alexander Kondratovich**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Andrey Surikov**

Branch «Institute for retraining and professional development»  
of the state educational establishment «University of Civil Protection  
of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Svetlaya Rocsha, Belarus

**Vadim Kudryashov**, 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 snow load emergency situations prevention using the laser rangefinder monitoring system equipment for steel horizontal structures.

*Methods.* Experimental and theoretical studies on the steel roof truss deflections under snow load using the monitoring system equipment.

*Findings.* It was found that the steel roof truss deflections under snow load, obtained with the laser rangefinder monitoring system equipment Sense S-One, correspond to the data of a more accurate measuring instrument – a TST (total station theodolite), and conform satisfactorily with the calculation results.

*Conclusions.* The values of the laser rangefinder monitoring system data correspond to the data of a more accurate measuring instrument – a TST (total station theodolite). It might be mentioned that the error of the laser rangefinder monitoring system does not allow to evaluate the results with a value (or step) less than 2.0 mm. The calculated deflection in comparison with the experimental data was constantly 44 % higher, which indicates a correlation between the calculation results and experiment. Higher calculated values of deflection are acceptable, because they are obtained for idealized hinge support conditions and give a safety margin.

*Keywords:* emergencies, roofing, roof covering, failure, snow load, actions, deformations, monitoring system, experimental studies.

(The date of submitting: December 22, 2017)

### REFERENCES

1. Dzhambulatov R.G. Analiz prichin obrusheniya pokrytiy obshchestvennykh zdaniy [Analysis of the causes of collapse of public building coverings]. *Molodoy uchenyy*, 2015. No. 10. Pp. 197-200. (rus)
2. Biegus A., Rykaluk K. Collapse of Katowice fair building. *Engineering Failure Analysis*. 2013. No. 16 (5). Pp. 1643–1654.
3. Holicky M., Sykora M. Failures of roofs under snow load: Causes and reliability analysis. *In Proc. Fifth Congress on Forensic Engineering*. 2009. Pp. 11–14.
4. *Stroitel'nye normy i pravila. Nagruzki i vozdeystviya* [Building regulations. Loads and impacts]: SNiP 2.01.07-85. Implemented on 01/01/1987. Moscow: USSR State Construction Committee. 1987. 46 p. (rus)
5. *Eurocode 1. Impact on the structure. Part 1-3. General effects. Snow loads*: Technical Code of Good Practice EN 1991-1-3-2009 (02250). Implemented on 01/01/2010. Minsk: Ministry of Architecture. 2009. 48 p.
6. *Eurocode. Fundamentals of structural design (EN 1990: 2002, IDT)*: Technical Code of Good Practice EN 1990-2011\* (02250). Implemented on 01/07/2012. Re-issue with Amendment No. 1 (Implemented on 04/01/2015). Minsk: Ministry of Architecture. 2015. 94 p.
7. *Building regulations. Loads and impacts*: Ammendment No. 1 to SNIP 2.01.07-85. Implemented on 01/07/2004. Minsk: Ministry of Architecture. 2004. 5 p.
8. *Maps of the regionalization of the territory of the USSR on climatic characteristics*: Appendix 5 to SNIP 2.01.07-85. Implemented on 01/01/1987. Moscow: Gosstroy USSR. 1987. 9 p.
9. *Eurocode 1. Impact on the structure. Part 1–3. General effects. Snow loads*: Amendment No. 2 to the Technical Code of Good Practice EN 1991-1-3-2009 (02250). Implemented on 07/01/2015. Minsk: Ministry of Architecture. 2015. 9 p.

10. *Technical operation of industrial buildings and structures. Order of conduct*: Technical Code of Good Practice 45-1.04-78-2007 (02250). Implemented on 01/04/2008. Minsk: Ministry of Architecture. 2008. 56 p.
11. *Technical operation of residential and public buildings and structures. Order of conduct*: Technical Code of Good Practice 45-1.04-14-2005 (02250). Implemented on 01/07/2006. Minsk: Ministry of Architecture. 2006. 44 p.
12. *Eurocode 2. Design of reinforced concrete structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings (EN 1992-1-1: 2004 + AC: 2010, IDT)*: Technical Code of Good Practice EN 1992-1-1-2009\* (02250). Implemented on 01/01/2010. Re-issue with Amendment No. 1 (Implemented on 04/01/2015). Minsk: Ministry of Architecture. 2015. 219 p.
13. *Eurocode 5. Design of wooden structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings (EN 1995-1-1: 2004 + AC: 2006 + A1: 2008, IDT)*: Technical Code of Good Practice EN 1995-1-1-2009\* (02250). Implemented on 01/01/2010. Re-issue with Amendment No. 1 (Implemented on 01/09/2014). – Minsk: Ministry of Architecture. 2014. 106 p.
14. *Eurocode 3. Design of steel structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings (EN 1993-1-1: 2005 + AC: 2009, IDT)*: Technical Code of Good Practice EN 1993-1-1-2009\* (02250). Implemented on 01/01/2010. – Re-issue with Amendment No. 1 (Implemented on 01/09/2014). Minsk: Ministry of Architecture. 2014. 96 p.
15. *Bases for the design of structures*: ISO 4356 : 1977. Publication date: 1977-11. Geneva: ISO. 1977. 18 p.
16. *Loads and effects (Additions, Section 10. Deflections and Displacements)*: SNiP 2.01.07-85. Implemented on 01/01/1987. Moscow: TsITP Gosstroy USSR, 1988. 8 p.
17. Martins N., Caetano E., Diord S. Dynamic monitoring of a stadium suspension roof: Wind and temperature influence on modal parameters and structural response. *Engineering Structures*. 2014. No. 59. Pp. 80–94.
18. *The indoor stadium of JSC «Sports Complex Olympic»*, available at: <http://www.inkommet.ru/drupal/olimp> (accessed: November 10, 2017). (rus)
19. *Typical documentation for structures, products and units of buildings and structures. 1.460.3-14. Steel structures of coatings of industrial buildings with spans of 18, 24 and 30 m with the use of closed bent welded profiles of rectangular cross section of the «Molodechno» type. Drawings of CM*. Implemented on 06/01/1982. Leningrad: Gosstroy USSR GPI Lestroiproektstalkonstruksiya. 1982. 135 p.
20. *Profiles steel curved closed welded square and rectangular for building constructions*: GOST 30245-2003. Interstate Standard. Implemented on 01/10/2003. Moscow: Interstate Scientific and Technical Commission for Standardization, Technical Regulation and Certification in Construction. 2001. 8 p.
21. *Rolled steel for construction steel structures. General specifications*: GOST 27772-88. State standard. Implemented on 01/01/1969. Minsk: Publishing house of standards. 1990. 28 p.

УДК 532.628:614.84

## ПРИБЛИЖЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗАТОПЛЕНИЯ ПОЙМЫ РЕКИ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОПУСКАХ ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ

Верременюк В.В., Ивашечкин В.В., Семенова Я.А., Немеровец О.В.

Проведена оценка опасности затопления поймы водохранилища. Рассмотрено гидродинамическое моделирование параметров течения водохранилища при пропуске расходов половодья, основанное на использовании географических отметок речной долины и уровней воды в реке. Проведенное с помощью специально созданной компьютерной программы моделирование позволяет сделать прогноз глубины течения в русле с учетом поймы. Полученные результаты дают возможность использования данной методики для определения распространения волны паводка при пропуске половодья. Предложена методика расчета затопления поймы в реке при пропуске половодья.

*Ключевые слова:* водохранилище, гидродинамическое моделирование, пропуск расхода половодья, затопление поймы.

(Поступила в редакцию 10 ноября 2017 г.)

**Введение.** В последние годы увеличивается количество чрезвычайных ситуаций, которые приводят к значительному ухудшению качества земель и ущербу населенным пунктам. Наводнения являются одним из часто повторяющихся стихийных бедствий, охватывающих большие территории и превосходящих по наносимому ущербу многие другие чрезвычайные ситуации. Несмотря на это, до сего времени нет надежных долгосрочных прогнозов их возникновения, достоверных и общепринятых методик подсчета причиняемого ими ущерба. Анализ данных по наводнениям позволяет сделать вывод о тенденциях роста такого ущерба.

Среди основных причин, приводящих к большим ущербам от половодий, можно назвать отсутствие достоверных прогнозов опасности затопления территорий, отсутствие законодательно закрепленных правил хозяйственного использования земель, подверженных сезонным затоплениям.

Учитывая обширность речных пойм и быстроту протекающих на них процессов затопления, в работе [1] рекомендовано использовать методы дистанционного зондирования Земли из космоса. Важными преимуществами этих методов являются большая обзорность, возможность регулярного отслеживания состояния земной поверхности, высокая оперативность получения информации об интересующем районе и интеграция в геоинформационные системы (ГИС). Автором работы [1] предложена методика моделирования затопления территории по космическим снимкам высокого пространственного разрешения в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах. Методика состоит из трех последовательных этапов: I этап – формирование базы данных космических снимков территории, включающий анализ развития половодий и водного режима рек, составление графиков максимальных уровней для гидропостов, расчет обеспеченности уровней воды, выявление периодов стояния высоких вод с целью заказа архивных космических снимков на даты максимального разлива вод, анализ архивов поставщиков данных дистанционного зондирования Земли, обработка космических снимков в специализированном программном обеспечении; II этап – создание геоинформационной базы данных зон затопления; III этап – моделирование затопления территории с составлением карты затопления территории при различных уровнях обеспеченности. Но геоинформационная база данных затопления территорий, полученная по космическим снимкам, имеет значительный недостаток – ограниченное число моделей затопления, которое зависит от наличия космических снимков территории при различных уровнях воды.

В работе [2] предложена методика исследования опасности затопления территории, наиболее подходящая для локального масштаба. На основе статистического анализа вычислены максимальные уровни половодья р. Обь в г. Барнауле. Методом картографического моделирования определены границы зон затопления при наводнениях с максимальными уровнями воды разной расчетной обеспеченности. Проведенные расчеты проверены с помощью метода реального года на примере половодья 2010 г. В результате исследования получена оценка исследуемой территории по степени опасности затопления, социального и экономического риска наводнений.

Заслуживают интереса методы расчета зон затопления в речной долине путем применения метода численного гидродинамического моделирования, которые позволяют рассчитать величину зоны затопления территории, прилегающей к реке, и время, на которое эта территория оказывается затопленной. На основе этого метода оценивается распространение паводковых и прорывных волн и проводится расчет зон затопления в речной долине. Для восстановления разрушенных земель требуются огромные затраты, которые намного превышают средства, требуемые для проведения противопаводковых мероприятий. Наиболее распространенными способами защиты от затопления являются строительство дамб или создание польдерных систем. Ввиду значительной протяженности объектов защиты для определения параметров защитных сооружений перспективно применение численного гидродинамического моделирования. В работе [3] рассмотрена упрощенная методика моделирования распространения волн прорыва и паводковых волн для обеспечения защиты земель от наводнения. Показано, что моделирование паводковых и прорывных волн можно проводить по спутниковым данным о рельефе и гидрологическим характеристикам водного объекта, не прибегая к дополнительным изысканиям, при этом будут получены достоверные результаты. В результате анализа влияния качества картографических материалов на результаты расчетов автором [3] установлено, что их использование возможно с шагом основных горизонталей 2–5 м. Однако такой шаг горизонталей можно использовать только для расчетов прорывных и паводковых волн речных долин крупных рек, и он не вполне подходит для средних и малых рек.

Нами была разработана программа расчета параметров течения в реке Вилия за плотиной Вилейского водохранилища [4]. Учет затопления поймы в нашей программе производился достаточно грубо: меженное (коренное) русло принималось прямоугольного поперечного сечения с постоянной высотой берегов, равной 2,8 м, пойма также принималась постоянной ширины, равной 650 м. Во многом эти допущения были продиктованы отсутствием достоверных данных об устройстве речной долины на расчетном участке. Процедура учета этих данных описана в [4, 5] и реализована в компьютерной программе.

Для более точного расчета затопляемых участков поймы в данной работе использовались данные по географическим отметкам речной долины и уровней воды в реке, полученные для 4-х створов, находящихся от плотины Вилейского водохранилища на расстоянии 330, 4330, 5630 и 9360 метров соответственно. Расчеты, представленные ниже, производились на участке реки длиной 10 км ниже водосброса плотины при пропуске расхода половодья 0,1 % – обеспеченности.

**Основная часть.** Для организации вычислений параметров течения реки с учетом поймы с использованием методики [4, 5] предполагается, что поверхность речной долины в районе поймы является кусочно-цилиндрической. А именно, берег можно разбить на участки линиями равных отметок высоты относительно дна реки (назовем их горизонталями); на каждом из этих участков берег является цилиндрической поверхностью, направляющими линиями которой служат ограничивающие участок горизонтали, а образующие – это прямые, соединяющие те точки горизонталей, которые лежат в плоскости  $s = s_0$ , здесь и далее параметр  $s$  – расстояние вдоль реки от точки русла до плотины (эта плоскость перпендикулярна руслу реки и находится на расстоянии  $s_0$  от плотины). Вышесказанное предположение поясняется ниже на рисунках 1 и 2. В предлагаемой работе горизонтали брались ломаными, что опять же связано с недостатком исходной информации о поверхности речной долины.

На рисунке 1а показан план участка речной долины, где плоскость  $s = s_0$  пересекает горизонтали (I) и (II) в точках  $A$  и  $B$  соответственно. Следовательно, отрезок  $AB$  считается образующей береговой поверхности на этом участке (т. е. между горизонталями (I) и (II)). На рисунке 1б показано, как выглядит сечение береговой поверхности плоскостью  $s = s_0$ . Здесь  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – высоты расположения относительно дна реки точек  $A, B, C$  и  $D$  соответственно, а  $W_A, W_B, W_C, W_D$  – расстояния от этих точек до русла реки.

Такое предположение не противоречит обычному устройству речных долин в республике, хотя и вносит определенные погрешности в вычисления. При этом погрешность вычислений будет уменьшаться при увеличении количества заданных створов и числа горизонталей.

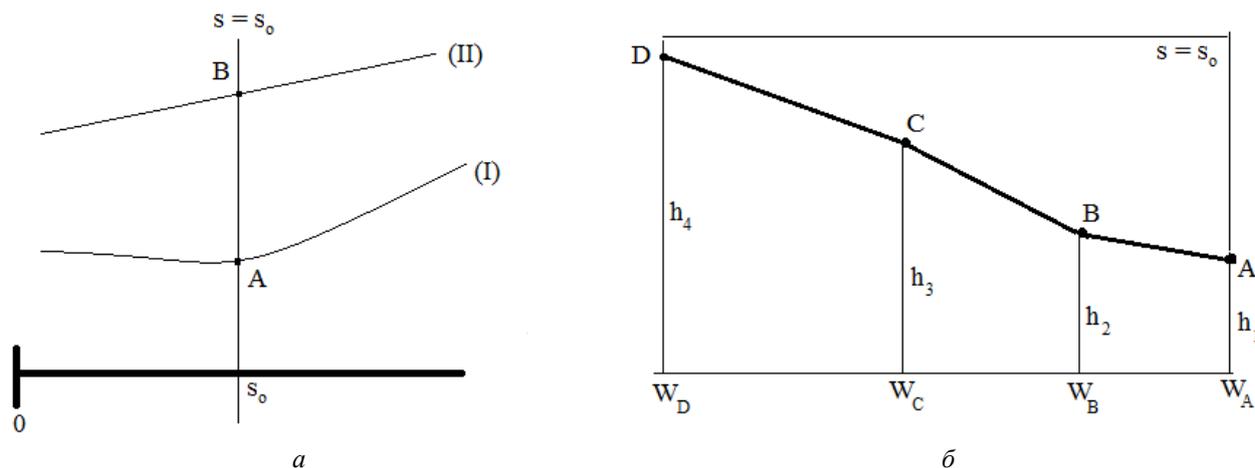


Рисунок 1. – Схема участка речной долины: *a* – план; *б* – поперечный разрез

Для учета затопления поймы при движении потока в прямоугольном русле шириной  $b$  в случае паводка и поступления в русло больших расходов воды из водохранилища по рекомендации из [5] в системе Сен-Венана в [4] второе уравнение системы (уравнение неразрывности) заменяется на уравнение  $\frac{B}{b} \cdot \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hV)}{\partial s} = 0$ , где  $h$  и  $V$  – соответственно глубина и скорость потока на расстоянии  $s$  от плотины;  $B = b + B_0$  – полная ширина потока, включающая транзитную часть потока  $b$  (русло) и его нетранзитную часть  $B_0$  (затопленную пойму).

Для определения ширины  $B_0$  при использовании указанной выше модели устройства поверхности берега на пойме реки поступаем, как показано на рисунке 2: если на расстоянии  $s = s_0$  глубина в русле  $h(t, s_0) > h_3$ , то  $B_0 = W_C + W_s$ . На рисунке 2 изображено сечение береговой поверхности плоскостью  $s = s_0$ :  $R_s$  – соответствующая точка берега русла,  $P_h$  – точка речной долины с высотой относительно дна, равной глубине  $h(t, s_0)$ .

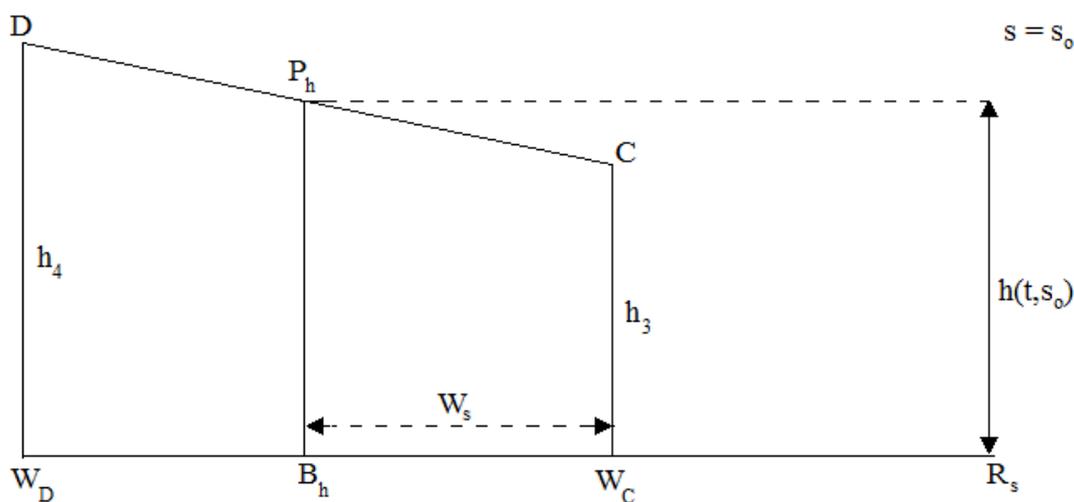


Рисунок 2. – Схема к расчету ширины затопленной поймы  $B_0$

Поперечные разрезы речной долины р. Вилия на различных расстояниях от плотины Вилейского водохранилища представлены на рисунке 3.

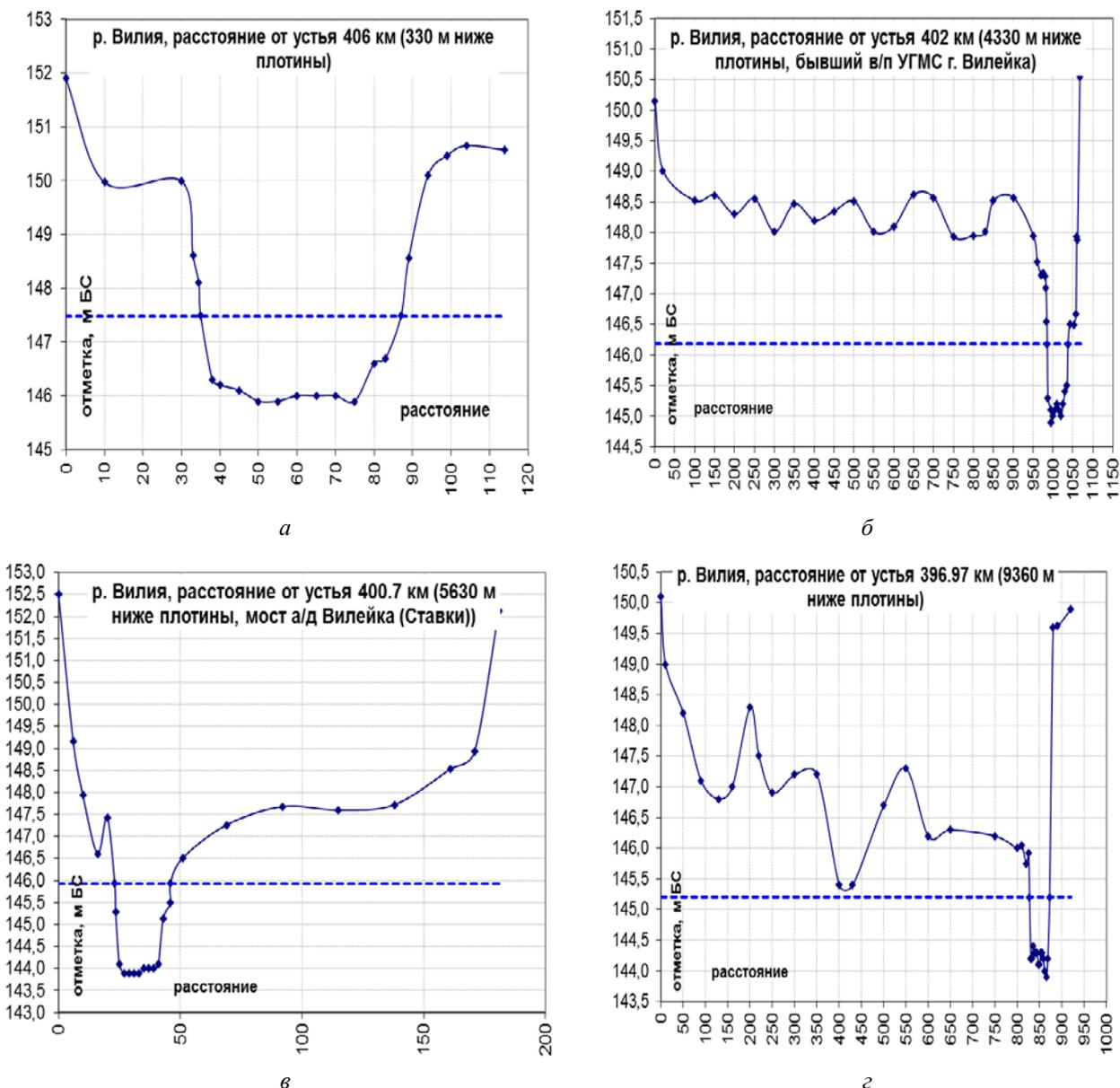


Рисунок 3. – Поперечные разрезы речной долины р. Виляя на различных расстояниях от плотины Вилейского водохранилища: а – 330 м; б – 4330 м; в – 5630 м; г – 9360 м

**Структурирование исходных данных по пойме.** Для подготовки этих данных к использованию в программе расчета течения в русле с учетом поймы используем изложенное выше предположение о структуре берега и линейную интерполяцию и строим схему берега. На рисунке 4 представлена расчетная схема плана участка речной долины для левого берега.

На этой схеме точки *A, B, C* и *D* – створы, для которых выполнены измерения, точка *O* – створ водохранилища. Для каждой из этих точек в скобках указаны отметки глубины дна (относительно Балтийской системы). Ниже горизонтальной оси указаны расстояния от этих точек до створа водохранилища – точки *O*. Для точек *B* и *D* над горизонтальной осью указаны высоты берегов относительно дна – это 1,7 м (низкий берег). Для точек *A* и *C* эти отметки – 2,8 м (высокий берег). Проведены 4 ломаных горизонтали для высот 2,8; 3,7; 4,1 и 6 м, разбившие берег на 4 участка цилиндрических поверхностей (как это было описано в начале основной части). Точки *B, 1, 2* и *3* на вертикальных осях соответствуют расстояниям от реки: для створа *A* – это 0, 4, 5 и 35 метров соответственно; для створа *B* – это 25, 90, 570 и 990 метров; для створа *C* – это 0, 6, 12 и 70 метров, для створа *D* – это 265, 280, 650 и 800 метров.

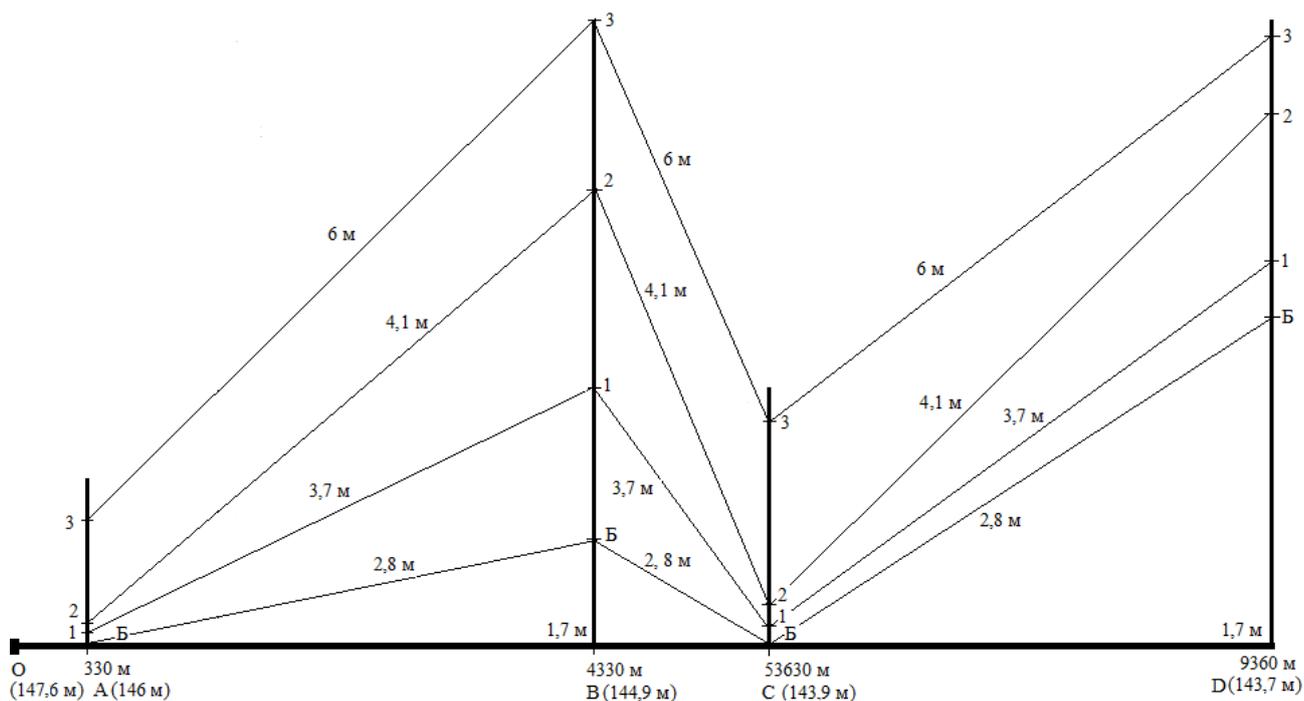


Рисунок 4. – Расчетная схема плана участка речной долины для левого берега

На рисунке 5 представлена аналогичная расчетная схема плана речной долины для правого берега.

Точки 1, 2, 3 и 4 на вертикальных осях соответствуют расстояниям от реки: для створа А – это 2, 5, 8 и 20 метров соответственно; для створа В – это 15, 19, 22 и 25 метров; для створа С – это 0, 18, 100 и 122 метров, для створа D – это 3, 8, 10 и 20 метров.

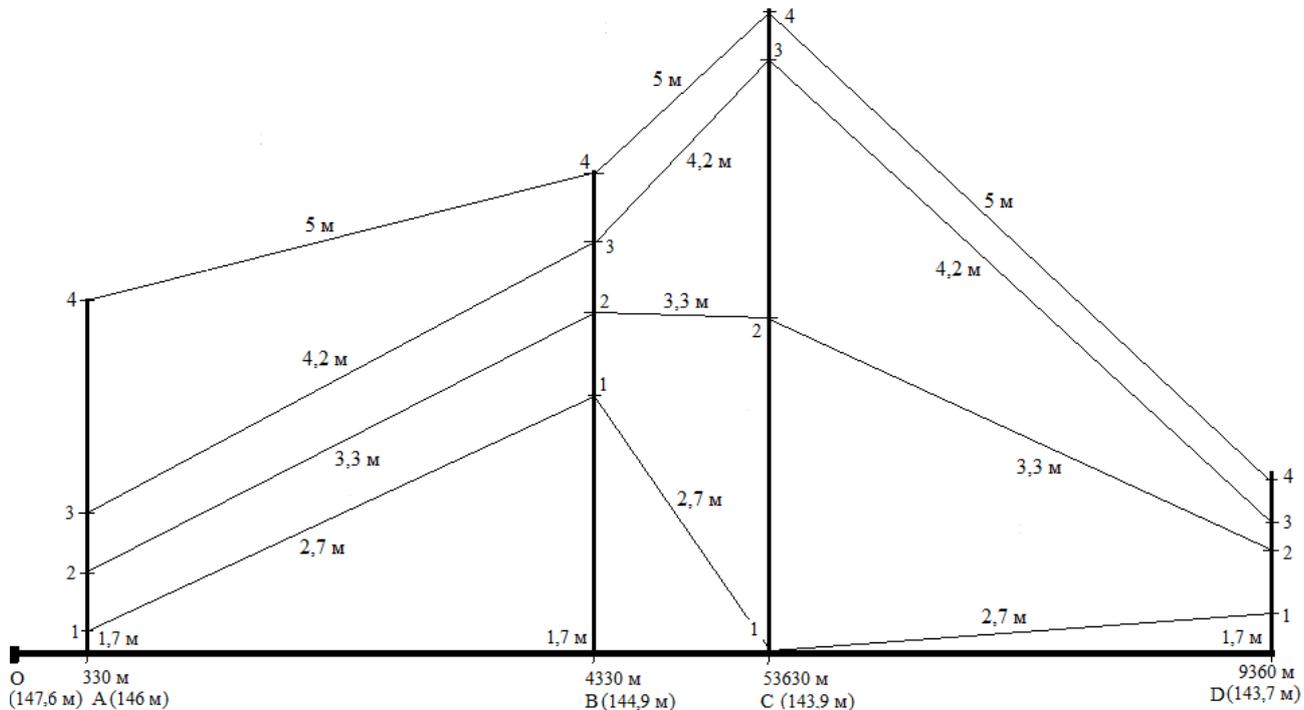


Рисунок 5. – Расчетная схема плана участка речной долины для правого берега

**Результаты расчетов затопленной поймы при пропуске расхода половодья 0,1 % обеспеченности.** Ниже приведены численные и графические данные расчетов течения на участке 10 км ниже плотины с учетом данных рельефа речной долины. Исходные данные следующие:

– максимальный расход паводка  $Q_{\max} = 1558,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , время  $t_n = T_{\text{rise}} = 7,8$  дней – время, в течение которого происходит нарастание расхода паводка, общее время паводка  $T_{\max} = 7,8$  дней (эти данные рассчитаны в [6]);

– расход воды через водосливную плотину до начала паводка  $Q_0 = 77,9 \text{ м}^3/\text{с}$ , используемый в энергетике расход  $Q_u \equiv \text{const} = 26 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Усредненные параметры реки: уклон русла  $i = 0,0004$ , ширина русла  $b = 50 \text{ м}$  (значения  $i$  и  $b$  рассчитаны по данным, указанным на рисунках 3 и 4), шероховатость русла принята  $n = 0,025$  [7, таблица 4].

Разностная схема для расчета описана подробно в [4].

Ниже представлены графики глубины  $H(t)$  течения в русле (рисунок 6), ширины затопленной поймы левого берега в зависимости от времени  $W(t)$  в районе заданных створов и в зависимости от расстояния до плотины  $W(s)$  для определенных временных значений (рисунки 7 и 8 соответственно).

Чтобы не загромождать изложение, мы не приводим данные по затоплению правого берега, т.к. оно незначительно по сравнению с левым берегом.

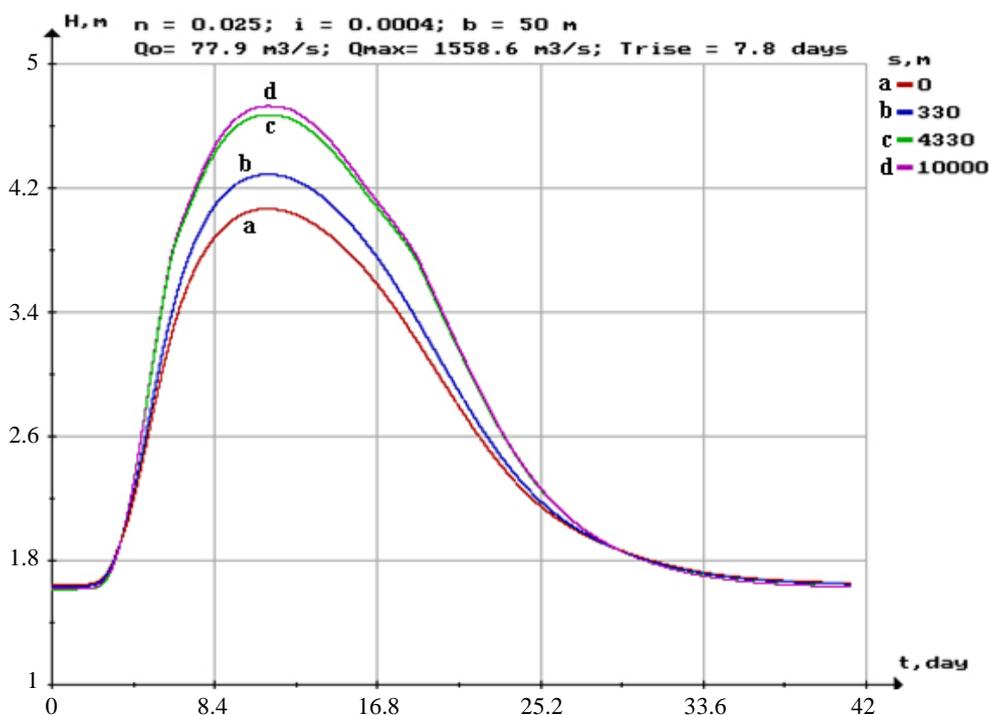


Рисунок 6. – Глубина течения  $H(t)$  в метрах

Рисунки 6–8 показывают, что наибольшая опасность затопления левого берега наступает в промежуток времени от 6-х до 16-х суток от начала наводнения. Причем на 22-е сутки опасность затопления не значительна и может возникнуть только в районе 9-го км на левом берегу. При этом максимальное затопление на левом берегу происходит в районе 4,5-го километра, причем (как видно из рисунков 3, 4 и 6) глубина затопления достигает 2,5 м недалеко от берега и 1–1,5 м на расстоянии от 90 до 600 м от берега.

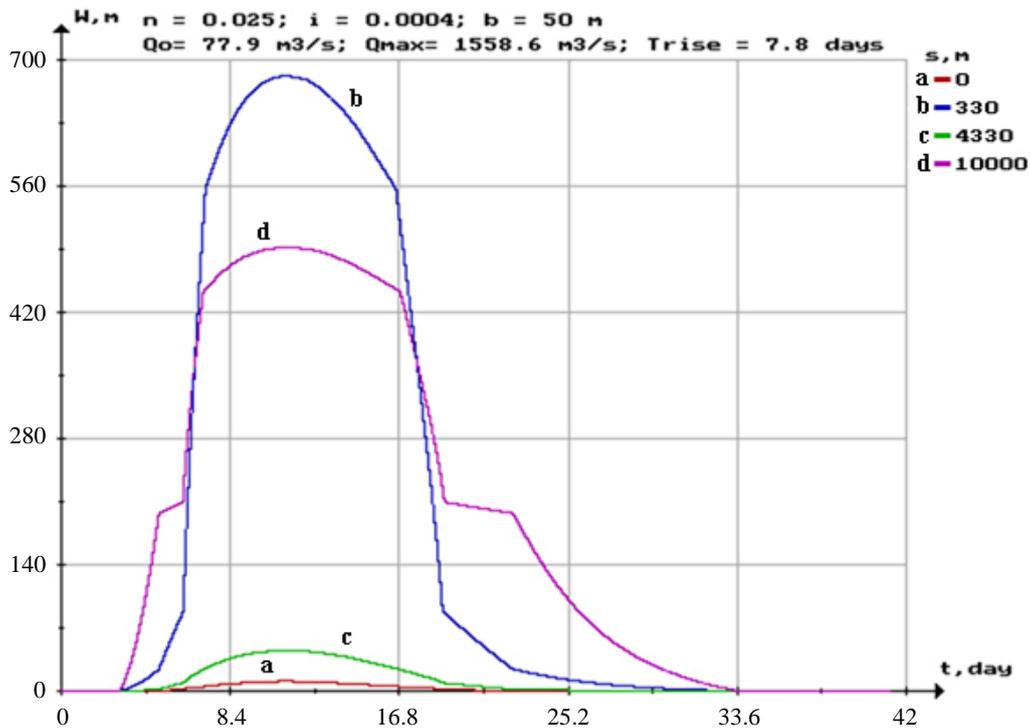


Рисунок 7. – Ширина затопления левой поймы в районе заданных створов в зависимости от времени

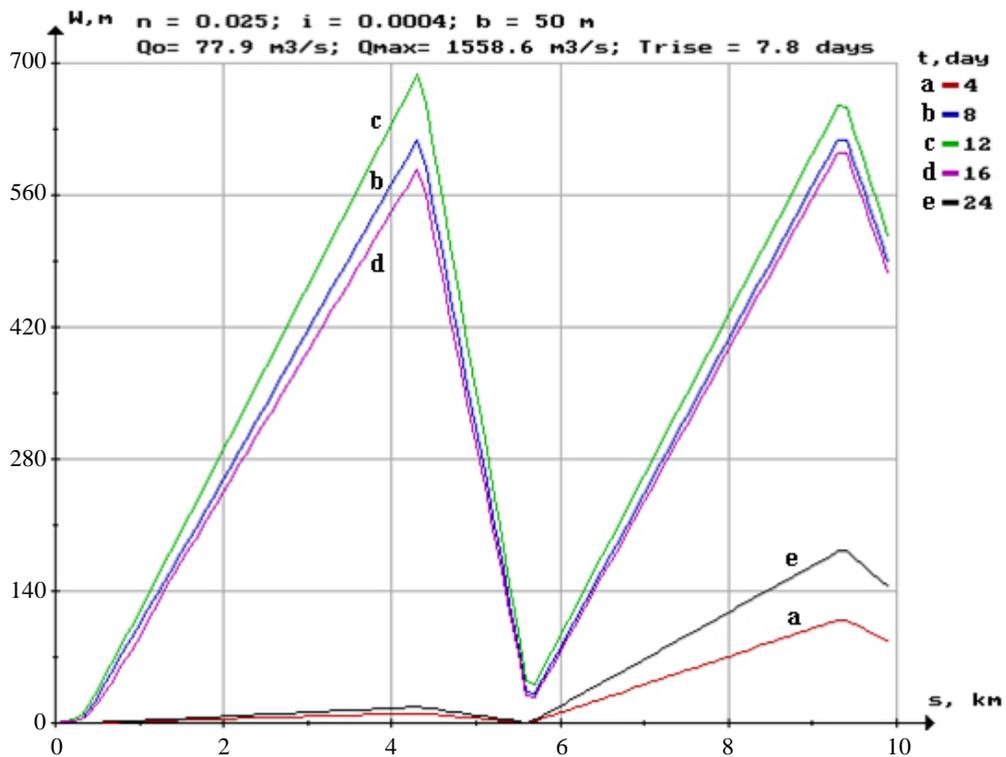


Рисунок 8. – Ширина затопления левой поймы в зависимости от расстояния  $s$  до плотины в определенные моменты времени

**Выводы.** Разработана и апробирована методика расчета затопления поймы реки ниже плотины водохранилища при пропуске половодья, которая позволяет оценить размеры зоны затопления поймы, глубину и время стояния паводковых вод. Исходными данными являются поперечные разрезы речной долины реки на различных расстояниях от плотины водохранилища при прохождении паводка и гидродинамические параметры потока на выходе из плотины водохранилища.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тарарин, А.М. Космический мониторинг и оценка риска затопления урбанизированных территорий в периоды половодий: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36 / А.М. Тарарин. – М., 2013. – 23 с.
2. Голубева, А.Б. Оценка опасности и рисков наводнений в г. Барнауле (пос. Затон) / А.Б. Голубева, В.А. Земцов // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – Вып. № 373. – С. 36–41.
3. Степанов, К.А. Моделирование паводковых и прорывных волн для обоснования мероприятий по защите сельскохозяйственных земель от затопления: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / К.А. Степанов. – М., 2013. – 20 с.
4. Веремнюк, В.В. Расчет параметров волны половодья в реке ниже водохранилища / В.В. Веремнюк, В.В. Ивашечкин // Мелиорация. – 2016. – С. 26–31.
5. Рогунович, В.П. Расчет водного режима систем водотоков / В.П. Рогунович // Численные методы в гидравлике: тезисы доклада Всесоюзного симпозиума. – Телави, 1980. – С. 54–57.
6. Ивашечкин, В.В. Прогноз уровней в Вилейском водохранилище при пропуске расходов половодья / В.В. Ивашечкин, В.В. Веремнюк, Г.Г. Круглов, Я.Я. Анацко, Я.А. Солдатенко // Вестник БрГТУ. – 2017. – № 2 (104): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 57–61.
7. Мелиоративные системы и сооружения: Приложение 14 к СНиП 2.06.03-85. – Введ. 07.01.1986. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 59 с.

## APPROXIMATE METHOD OF CALCULATION OF INUNDATION OF RIVER VALLEY AT EXTREME RELEASES FROM WATER RESERVOIR IN THE PERIOD OF THE HIGH WATER

**Valentin Veremenyuk**, PhD in Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor

**Uladimir Ivashechkin**, Grand PhD in Technical Sciences, Professor

**Yana Siamionava**

**Olga Nemerovets**

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

*Purpose.* The work assesses the danger of inundation of river bottom land. It is necessary to estimate a danger of water flow over the top of earth dam in the period of high water.

*Methods.* The hydrodynamic modeling of flow parameters of the water reservoir is considered based on the use of geographical marks of the river bottom land and water levels in the river.

*Findings.* The simulation carried out with the help of the created computer program allows to make a forecast of the depth of the stream in the riverbed taking into account the floodplain.

*Application field of research.* The results obtained make it possible to use this technique to determine the propagation of a flood wave during the passage of high water.

*Conclusions.* A new method for calculating the bottom land flooding of the river is suggested, while flooding.

*Keywords:* water reservoir, hydrodynamic modeling, skipping flood flow, flooding of river bottom land.

(The date of submitting: November 10, 2017)

### REFERENCES

1. Tararin A.M. *Kosmicheskiy monitoring i otsenka riska zatopleniya urbanizirovannykh territoriy v periody polovodiy* [Space monitoring and assessment of the risk of flooding of urbanized areas during periods of floods]. PhD tech. sci. diss. synopsis.: 25.00.36. Moscow, 2013. 23 p. (rus)
2. Golubeva A.B., Zemtsov V.A. Otsenka opasnosti i riskov navodneniy v g. Barnaule (pos. Zaton) [Flood hazard and risk assessment in Barnaul (Zaton settlement)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013. Issue 373. 36–41 p. (rus)
3. Stepanov K.A. *Modelirovanie pavodkovykh i proryvnykh voln dlya obosnovaniya meropriyatiy po zashchite sel'skokhozyaystvennykh zemel' ot zatopleniya* [Simulation of flood and breakthrough waves for justification of measures to protect agricultural lands from flooding]. PhD tech. sci. diss. synopsis: 06.01.02. Moscow, 2013. 20 p. (rus)
4. Veremenyuk V.V., Ivashechkin V.V. Raschet parametrov volny polovod'ya v reke nizhe vodokhranilishcha [Calculation of the flood wave in the river below the reservoir]. *Melioratsiya*, 2016. 26–31 p. (rus)
5. Rogunovich V.P. Raschet vodnogo rezhima sistem vodotokov [Calculation of the water regime of watercourse systems. Numerical methods in hydraulics]. *Chislennyye metody v gidravlike: theses of the report of the All-Union Symposium*. Telavi, 1980. Pp. 54–57. (rus)
6. Ivashechkin V.V., Veremenyuk V.V., Kruglov G.G., Anatsko Ya.Ya., Soldatenko Ya.A. Prognoz urovney v Vileyskom vodokhranilishche pri propuske raskhodov polovod'ya [Forecast of the levels in the Vileyskoye reservoir at the time of flow of floods]. *Vestnik BrGTU*, 2017. No. 2: Vodokhozyaystvennoe stroitel'stvo, teploenergetika i geoekologiya. Pp. 17–21. (rus)
7. *Meliorativnyye sistemy i sooruzheniya* [Melioration systems and structures]: Appendix 14 to SNiP 2.06.03-85. Implemented on 07/01/1986. Moscow: Gosstroy USSR, 1986. 59 p. (rus)

УДК 532.628:614.843

## МЕТОДИКА РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНЫ ВЫТЕСНЕНИЯ ПРИ ПЕРЕЛИВЕ ВОДЫ ЧЕРЕЗ ГРЕБЕНЬ ПОДПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО УЗЛА

Стриганова М.Ю., Шаталов И.М., Махмудов Э.М.о.

Приведена методика расчетной оценки основных параметров волны вытеснения при переливе воды через гребень подпорного сооружения гидротехнического узла, основанная на методе И.И. Агроскина. Изложены основные положения оценки инженерной обстановки, последствий и оперативно-тактического плана ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с переливом воды через гребень подпорного сооружения.

*Ключевые слова:* волна вытеснения, сжатая глубина, вторая сопряженная глубина, график движения волны.

(Поступила в редакцию 20 ноября 2017 г.)

**Введение.** Одной из серьезных и опасных причин возникновения чрезвычайных ситуаций на гидроэнергетических и гидротехнических узлах сооружений является перелив воды через гребень подпорного сооружения (глухих и водосливных плотин). Перелив через гребень плотин связан с рядом причин: аварийным переполнением ложа водохранилища выше форсированного подпорного уровня (ФПУ); ветровым нагоном волны; оползнями и обрушением в водохранилища массивов неустойчивых пород на значительных участках их берегов; возникновением селевых потоков и сходом снежных лавин. Следствием перелива воды через гребень (наивысшую точку) подпорного сооружения является появление волны вытеснения, размеры которой могут превышать в несколько раз пропускную способность водосбросов. Сформировавшаяся волна вытеснения, распространяясь в нижнем бьефе (НБ) гидроузла, может привести к значительным разрушениям зданий и сооружений и созданию чрезвычайной ситуации со значительными человеческими жертвами.

Разработка методики расчетной оценки основных параметров волны вытеснения при переливе воды через гребень подпорного сооружения является весьма актуальной и необходимой для оценки инженерной обстановки и последствий чрезвычайной ситуации в нижнем бьефе гидроузла.

Основная часть. При переливе потока воды через гребень подпорного сооружения формируется волна вытеснения (волна перемещения), которая по своей форме и основным параметрам сходна с волной прорыва. Детерминированная модель возникновения волны вытеснения и методы расчета основных параметров волны прорыва при разрушении подпорных сооружений были рассмотрены в работах [1, 2].

Подробный анализ ранее выполненных работ позволяет создать цельную и единую методику расчетной оценки основных параметров волн вытеснения и прорыва, распространяющихся в нижнем бьефе гидроузлов любого назначения. Суть этой методики заключается в следующем.

При переливе воды через подпорное сооружение образуется сжатая глубина  $h_c$ . Далее поток, встречая сопротивление в НБ, опрокидывается, образуя гидравлический прыжок, и распространяется со значительной по величине второй сопряженной глубиной за прыжком  $h_c''$ , принимаемой равной максимальной высоте волны растекающегося потока воды в НБ. Расчетная схема представлена на рисунке 1.

При определении величины  $h_c''$  первоначально оценивается величина сжатой глубины методом последовательного приближения, предложенного И.И. Агроскиным, из уравнений [3]:

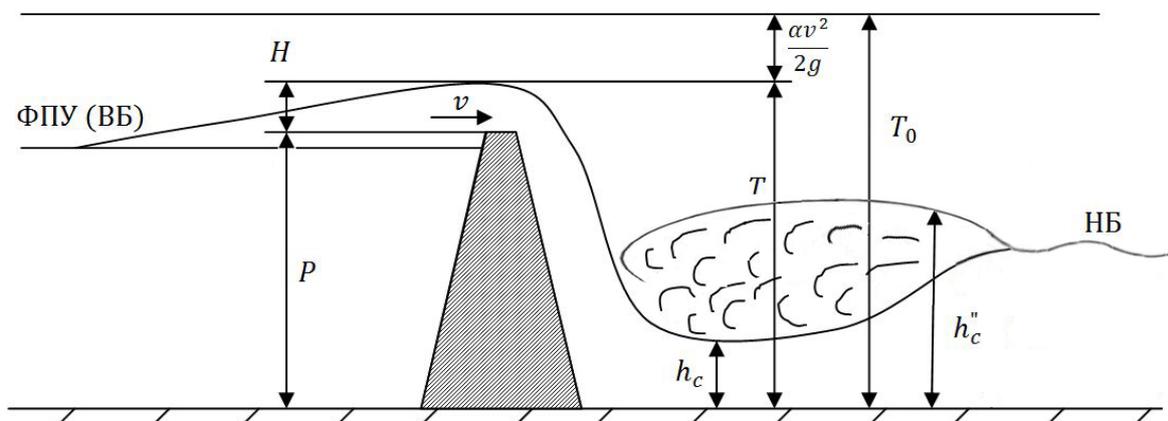
$$T_0 = h_c + \frac{\alpha Q^2}{2g\varphi^2\omega_c^2}, \quad (1)$$

или

$$Q = \varphi\omega_c\sqrt{2g(T_0 - h_c)}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – полная удельная энергия волны вытеснения при подходе к гидротехническому сооружению в сечении по урезу воды (принимается отметка форсированного подпорного

уровня (ФПУ), м;  $\alpha$  – коэффициент Кориолиса, для открытых потоков принимается  $\alpha = 1,1$ ;  $Q$  – расход потока воды в набегающей волне вытеснения через плотину, м<sup>3</sup>/с;  $\varphi$  – коэффициент скорости, принимается в зависимости от вида подпорного сооружения [3];  $\omega_c$  – площадь в сжатом сечении падающего потока, м<sup>2</sup>.



$P$  – высота гидротехнического сооружения;  $H$  – напор на гребне водослива;  $h_c$  – сжатая глубина;  $T$  – удельная энергия волны вытеснения при подходе к гидротехническому сооружению;  $T_0$  – полная удельная энергия волны вытеснения при подходе к гидротехническому сооружению; ФПУ – отметка форсированного подпорного уровня; НБ – нижний бьеф;  $h_c''$  – вторая сопряженная глубина за прыжком

Рисунок 1. – Расчетная схема переливной волны

Для широкого русла, имеющего форму поперечного сечения, близкого к прямоугольной, уравнения (1) и (2) принимают вид:

$$T_0 = h_c + \frac{\alpha q^2}{2g\varphi^2 h_c^2}, \quad (3)$$

$$q = \varphi h_c \sqrt{2g(T_0 - h_c)}, \quad (4)$$

где  $q = Q/B$  – удельный расход, м<sup>2</sup>/с;  $B$  – ширина водосливного фронта (длина плотины по гребню или ширина прорана), м.

Для решения уравнений (1) и (2) воспользуемся методом И.И. Агроскина [3], который для рассматриваемого случая перелива через плотину волны вытеснения, заключается в следующем. Вначале вычисляется полная удельная энергия волны прорыва при подходе к гидротехническому сооружению по формуле, полученной путем решения уравнения Д. Бернулли [3],

$$T_0 = P + H + \frac{\alpha v^2}{2g}, \quad (5)$$

где  $P$  – высота гидротехнического сооружения;  $H$  – напор на гребне подпорного сооружения (в рассматриваемом случае – превышение волны вытеснения над гребнем плотины);  $v$  – скорость распространения потока волны вытеснения. Данную скорость  $v$  можно рассчитать, используя формулу [1]:

$$v = k \cdot \sqrt{H_B}, \quad (6)$$

где  $k$  – коэффициент с размерностью м<sup>1/2</sup>/с, в расчетах можно принять  $k = 3$  [1, 2];  $H_B$  – высота волны вытеснения при подходе ее к плотине [2]. В расчетах можно принять равной напору на гребне подпорного сооружения.

Далее по методу И.И. Агроскина для определения величины  $h_c''$  используется понятие относительной сжатой глубины  $h_c/T_0 = \tau_c$ . При этом уравнение (4) приобретает вид:

$$q = \varphi \tau_c T_0 \sqrt{2g(T_0 - \tau_c T_0)}. \quad (7)$$

Отделив известные по исходным данным рассчитываемого сооружения величины ( $q$ ,  $\varphi$ ,  $T_0$ ) и введя понятие вспомогательной функции  $\Phi(\tau_c)$ , найдем ее величину при  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>:

$$\frac{q}{\varphi T_0^{3/2}} = 4,43\tau_c \sqrt{1-\tau_c} = \Phi(\tau_c), \quad (8)$$

где  $\Phi(\tau_c)$  – вспомогательная функция, позволяющая определить с использованием специальных таблиц [3] величину  $\tau_c''$ , которая в свою очередь представляет собой относительную вторую сопряженную глубину  $\tau_c'' = h_c'' / T_0$ .

Используя уравнение гидравлического прыжка [5], величину  $\tau_c''$  определяем расчетным путем по формуле сопряженных глубин

$$\tau_c'' = 0,5\tau_c \left[ \sqrt{1 + 16\varphi^2 \frac{1-\tau_c}{\tau_c}} - 1 \right]. \quad (9)$$

Определив величину  $\tau_c''$ , далее найдем вторую сопряженную глубину из соотношения:

$$\tau_c'' = \frac{h_c''}{T_0}, \quad h_c'' = \tau_c'' \cdot T_0. \quad (10)$$

Данные по определению  $h_c''$ , приведенные в [3, 5], были функционально обработаны многомерным методом В.В. Веремеюка, в результате чего получена прямая зависимость для определения второй сопряженной глубины, принимаемой равной максимальной высоте волны за подпорным сооружением

$$h_c'' = \frac{0,7 \cdot \left( \frac{\sqrt{\alpha \cdot g}}{T_0^{3/2}} \right)^{0,47} \cdot T_0}{0,8 - \ln \varphi}. \quad (11)$$

Далее расчет параметров перелившейся волны вытеснения можно проводить по методике расчета волны прорыва, изложенной в [2].

Скорость перелившейся волны вытеснения по территории нижнего бьефа определяется по формуле [2]

$$v_{\max} = \frac{0,6\sqrt{H^{1,33} \cdot i}}{n \left( \frac{l \cdot i}{3,5H} \right)^{0,37}}, \quad (12)$$

где  $H$  – напор на сооружении;  $i$  – средний уклон отводящего русла;  $n$  – коэффициент шероховатости русла;  $l$  – расстояние до расчетного створа.

Высота распространяющейся по нижнему бьефу перелившейся волны вытеснения в зависимости от расстояния от плотины может быть определена по формуле

$$h_{\max} = \frac{2H^2}{l \cdot i + 3,3H}. \quad (13)$$

Разработка оперативно-тактического плана ликвидации чрезвычайной ситуации, связанной с переливом волны вытеснения через гребень подпорного сооружения, в первую очередь основана на построении графика движения перелившейся волны вытеснения. Ситуационное построение графика движения перелившейся волны вытеснения осуществляется в следующей последовательности [2]:

1. Водоток (река) разбивается на участки расчетными створами.
2. Определяются параметры перелившейся волны и вытеснения в нулевом створе:
  - 2.1. Высота волны прорыва в нулевом створе.
  - 2.2. Время прохождения волны через створ разрушенного гидроузла.
3. Рассчитываются параметры движения, характеризующие волну прорыва на первом участке и в 1-м створе:
  - 3.1. Максимальная высота волны в 1-м створе.

- 3.2. Максимальная скорость тела волны для определения степени разрушения зданий и сооружений в зависимости от динамического напора волны прорыва.
- 3.3. Средняя скорость волны на 1-м участке (скорость гребня волны).
- 3.4. Скорость распространения волны на 1-м участке с учетом скорости течения реки.
- 3.5. Время добегания волны до 1-го створа.
- 3.6. Скорость фронта волны в первом створе.
- 3.7. Скорость хвоста волны.
- 3.8. Время прохождения волны через 1-й створ.
- 3.9. Время добегания фронта волны.
- 3.10. Время добегания гребня волны.
- 3.11. Время добегания хвоста волны до 1-го створа. Это время определяет начало восстановительных работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Аналогично рассчитываются параметры волны вытеснения во всех створах.

По данным, полученным на основе расчета, строится график прохождения волны вытеснения, который используется для оценки возможных последствий затопления и подготовки исходных данных для планирования мероприятий по защите населения и объектов.

**Выводы.** Движение потока, переливающегося через гребень подпорного сооружения, рассмотрено как форма резко изменяющегося неравномерного движения жидкости, называемая гидравлическим прыжком. Определена методика последовательного расчета параметров и построения графика прохождения сформировавшейся волны вытеснения (волны перемещения), что даст возможность составления оперативно-тактического плана ликвидации чрезвычайной ситуации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенчук, И.В. Детерминированная модель возникновения волны вытеснения и методы оценки ее поражающего воздействия на гидротехнические сооружения / И.В. Карпенчук, М.Ю. Стриганова, Э.М.о. Махмудов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация, 2012. – № 2 (32). – С. 99–103.
2. Карпенчук, И.В. Определение параметров волны прорыва с учетом зарегулированности водотока, пойменных участков и программа построения в ГИС МЧС Республики Беларусь зон затопления при чрезвычайных ситуациях на гидротехнических сооружениях напорного фронта / И.В. Карпенчук, М.Ю. Стриганова // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация, 2010. – № 2 (28). – С. 73–82.
3. Агроскин, И.И. Гидравлика / И.И. Агроскин, Г.Т. Дмитриев, Ф.И. Пикалов. – М.: Энергия, 1964. – 351 с.
4. Агроскин, И.И. Гидравлика каналов / И.И. Агроскин. – М.: Госэнергоиздат, 1940. – 328 с.
5. Агроскин, И.И. Таблицы для гидравлических расчетов / И.И. Агроскин. – М.: Госэнергоиздат, 1946. – 197 с.

## METHODOLOGY OF ESTIMATION OF THE MAIN PARAMETERS OF DISPLACEMENT WAVE FLOWING OVER THE CREST OF THE SUPPORTING CONSTRUCTION OF THE HYDROTECHNICAL UNIT

**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

**Ihar Shatalau**

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

**Eltin Makhmudov**

The state educational establishment «Academy of the Ministry for Emergency Situations of the Azerbaijan Republic», Baku, Azerbaijan

*Purpose.* The estimation of the main parameters of breakthrough wave flowing over the crest of supporting construction of hydro technical unit.

*Methods.* The main provisions of the evaluation are based on the method of I.I. Agroskin. The movement of the stream flowing over the crest of the supporting structure is considered as a form of sharply changing uneven fluid motion, called hydraulic jumping.

*Findings.* The compressed and first conjugate depths are determined, and a direct relationship is obtained to determine the second conjugate depth, assumed equal to the maximum wave height behind the supporting structure.

*Application field of research.* The method of sequential calculation of parameters and plotting the flow of the generated dislocation wave (displacement wave) will make it possible to assess the possible consequences of flooding and the preparation of initial data for planning measures to protect the population and objects.

*Conclusions.* The obtained research results can be used in the design of hydraulic structures, taking into account the possibility of the generation of displacement waves.

*Keywords:* displacement wave, compressed depth, second conjugate depth, wave motion plot.

(The date of submitting: November 20, 2017)

### REFERENCES

1. Karpenchuk I.V., Striganova M.Yu., Makhmudov E.M. Determinirovannaya model' vzniknoveniya volny vytesneniya i metody ocenki ee porazhayushchego vozdejstviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Deterministic model of the emergence of the displacement wave and methods for assessing its damaging effect on hydraulic structures]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*. Gomel: NII PB and ES, 2012. No. 2 (32). Pp. 99–103. (rus)
2. Karpenchuk I.V., Striganova M.Yu. Opredelenie parametrov volny proryva s uchetom zaregulirovannosti vodotoka, pojmennyh uchastkov i programma postroeniya v GIS MCHS Respubliki Belarus' zon zatopeniya pri chrezvychajnyh situatsiyah na gidrotekhnicheskikh sooruzheniyah napornogo fronta [Determination of the breakthrough wave parameters taking into account the regulation of the watercourse, flood plots and the program for constructing flood zones in the GIS of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus in emergency situations at hydraulic structures of the pressure front] *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2010. No. 2 (28). Pp. 73–82. (rus)
3. Agroskin I.I., Dmitriev G.T., Pikalov F.I. *Gidravlika* [Hydrolics]. Moscow: Energiya, 1964. 351 p. (rus)
4. Agroskin I.I. *Gidravlika kanalov* [Hydraulics of channels] Moscow: Gosenergoizdat, 1940. 328 p. (rus)
5. Agroskin I.I. *Tablicy dlya gidravlicheskih raschetov* [Tables for hydraulic calculations]. Moscow: Gosehnergoizdat, 1946. 197 p. (rus)

УДК 004.94

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЦИСТЕРН ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ****Ковтун В.А., Короткевич С.Г., Жаранов В.А.**

Разработана универсальная методика, позволяющая улучшить технологию проектирования и прогнозирования эксплуатационной надежности элементов и узлов конструкций оболочечного типа, предназначенных для перевозки различных жидкостей. Представлены результаты экспериментальных исследований и конечно-элементного динамического моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ-5337. Показано, что результаты предложенных методологических подходов при проведении оценки напряженно-деформированного состояния позволяют получать достоверную информацию о надежности существующих изделий оболочечного типа и разрабатывать новые конструкции с повышенными эксплуатационными характеристиками.

*Ключевые слова:* автоцистерны, динамика, датчики, ускорение, деформация, компьютерное моделирование, проектирование, оптимизация конструкций.

(Поступила в редакцию 11 января 2018 г.)

**Введение.** Емкости с жидкостью являются неотъемлемой составной частью многих современных объектов транспортного машиностроения, авиационной и ракетно-космической техники. Сложившаяся в настоящее время тенденция повышения полезного объема при одновременном снижении материалоемкости за счет использования тонкостенных конструкций приводит к существенному повышению уровня напряженно-деформированного состояния и требует при проектировании высокой точности инженерных расчетов. Известно, что при эксплуатации конструкций оболочечного типа, содержащих полости, заполненные жидкостью, интенсивные внешние, в том числе ударные, воздействия приводят к появлению колебаний жидкости, сопровождающихся различными нелинейными эффектами, которые оказывают существенное влияние на динамику конструкции. Это приводит к снижению продольной и поперечной устойчивости, увеличивает нагрузки и, как следствие, нарушает целостность конструкций. При эксплуатации пожарных автомобилей особенно важно соблюдение повышенных требований к прочности конструкции цистерны для воды. Это обусловлено необходимостью следовать к месту вызова на пожар не только по асфальтированным дорогам, но и по пересеченной местности. Часто пожары возникают в лесах, кустарниках, торфяниках, подъезд к которым затруднен отсутствием ровного дорожного покрытия для крупногабаритной техники. В данных условиях при движении корпус испытывает динамические воздействия в различных направлениях, что передает значительные, нередко критические нагрузки на места сварки и ребра жесткости конструкции цистерны [1]. В результате в процессе эксплуатации начинают появляться трещины в местах соединения перегородок (волноломов) с оболочкой резервуара, а также угловых местах сварки стенок конструкции. Устранение возникающих повреждений требует большого объема подготовительных и ремонтных работ, которые ведут к длительному простоем техники. Целостность резервуара, как основной конструктивной составляющей пожарной автоцистерны, определяет постоянную готовность ее к боевому выезду.

При эксплуатации цистерн, транспортирующих жидкость, наиболее надежной формой конструкции является цилиндрическая. Это обусловлено тем, что при производстве используется меньше сварных соединений, а возникающее при движении динамическое давление, как правило, направлено радиально. При производстве пожарных автомобилей округлые формы цистерн не позволяют рационально использовать пространство под совместно перевозимое различное аварийно-спасательное оборудование, количество которого превышает 100 наименований, а также увеличить объем перевозимой огнетушащей жидкости, необходимой при тушении пожаров. По этой причине был осуществлен переход на тонкостенные конструкции цистерн прямоугольного сечения. При движении в таких конструкциях динамические воздействия направлены перпендикулярно стенке, металл работает на изгиб или на сдвиг. В связи с этим, чтобы обеспечить необходимую надежность конструкции, требуется утолщать стенки или вводить ребра жесткости, что приводит к недо-

пустимому утяжелению конструкции. Вблизи мест соединения частей оболочек, а также других мест резкого изменения их формы возникает значительная концентрация напряжений. Поэтому выбор мест установки ребер жесткости, основанный на научно-исследовательских подходах, позволит значительно увеличить срок эксплуатации конструкции. Этими обстоятельствами и объясняется то большое внимание, которое уделяется теории тонкостенных систем, методам их расчета и численной реализации этих методов.

Решение задач динамики движения твердого тела в полости, заполненной жидкостью, значительно усложняется в связи с необходимостью составления и решения полных нелинейных уравнений движения [2]. При этом требуется применять численные методы с учетом наличия разрывных решений, обусловленных нелинейностью и гиперболичностью уравнений, или аналитические методы со специальными условиями, которые описаны в исследованиях различных ученых. Наличие препятствий, которыми и являются устройства гашения колебаний жидкости в полости, ведет к образованию вертикальной неоднородности течения. Аналитическое решение названных уравнений до настоящего времени не получено, определение напряжений возможно только для достаточно простых конструкций. Поиск решения обуславливает необходимость внесения значительных упрощений в модель. В противном случае применение данных методов совместно с теорией упругости к расчету напряженно-деформированного состояния цистерны приводит к сложному математическому аппарату вычислений [3–5]. Выполненный анализ показывает актуальность разработки универсального современного подхода в решении нелинейных задач напряженно-деформированного состояния данных конструкций.

Одним из решений проблемы оценки надежности проектируемой конструкции оболочечного типа является применение специализированного программного обеспечения, позволяющего на этапе проектирования моделировать все этапы производства и эксплуатации изделий, минимизировать количество физических испытаний многочисленных прототипов в процессе разработки. Главное преимущество численных методов заключается в том, что они являются универсальными по отношению к вариациям исходной силовой и геометрической информации и позволяют быстро выполнять анализ воздействия разнообразных определяющих переменных (геометрических, видов нагружения, особенностей структуры и свойств) на состояние механической системы [6–9]. При таком подходе значительно сокращается время, затрачиваемое на разработку проекта, что является современным и экономически выгодным решением.

Таким образом, целью данной работы является разработка универсальной методики с использованием возможностей компьютерного моделирования для проведения проектных расчетов и исследования прочностных свойств емкостей для жидкостей оболочечного типа, в частности конструкций пожарных автоцистерн, с учетом реально возникающих нагрузок при движении с различным рельефом местности.

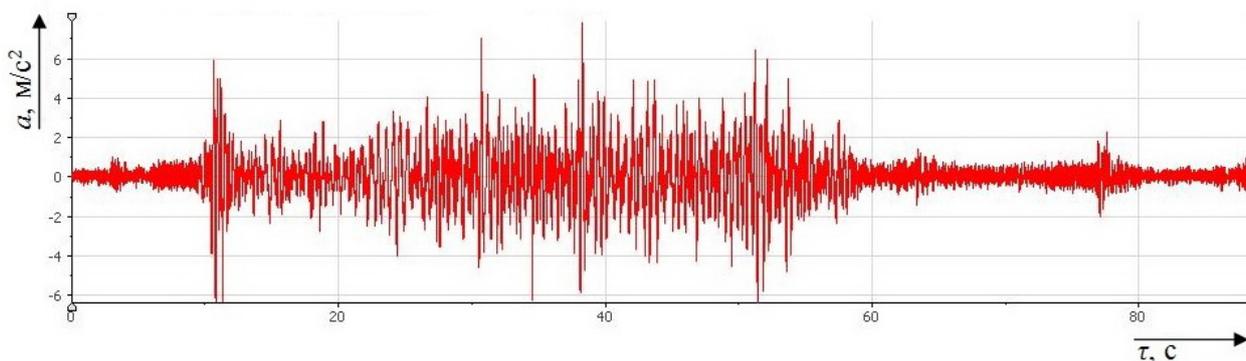
**Методология проведения исследований.** В работе предложен новый методологический подход, позволяющий оценить напряженно-деформированное состояние конструкции цистерны в зависимости от различных эксплуатационных режимов. Разработанная методика основана на совокупном использовании экспериментального подхода и компьютерного моделирования. Задача динамического моделирования напряженно-деформированного состояния решается при помощи разработки расчетной компьютерной модели и адаптации ее к эксплуатационным режимам движения путем применения в настройках экспериментально полученного значения максимального ускорения колебаний элементов контролируемой конструкции.

Для проведения эксперимента была выбрана модель пожарной автоцистерны пятитонного водоизмещения на базе шасси МАЗ-5337, которая по результатам проведенного анализа в производственно-технических центрах г. Минска и г. Гомеля наиболее часто подвергается ремонту по причине появления течи в конструкции емкости для жидкости. Необходимые измерения проводились с использованием анализатора шума и вибрации «Ларсон Дэвис 2900» (частотный диапазон входного фильтра – от 1 до 10 000 Гц) и 6 датчиков вибрации 352С18 (частотный диапазон  $\pm 5\%$  – от 1 до 12 000 Гц). Места установки датчиков на боковой, передней и нижней стенке цистерны определялись путем проведения замеров на равноудаленное расстояние от сварных швов, ребер жесткости и иных конструктивных элементов, влияющих на жесткость конструкции. Необходимые измерения были проведены в следующих режимах:

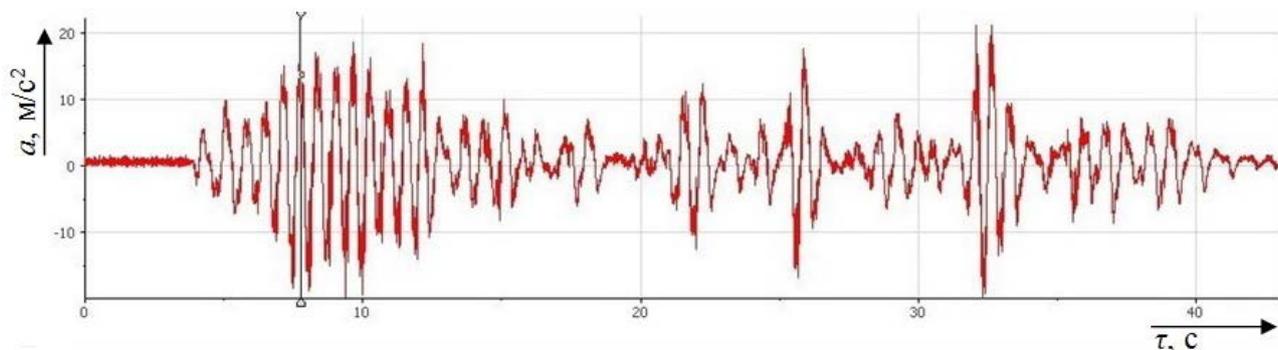
– режим 1: движение по прямому участку ровной асфальтированной дороги со скоростью 50 км/ч;

- режим 2: движение по проселочной дороге с неровностями со скоростью 20–30 км/ч;
- режим 3: выезд с разворотом со скоростью 10–15 км/ч;
- режим 4: ускорение с места до скорости 30 км/ч и торможение.

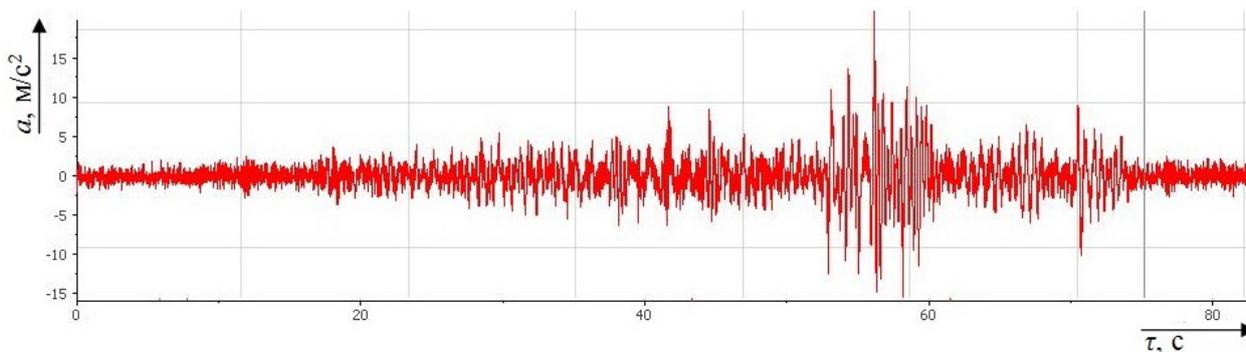
Существуют различные параметры, характеризующие измеряемую вибрацию: скорость колебаний, период колебаний, ускорение колебаний и др. Эквивалентные значения данных параметров получают путем решения логарифмических уравнений, заложенных в программном обеспечении измерительного оборудования. Результаты возникающих эквивалентных ускорений за контрольный промежуток времени при заданных режимах движения пожарной автоцистерны показаны на рисунках 1–4, которые были получены из специального программного обеспечения после проведения измерений и обработки данных анализатором шума и вибрации «Ларсон Дэвис 2900».



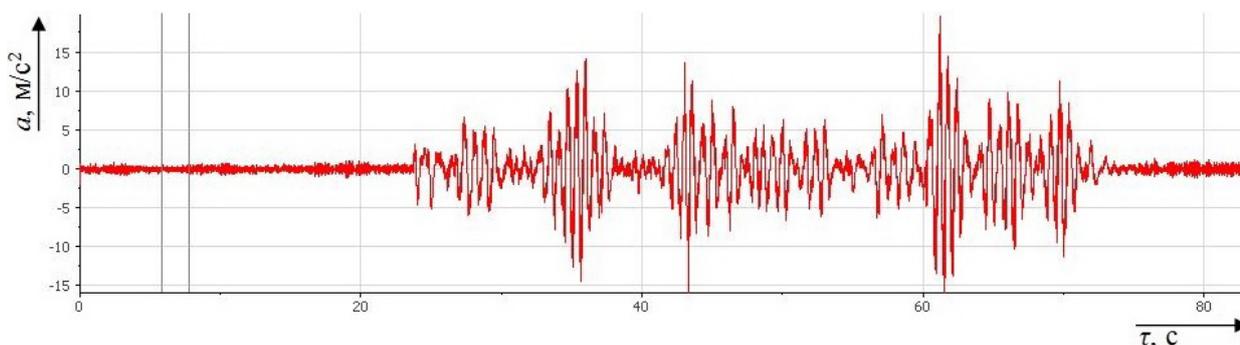
**Рисунок 1.** – Результаты экспериментальных измерений при движении автоцистерны по прямому участку ровной асфальтированной дороги со скоростью 50 км/ч



**Рисунок 2.** – Результаты экспериментальных измерений при движении автоцистерны по проселочной дороге с неровностями со скоростью 20–30 км/ч



**Рисунок 3.** – Результаты экспериментальных измерений при выезде автоцистерны с разворотом со скоростью 10–15 км/ч



**Рисунок 4.** – Результаты экспериментальных измерений при движении с ускорением автоцистерны с места до скорости 30 км/ч и торможении

В таблице 1 представлены максимальные (по модулю) значения ускорений, зафиксированные по результатам измерений в заданных режимах движения.

**Таблица 1.** – Максимальные (по модулю) значения ускорений

Режим	Максимальное значение ускорения (после обработки фильтром 30 Гц), м/с <sup>2</sup>					
	датчик 1, передняя стенка цистерны	датчик 2, передняя стенка цистерны	датчик 3, боковая стенка цистерны	датчик 4, боковая стенка цистерны	датчик 5, нижняя стенка цистерны	датчик 6, нижняя стенка цистерны
Режим 1	5,7	6,2	6,8	6,6	7,4	6,1
Режим 2	20,2	22,3	21,9	21,8	14,4	15,3
Режим 3	17,7	17,4	17,2	17,9	10,2	8,8
Режим 4	15,1	15,8	14,9	15,6	9,7	9,9

Проведя сравнительный анализ полученных измерений, представленных на рисунках 1–2, можно сделать вывод о том, что при движении по ровной асфальтированной дороге значительных колебаний жидкости не возникает, при этом при движении по проселочной дороге от воздействия различных неровностей разность нагрузок на стенки цистерны с жидкостью возрастает более чем в 3 раза. Сравнительный анализ полученных измерений, представленных на рисунках 3–4, показал, что значения возникающей нагрузки на 20–29 % меньше, чем при движении по проселочной дороге, однако оно также оказывает существенное воздействие на напряженно-деформированное состояние конструкции автоцистерны. Следует отметить, что ежедневная эксплуатация, связанная с необходимостью быстрого следования к месту вызова, оказывает значительные усталостные воздействия на конструкцию в режимах «ускорение», «торможение», «поворот».

**Компьютерное моделирование и обсуждение результатов.** Создание расчетной модели цистерны пожарного автомобиля АЦ-5.0-50(5337)А2 в масштабе 1:1 проводилось в программном комплексе SolidWorks. Цистерна состоит из передней, задней, боковых, нижней и верхней стенок. К нижней стенке цистерны приварены два лонжерона и шесть кронштейнов с установленными резиновыми сайлентблоками. Внутри цистерны расположены ребра жесткости и волноломы. По результатам проведенного анализа ремонтируемых автоцистерн на рисунке 5 отмечены места, подверженные появлению течи в процессе эксплуатации. Далее для проведения расчетов созданная модель импортировалась в программный комплекс ANSYS. Решение любой задачи методом численного моделирования предполагает разбиение расчетной области на дискретные элементы. Именно в узлах сетки определяются значения искомых переменных и накладываются граничные условия задачи [10, 11]. Для решения задач в области исследования напряженно-деформированного состояния конструкций оболочечного типа оптимальным решением формы элемента дискретизации был принят гексаэдр, это позволило ускорить процесс расчета, повысить его сходимость (точность) и устойчивость (рисунок 6). В расчете использованы следующие механические характеристики нержавеющей стали марки AISI 430 2В: модуль упругости  $E = 206$  ГПа, коэффициент Пуассона  $\nu = 0,3$ , плотность  $\rho = 7700$  кг/м<sup>3</sup>, предел текучести  $\sigma_m = 200$  МПа, предел прочности  $\sigma_n = 460$  МПа [12]. На рисунке 6 построенная конечно-элементная модель содержит 374849 узлов и 317603 элементов. Толщина стенок цистерны выполнена из листа металла толщиной 3 мм, а дно – толщиной 4 мм.

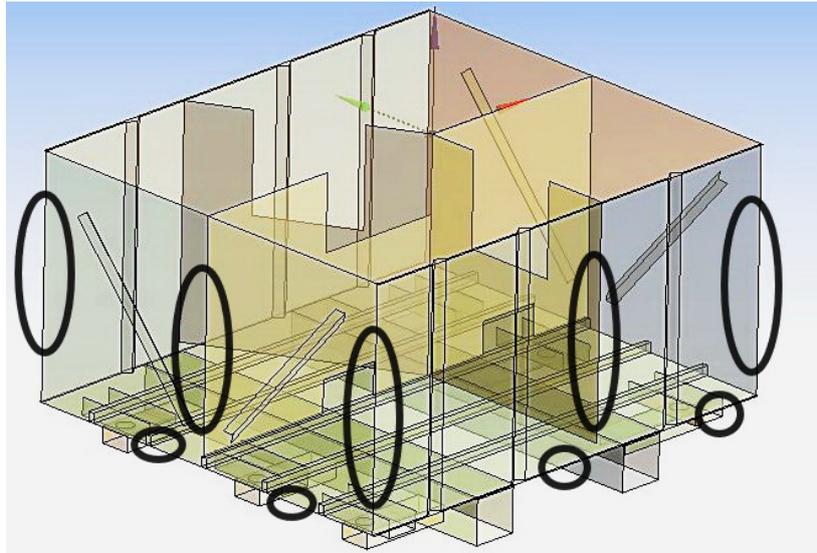


Рисунок 5. – 3D модель цистерны АЦ-5.0(5337)А2

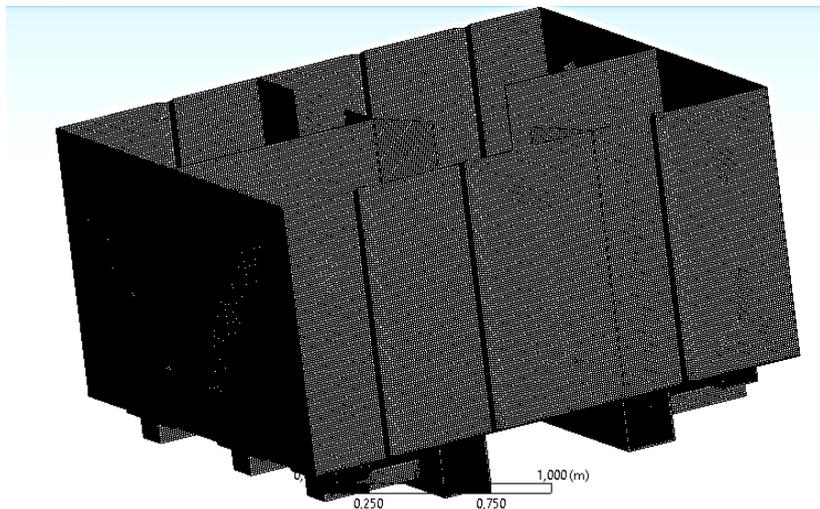


Рисунок 6. – Наложение конечно-элементной сетки дискретизации для проведения расчетов 3D модели цистерны

Для имитации заполнения цистерны водой программно задается гидростатическое давление на ее стенки с учетом направления вектора действующей силы (рисунки 7 и 8) и плотности жидкости ( $1000 \text{ кг/м}^3$ ).

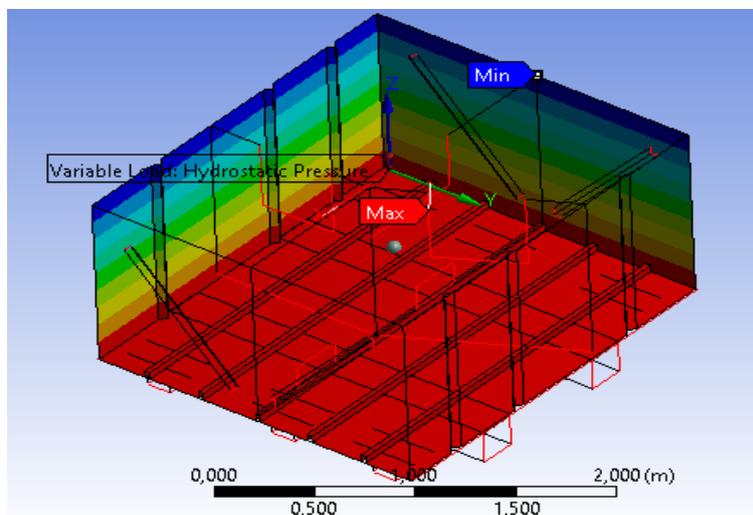


Рисунок 7. – Модель гидростатического нагружения цистерны (режим движения)

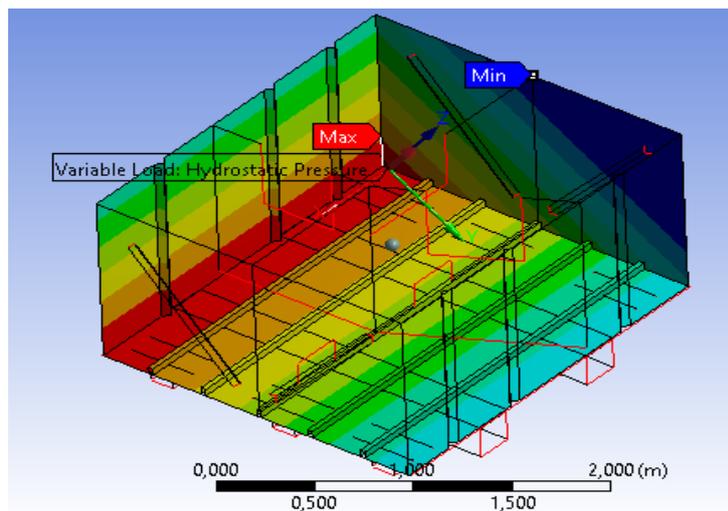


Рисунок 8. – Модель гидростатического нагружения цистерны (режим торможения)

В целях получения значений возникающих механических напряжений, которые испытывает при движении конструкция цистерны, проведен расчет для режима с максимальным (по модулю) значением ускорения ( $a = 22,3 \text{ м/с}^2$ ), которое было зафиксировано при движении автоцистерны по проселочной дороге с неровностями со скоростью 20–30 км/ч (см. таблицу 1). После ввода в параметрах настройки «Hydrostatik Acceleration» значения ускорения во вкладке «Equivalent Stress» был произведен расчет эквивалентных напряжений по Мизесу и получены картины распределения полей напряженно-деформированного состояния конструкции цистерны (рисунки 9 и 10). В качестве допущения было принято, что векторное направление силы действия гидростатического давления в данном режиме движения направлено вертикально вниз.

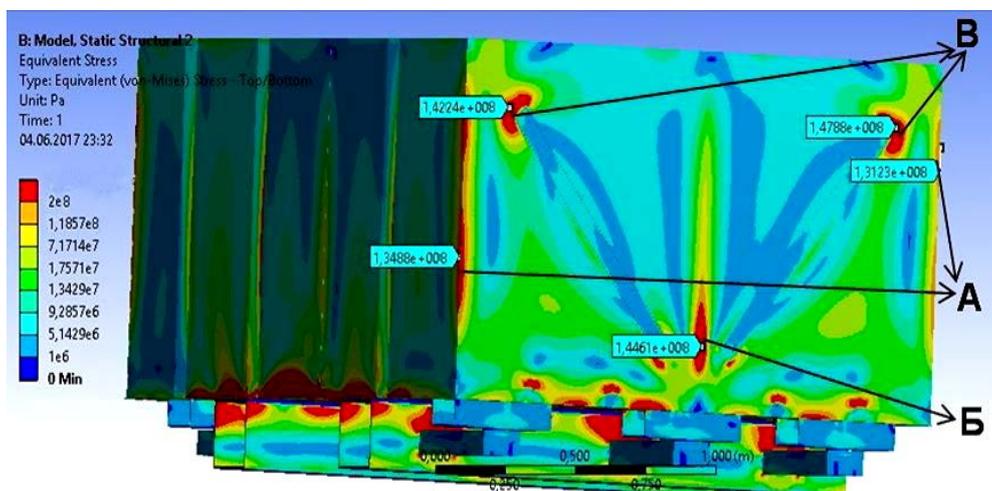


Рисунок 9. – Модель распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции цистерны (вид сбоку)

Анализ результатов, представленных на рисунках 9 и 10, позволил определить места возникновения максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу:

- в зонах А (угловые местах сварки)  $\sigma_{max} = 130 \div 139 \text{ МПа}$ , коэффициент запаса прочности с учетом снижения механических характеристик от сварных швов  $n = 1,23$ ;
- в зоне Б (крепление волнолома к стенке цистерны)  $\sigma_{max} = 135 \div 145 \text{ МПа}$ , коэффициент запаса прочности с учетом снижения механических характеристик от сварных швов  $n = 1,17$ ;
- в зоне В (крепление уголка к стенке цистерны)  $\sigma_{max} = 140 \div 148 \text{ МПа}$ , коэффициент запаса прочности с учетом снижения механических характеристик от сварных швов  $n = 1,15$ ;
- в зоне Г (крепление дна цистерны к боковой стенке)  $\sigma_{max} = 147 \div 156 \text{ МПа}$ , коэффициент запаса прочности с учетом снижения механических характеристик от сварных швов  $n = 1,08$ .

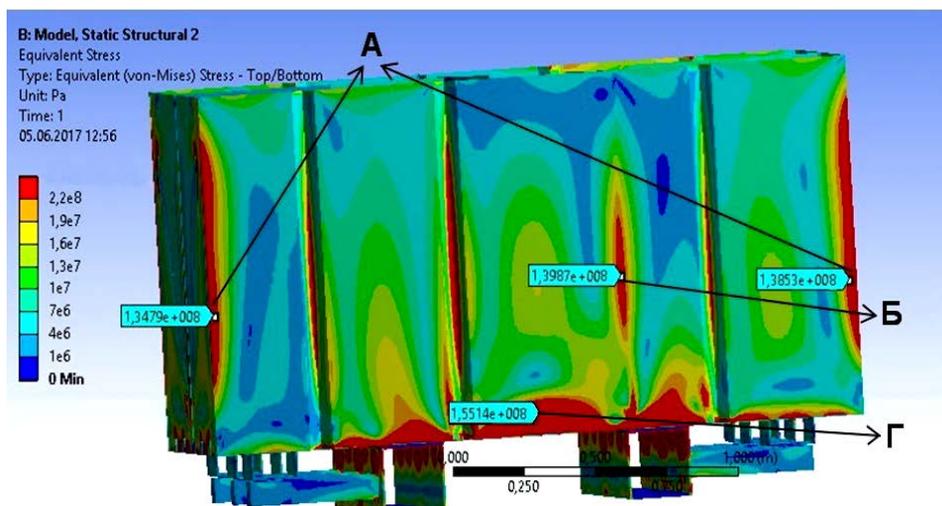


Рисунок 10. – Модель распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции цистерны (вид спереди)

Согласно технической документации и производственным стандартам качества, при проектировании конструкций подобного типа необходимо учитывать коэффициент запаса прочности с учетом снижения механических характеристик от сварных швов, который для конструкций цистерн в большинстве случаев принимается равным 1,5 по отношению к гарантированному пределу прочности выбранного типа стали [13–15]. В результате было установлено, что коэффициент запаса прочности конструкции в местах возникновения максимальных эквивалентных напряжений по результатам расчетов при различных режимах эксплуатации оказался значительно ниже. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что в процессе эксплуатации данной модели автоцистерны при воздействии возникающих динамических нагрузок будет происходить значительная деформация конструкции емкости для жидкости с нарушением целостности и герметичности.

Проведение подробного анализа результатов компьютерного моделирования еще на стадии проектирования позволяет оценить и спрогнозировать состояние расчетной конструкции в зависимости от различных режимов эксплуатации, а также дает возможность разрабатывать необходимые конструкционные изменения. Предложенный методологический подход и разработанная методика, опирающиеся на научно обоснованные подходы к прогнозированию состояния конструкций пожарных автоцистерн, могут быть использованы для решения задач по повышению эксплуатационной надежности для различных емкостей оболочечного типа.

**Заключение.** По данным проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Разработана методика, позволяющая улучшить технологию проектирования элементов и узлов конструкций оболочечного типа. Особенностью предложенной методики является совместное использование результатов экспериментальных исследований и компьютерного моделирования. Результаты конечно-элементного расчета в программном комплексе ANSYS с учетом полученных значений возникающих ускорений позволяют с достаточной точностью говорить об уровне воздействия перевозимой жидкости на конструкцию цистерны и возникающих динамических нагрузках в зависимости от различных эксплуатационных режимов движения. Разработана адаптивная конечно-элементная модель, позволяющая проводить исследования напряженно-деформированного состояния емкости для жидкости пожарной автоцистерны. Анализ распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции цистерны показал области с максимальными значениями нагрузок. Полученные результаты имеют высокую степень корреляции с данными о проблемных местах соответствующих конструкций, предоставленными производственно-техническими центрами МЧС г. Минска и г. Гомеля, осуществляющими ремонт пожарных автоцистерн. Представленные результаты получены в области исследований прочностных свойств и могут быть использованы при ремонте с целью оптимизации конструкций корпусов и опор крепления емкостей для жидкостей оболочечного типа, а также при проектировании новых образцов спецтехники, в частности конструкций автоцистерн пожарных автомобилей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богомаз, Г.И. Колебания жидкости в баках. Методы и результаты экспериментальных исследований / Г.И. Богомаз, С.А. Сирота. – Днепропетровск: Ин-т технической механики НАН Украины и НКА Украины. – 2002. – 306 с.
2. Биргер, И.А. Сопротивление материалов / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов. – М.: Наука, 1986. – 560 с.
3. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов. – Минск: Высшая школа, 1993. – 512 с.
4. Корниенко, Н.А. Применение уравнений в частных производных для определения частот собственных колебаний жидкого груза в котле железнодорожной цистерны / Н.А. Корниенко, С.В. Беспалько, В.И. Богачев. – М.: МИИТ, 2010. – 7 с.
5. Петросян, А.С. Дополнительные главы гидродинамики тяжелой жидкости со свободной границей / А.С. Петросян. – М.: ИКИ РАН, 2010. – 127 с.
6. Богомаз, Г.И. Динамика железнодорожных вагонов-цистерн / Г.И. Богомаз. – Киев: Наукова думка, 2004. – 224 с.
7. Головченко, В.И. Основные положения расчета крепления цистерны к шасси автомобиля автоопливозаправщика / В.И. Головченко, Н.Л. Иванова // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – № 22. – С. 40–47.
8. Короткевич, С.Г. Прогнозирование эксплуатационной надежности пожарных автоцистерн с применением подходов компьютерного моделирования / С.Г. Короткевич, В.А. Ковтун // Горение и проблемы тушения пожаров: материалы междунар. науч.-практ. конф., Москва, 5 июля 2017 г.: в 2 ч. – Москва: ВНИИПО, 2017. – Ч. 2. – С. 437–439.
9. Шимановский, А.О. Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD / А.О. Шимановский, А.В. Путьято // Вестник Уральского гос. технического ун-та. – УПИ. Компьютерный инженерный анализ. – 2005. – № 11 (63). – С. 103–110.
10. Елисеев, К.В. Вычислительный практикум в современных САЕ-системах / К.В. Елисеев, Т.В. Зиновьева // Компьютерное моделирование. – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2008. – С. 36–54.
11. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева; под. ред. А.В. Войтик. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 272 с.
12. Марочник стали и сплавов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://splav-kharkov.com>. – Дата доступа: 20.07.2017.
13. Мяченков, В.И. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В. И. Мяченков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 520 с.
14. Бенерджи, П.В. Методы граничных элементов в прикладных науках / П.В. Бенерджи, Р.И. Баттерфилд. – М.: Мир, 1984. – 494 с.
15. Беспалько, С.В. Разработка и анализ моделей повреждающих воздействий на котлы цистерн для перевозки криогенных продуктов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07 / С.В. Беспалько. – М., 2000. – 427 с.

## COMPUTER SIMULATION AND RESEARCH OF THE STRESS-STRAIN STATE OF FIRE TANK TRUCK CONSTRUCTION

Vadim Kovtun, Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Siarhei Korotkevich

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

Vitaly Zharanov

Educational Establishment «Sukhoi State Technical University of Gomel», Gomel, Belarus

*Purpose.* There is a necessity in universal methodology developed for assessing the stress-strain state of a fire truck construction, taking into account the factors influencing the character of the dynamic process.

*Methods.* The studies were carried out with a help of modern computational software complex, along with high-precision instruments and equipment with the installation of special sensors on essential places of construction for monitoring.

*Findings.* The developed methodology render possible to improve the technology of elements and units design of shell type. The peculiarity of this methodology is in the combined usage of the of experimental measurements and computer simulation results.

*Application field of research.* The supplied research results are obtained in the field of strength properties of shells and can be used in repair works for the purpose of optimization of shell construction and fixing supports for liquids containers, as well as for the design of new samples of special equipment, in particular strength elements of tank trucks for fire trucks.

*Conclusions.* A detailed analysis of the obtained results allows to develop constructional changes for the improvement of fire truck exploitation.

*Keywords:* tank truck, dynamics, sensors, acceleration, deformation, computer modeling, research, engineering design, structural optimization.

(The date of submitting: January 11, 2018)

### REFERENCES

1. Bogomaz G.I., Sirota S.A. *Kolebaniya zhidkosti v bakakh. Metody i rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy* [Fluctuations of liquid in tanks. Methods and results of experimental studies]. Dnepropetrovsk: Institut tekhnicheskoy mekhaniki NAN Ukrainy i NKA Ukrainy, 2002. 306 p. (rus)
2. Birger I.A., Mavlyutov R.R. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. Moscow: Nauka, 1986.p.560 (rus)
3. Bezukhov N.I. *Osnovy teorii uprugosti, plastichnosti i polzuchesti* [Fundamentals of the theory of elasticity, plasticity and creep]. Moscow: Vysshaya shkola, 1993. 512 p. (rus)
4. Kornienko N.A., Bepal'ko S.V., Bogachev V.I. *Primenenie uravneniy v chastnykh proizvodnykh dlya opredeleniya chastot sobstvennykh kolebaniy zhidkogo gruzha v kotle zheleznodorozhnoy tsisterny* [Application of solutions in partial derivatives for determining the speeds of movement of liquid cargo in a cauldron of a railway tank]. Moscow: MIIT, 2010.7 p. (rus)
5. Petrosyan A.S. *Dopolnitel'nye glavy gidrodinamiki tyazheloy zhidkosti so svobodnoy granitse* [Additional chapters of the hydrodynamics of a heavy fluid with a free boundary]. Moscow: IKI RAN. 2010. 127 p. (rus)
6. Bogomaz G.I. *Dinamika zheleznodorozhnykh vagonov-tsistern* [Dynamics of railway tank wagons] Kiev: Naukova dumka, 2004. 224 p. (rus)
7. Golovchenko V.I., Ivanina N.L. *Osnovnye polozheniya rascheta krepleniya tsisterny k shassi avtomobilya avtotoplivozapravshchika* [The main provisions for calculating the mounting of a tank to the chassis of an auto fueler's car]. *Vestnik NTU «KhPI»*, 2012. No. 22. Pp. 40–47. (rus)
8. Korotkevich S.G., Kovtun V.A. *Prognozirovanie ekspluatatsionnoy nadezhnosti pozharnykh avtotsistern s primeneniem podkhodov komp'yuternogo modelirovaniya* [Forecasting the operational reliability of fire tankers with the use of computer simulation]. *Proc. Intern. scientific-practical. Conf. «Gorenje i problemy tusheniya pozharov»*. Moscow: VNIPO, 2017. Part 1. Pp. 437–439. (rus)
9. Shimanovskiy A.O., Putyato A.V. *Modelirovanie peretekaniya zhidkosti v rezervuare s ispol'zovaniem programmnykh kompleksov ANSYS i STAR-CD* [Modeling of fluid flow in the reservoir using ANSYS and STAR-CD software complexes]. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. UPI. Komp'yuternyy inzhenernyy analiz*, 2005. No. 11 (63). Pp. 103–110. (rus)

10. Eliseev K.V., Vychislitel'nyy T.V. praktikum v sovremennykh CAE-sistemakh [Computational practice in modern SAE Systems]. *Komp'yuternoe modelirovanie*. St. Petersburg Polytechnic University, 2008. Pp. 36–54. (rus)
11. Kaplun A.B., Morozov E.M. *Olfer'eva M.A. ANSYS v rukakh inzhenera: Prakticheskoe rukovodstvo* [ANSYS in the hands of an engineer: a practical guide]. Moscow: Editorial URSS, 2003. 272 p. (rus)
12. *Marochnik stali i splavov* [Stamp steel and alloys], available at <http://splav-kharkov.com> (accessed: November 20, 2017). (rus)
13. Myachenkov V.I. *Raschety mashinostroitel'nykh konstruksiy metodom konechnykh elementov: Spravochnik* [Calculations of engineering structures by the finite element method: reference book]. Moskva: Mashinostroenie, 1989. 520 p. (rus)
14. Benerdzhii P.V., Batterfild R.I. *Metody granichnykh elementov v prikladnykh naukakh* [Boundary element methods in applied sciences]. Moscow, 1984. 494 p. (rus)
15. Bespal'ko S.V. *Razrabotka i analiz modeley povrezhdayushchikh vozdeystviy na kotly tsistern dlya perevozki kriogennykh produktov* [Development and analysis of models of damaging effects on the boilers of tanks for transportation of cryogenic products]. Grand PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.22.07. Moscow, 2000. 427 p. (rus)

УДК 351.862

**ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ****Тихонов М.М., Субботин М.Н., Бордак С.С., Васюкевич А.С.**

Рассмотрены возможные перспективы развития гражданской обороны в Республике Беларусь и необходимые мероприятия по совершенствованию основных элементов организации, ведения и всестороннего обеспечения мероприятий ГО с учетом социально-экономического, научно-технического и технологического развития страны.

*Ключевые слова:* гражданская оборона, государственная система гражданской защиты, органы управления, силы гражданской обороны, инженерно-технические мероприятия гражданской обороны.

(Поступила в редакцию 11 января 2018 г.)

**Введение.** В современных условиях характер и способы решения международных конфликтов с применением военной силы, а также методы ведения вооруженной борьбы меняются. Все более распространенными становятся военно-силовые акции, в ходе которых для поражения выбираются важнейшие объекты экономики, зачастую являющиеся потенциально опасными объектами, элементы систем жизнеобеспечения, транспортных коммуникаций, связи и информатизации, что приводит к гуманитарным катастрофам.

Наряду с этим резкое возрастание числа техногенных катастроф и стихийных бедствий обуславливает общемировую тенденцию пересмотра государствами концепций гражданской обороны с ориентацией их на предупреждение и ликвидацию чрезвычайных ситуаций (ЧС) и в мирное время [1].

Таким образом, защита населения от ЧС природного и техногенного характера, военных опасностей и обеспечение выживания в этих условиях является неотъемлемой частью реализации национальной безопасности, независимости и суверенитета нашей страны [2].

**Целью данной работы** явилось исследование возможных перспектив развития гражданской обороны (ГО) в Республике Беларусь на современном этапе.

**Перспективы развития ГО в Республике Беларусь на современном этапе.** Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.12.2013 г. № 1051 «Об утверждении Основных направлений реализации государственной политики в области гражданской обороны» с учетом возрастания внешних и внутренних угроз национальным интересам Республики Беларусь определены основные факторы, определяющие государственную политику в области безопасности жизнедеятельности населения:

- сохраняющееся стремление ряда стран решать политические задачи и утверждать свои позиции силовыми методами в форме вооруженного конфликта или инцидента;
- изменение характера вооруженной борьбы и использование оружия, созданного на основе искусственного интеллекта, нанотехнологий, новых физических принципов, а также роботизированных комплексов и оружия, снижение вероятности применения на территории Республики Беларусь оружия массового поражения;
- незаконное распространение (перемещение) радиоактивных, химических, биологических и других опасных веществ и материалов;
- климатические изменения и последствия антропогенного воздействия на окружающую среду, каскадный характер развития чрезвычайных ситуаций в природно-техногенной сфере;
- тенденция к снижению уровня культуры безопасности жизнедеятельности;
- износ технологического оборудования на потенциально опасных объектах;
- применение информационных технологий в управлении важнейшими объектами жизнеобеспечения [1].

Немаловажным фактором возрастающей опасности остаются проведение террористических актов на фоне обострения обстановки в мире.

Комплекс мероприятий по подготовке к защите и защита населения, окружающей среды, материальных и историко-культурных ценностей от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, следует разрабатывать с учетом основополагающих программных документов Республики Беларусь: Концепции национальной без-

опасности Республики Беларусь, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 09.11.2010 г. № 575, Директивы Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства», Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года, решений Пятого Всебелорусского народного собрания, Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы, Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы, Стратегии «Наука и технологии: 2018–2040».

Реализация этого комплекса мероприятий должна основываться на следующих принципах:

- законности;
- обеспечения безопасности жизнедеятельности населения;
- оперативности и адекватности мер по нейтрализации поражающих факторов чрезвычайных ситуаций, а также опасностей, возникающих при ведении военных действий;
- учете социально-экономического развития общества, военно-политической обстановки и стратегического планирования;
- научной обоснованности;
- достаточности и финансово-экономической целесообразности проводимых мероприятий;
- заблаговременности выполнения мероприятий по защите населения и территорий от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при чрезвычайных ситуациях.

Эти принципы предполагают решение важнейших задач по совершенствованию (реконструкции) основных элементов организации, ведения и всестороннего обеспечения ГО [3]:

- нормативно-правовой и нормативно-технической базы в области ГО;
- системы управления ГО;
- системы связи и оповещения;
- системы обучения должных лиц и населения к выполнению мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и ГО;
- сил и средств ГО;
- системы обеспечения мероприятий ГО;
- способов защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В работах [3, 4] авторами выдвинуты предположения об этапах развития ГО и необходимых мероприятиях по совершенствованию основных элементов организации, ведения и всестороннего обеспечения мероприятий ГО. Для реализации этих мероприятий предполагается решить ряд задач в два этапа: первый – до 2020 года, второй – 2030 года.

Вместе с тем, рассматривая развитие ГО в общей системе Союзного государства России и Беларуси, можно предположить, что эти задачи актуальны и для нашей страны. Поэтому ГО в Республике Беларусь в перспективе может развиваться по следующим этапам.

I этап до 2024 года	II этап до 2030 года
<ul style="list-style-type: none"><li>– совершенствование системы управления ГО;</li><li>– совершенствование сил ГО;</li><li>– совершенствование методов и способов защиты населения;</li><li>– развитие международного сотрудничества;</li><li>– создание государственной системы гражданской защиты</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– внедрение в гражданскую защиту (ГЗ) передовых научных достижений;</li><li>– создание гибкой риск-ориентированной ГЗ</li></ul>

**Рисунок 1. – Предполагаемые этапы развития ГО в Республике Беларусь и необходимые мероприятия по совершенствованию основных элементов организации, ведения и всестороннего обеспечения мероприятий ГО**

**1. Совершенствование системы управления ГО.** В качестве приоритетных задач этого направления деятельности целесообразно рассматривать:

- развитие пунктов управления ГО, повышение уровня их технической оснащенности и защищенности;
- совершенствование уровня информационной поддержки принятия управленческих решений в области ГО;
- развитие системы связи и оповещения;
- создание республиканской системы мониторинга общественной безопасности.

В целях обеспечения живучести управления гражданской обороной целесообразно увеличить количество подвижных пунктов управления, акцентировать внимание в сторону защищенных пунктов управления в городах, отнесенных к группам по гражданской обороне, так как в условиях военных действий с применением высокоточного оружия управлять мероприятиями гражданской обороны, очевидно, придется со стационарных пунктов управления [5].

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 26.05.2017 г. № 187 «О республиканской системе мониторинга общественной безопасности» основной ее задачей определено наблюдение за состоянием общественной безопасности в целях обеспечения общественного порядка, профилактики, выявления, раскрытия и пресечения преступлений, других правонарушений, розыска лиц, их совершивших, и лиц, без вести пропавших, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Для этого предусматривается функционирование в системе мониторинга программного обеспечения видеоаналитики и специальных детекторов, позволяющих осуществлять фиксацию определенных событий. Планируется создание видеoarхива с возможностью поиска необходимой информации. Предполагается автоматизированное информирование государственных органов системы обеспечения безопасности о наступлении событий, влияющих на общественную безопасность, что положительно скажется на повышении эффективности управления, координации и взаимодействия при угрозе или в результате возникновения ЧС.

В настоящее время проводится модернизация автоматизированной системы централизованного оповещения, позволяющей обеспечить высокую гибкость работы системы в современных сетях передачи данных: использование выделенных проводных, цифровых, УКВ, GSM каналов связи, осуществлять дистанционное тестирование работоспособности оконечных устройств, каналов связи и систем управления.

Основополагающим направлением совершенствования системы управления является вопрос повышения качества обучения (подготовки) должностных лиц органов управления ГО за счет использования новых технологий обучения. Для этого в образовательный процесс внедряется использование виртуальных сред, виртуальных тренажеров для выработки целенаправленных управленческих решений в условиях чрезвычайных ситуаций [6–8].

Для мониторинга и прогнозирования ЧС необходимо внедрение цифровых технологий, обеспечивающих возможность обработки и подготовки картографических материалов с оперативной привязкой растрового изображения к ГИС, моделирования развития чрезвычайных ситуаций, обработки данных с искусственных спутников Земли, анализа данных об источниках чрезвычайных ситуаций. В рамках авиационного мониторинга ЧС видится обоснованным в современных условиях переход от использования воздушных судов авиации МЧС к применению беспилотных авиационных комплексов. Предполагается организация обучения их операторов и создание соответствующего специализированного подразделения.

**2. Совершенствование сил ГО.** Для совершенствования работы по подготовке сил ГО на данном этапе вносятся изменения в существующие нормативные документы – постановление МЧС Республики Беларусь от 12.06.2009 г. № 28 «Об утверждении примерных организационно-штатных структур и табеля оснащения средствами гражданской обороны гражданских формирований гражданской обороны, форм сводного учета и примерного расчета их создания». Основные усилия в этом направлении сосредоточены на разумной достаточности сил гражданской обороны, их адекватности современным угрозам в целях обеспечения безопасности личности, общества, государства. Здесь также следует учитывать и мероприятия по мобильности сил ГО. Гражданские формирования гражданской обороны должны быть оснащены современными спасательными средствами, оборудованием, обучены новейшим технологиям проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Должно обеспечиваться мобилизационное развертывание сил гражданской обороны на военное время и осуществляться тесное взаимодействие с Вооруженными Силами Республики Беларусь, частями и подразделениями территориальной обороны.

**3. Совершенствование методов и способов защиты населения.** При предоставлении населению средств индивидуальной и коллективной защиты на данном этапе оптимизированы требования к объемам средств индивидуальной защиты, накапливаемых в запасах и резервах, а также требования к хранению средств индивидуальной защиты, приборов радиационной и химической разведки и дозиметрического контроля. Так, относительно средств индивидуальной защиты определены категории населения, подлежащие обязательному обеспечению средствами индивидуальной защиты, что позволит сократить объем их накопления. Это также уменьшает ежегодные затраты бюджетных средств и снижение расходов предприятий. Номенклатура средств индивидуальной защиты определяется исходя из оценки обстановки, которая может сложиться при возникновении чрезвычайной ситуации. Оценка пригодности средств индивидуальной защиты осуществляется не по гарантийным срокам хранения, а по результатам лабораторных испытаний, что позволяет продлевать их ресурс до 2 раз.

В рамках направления деятельности осуществляется оптимизация и переработка технических нормативных правовых актов (ТНПА) в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, в частности перерабатываются следующие ТНПА: ТКП 112-2011 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны», ТКП 369-2012 «Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» в градостроительных проектах и проектной документации на строительство».

В современных условиях в целях обеспечения дифференцированного подхода к организации и проведению мероприятий по защите населения и объектов экономики от чрезвычайных ситуаций и военных опасностей целесообразно осуществлять не только отнесение к группам по ГО (категорирование) с учетом военно-экономического и административно-территориального значения отдельных территорий, городов и объектов, но и зонирование территорий по степени возможных опасностей, что позволит учитывать особенности организации защиты населения в зависимости от потенциальных опасностей, возможных на данной территории.

С учетом современных подходов к инженерной защите населения от чрезвычайных ситуаций одним из приоритетных направлений является использование для укрытия городского и сельского населения сооружений двойного назначения, для чего предполагается комплексное использование подземного пространства, в том числе метрополитена и подвальных (заглубленных) помещений с возможностью их дооборудования системами жизнеобеспечения укрываемых.

Развитие строительства сооружений многоцелевого (двойного) назначения позволит использовать их в производственных целях и в случае необходимости в кратчайшие сроки переоборудовать их в укрытия. При разработке архитектурных и градостроительных проектов взамен капитальных защитных сооружений предусматривается строительство быстровозводимых укрытий, что влечет снижение стоимости инвестиционных проектов.

**4. Развитие международного сотрудничества.** Активно продолжается работа по организации международного сотрудничества в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и ГО. Осуществляется гармонизация нормативных документов Европейского Союза (ЕС) в области гражданской защиты, национальной поддержки принимающей стороны (подразумевает все действия, предпринимаемые на этапе подготовки и управления реагированием на чрезвычайные ситуации со стороны государства-участника механизма гражданской защиты ЕС, ходатайствующего о помощи или оказывающего такую помощь, или Еврокомиссии, с целью максимального устранения любых прогнозируемых препятствий на пути к получению международной помощи таким образом, чтобы гарантировать беспрепятственную деятельность по реагированию на чрезвычайные ситуации). Необходимо также в дальнейшем внедрять современные подходы в области международного сотрудничества и реагирования на трансграничные чрезвычайные ситуации в рамках Союзного государства Республики Беларусь и Российской Федерации, стран СНГ.

Немаловажным остается взаимодействие с МАГАТЭ по вопросам отработки каналов связи и взаимодействия при угрозе возникновения ядерных аварий, промышленных аварий, а также регулярное участие сил ГО в тренировках и совместных учениях с Евроат-

лантическим координационным центром реагирования на стихийные бедствия и катастрофы и по оповещению государств СНГ о ЧС природного и техногенного характера.

Продолжается взаимодействие с Международной организации гражданской обороны по сбору и распространению информации по вопросам гражданской обороны, подготовке кадров по гражданской обороне, оказание помощи государствам в создании и развитии национальных структур гражданской обороны.

**5. Создание государственной системы гражданской защиты.** На территории Республики Беларусь со времен существования СССР функцию защиты от ЧС выполняла ГО. Преимущественно она ориентировалась на решение задач военного времени, рассматривая ликвидацию аварий и стихийных бедствий как дополнительную вспомогательную задачу. Только в 1987 году на нее были законодательно возложены задачи мирного времени. Однако на практике реализация мероприятий ГО в крупномасштабных ЧС мирного времени оказалась неэффективной. С учетом относительно благоприятной внешней и внутривнутриполитической обстановки, а также принятием ряда государств решений о сокращении ядерных потенциалов, запрещении и уничтожении химического оружия вопросы защиты населения от военных опасностей и оружия массового поражения стали второстепенными, как и роль ГО. На первый план вышла задача обеспечения защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера на фоне резкого роста их количества. В связи с этим была создана Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ГСЧС), объединяющая усилия министерств и ведомств, органов местного управления в единую систему, обеспечивающая возможность решать проблему безопасности населения и территорий комплексно, проводить единую государственную политику в этой области [2].

В Республике Беларусь ГСЧС имеет структуру, которая организуется по административно-территориальному и отраслевому принципам и предусматривает 4 уровня: республиканский, территориальный, местный и объектовый. Каждый из указанных уровней имеет элементы: координирующие органы, органы управления по ЧС, информационно-управляющую систему, силы и средства, резерв финансовых и материальных ресурсов для ликвидации ЧС [9, 10].

Говоря о ГО в Республике Беларусь, можно отметить ее идентичность построения с ГСЧС – она также организуется по административно-территориальному и отраслевому принципам. Мероприятия ГО проводятся:

- на территории всей страны;
- в административно-территориальных единицах;
- в республиканских органах государственного управления, иных государственных организациях, подчиненных Правительству Республики Беларусь, других организациях, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени.

Нормативно закреплены должностные лица, отвечающие за руководство и являющиеся начальниками ГО на соответствующих уровнях. Установлены органы управления ГО, силы ГО, а также службы ГО [11].

Бесспорно, ГО, направленная на защиту от опасностей в военное время, вследствие отсутствия опыта практических действий и взаимодействия сил различного уровня, будет иметь значительные затруднения в реализации защитных функций и готовности в условиях войны. ГСЧС, имеющая уже мирное время слаженную систему, а также практический опыт выполнения защитных мероприятий, не сможет полноценно функционировать и качественно реализовывать поставленные задачи в военное время, так как значительно изменятся условия их выполнения, что обуславливается особым правовым режимом, вводимым на территории Республики Беларусь в случае военной угрозы, возможными действиями экстремистских групп, а также временным ограничением прав и свобод граждан, прав организаций, возложением на них особых обязанностей [12]. Возникает потребность в системе, способной решать защитные упреждающие мероприятия вне зависимости от мирного или военного времени, отвечать складывающейся обстановке и современным угрозам, что влечет за собой формирование принципиально новой системы защиты – государственной системы гражданской защиты, отвечающей вышеуказанным положениям, создание которой возможно путем слияния и оптимизации ГСЧС и ГО.

В соответствии с [1, 13] интеграция ГСЧС и ГО возможна по следующим причинам:

- единство физических принципов, лежащих в основе поражающих принципов опасных природных явлений, аварий, катастроф и применяемого оружия, и сходство их воздействия на людей, объекты экономики и инфраструктуры;

- единство целевых функций и функциональных задач системы на мирное и военное время;
- возможность решения задач мирного и военного времени практически одними и теми же органами управления, силами и средствами;
- сходство методологии и организации наблюдения, контроля, оценки обстановки и ликвидации последствий различных воздействий в мирное и военное время.

С учетом вышеизложенного и на основе действующих нормативных правовых и технических нормативных правовых актов Республики Беларусь в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, разработан проект модельного закона СНГ «О гражданской защите», который устанавливает правовые основы функционирования государственной системы гражданской защиты, определяет ее основные задачи, организационные принципы построения и функционирования.

Создание ГСГЗ Республики Беларусь позволит:

- сформировать единую нормативную правовую, нормативную техническую, организационную и методологическую базу в сфере гражданской защиты вне зависимости времени – мирного или военного;
- выстроить целостную и экономически целесообразную систему органов управления, мониторинга, оповещения и связи, как в мирное, так и в военное время;
- создать достаточную и обоснованную группировку сил и средств для реализации защитных мероприятий, как сегодня, так и с нарастанием напряженности в стране;
- обеспечить взаимодействие как между республиканскими органами государственного управления, другими организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами и субъектами хозяйствования, так и с органами военного управления, территориальной обороны в интересах гражданской защиты [2].

**6. Внедрение в ГЗ передовых научных достижений.** В своей работе [5] автор определяет основные тенденции инновационного развития на период до 2020 года в гражданской обороне, которые могут быть применены и для развития гражданской защиты:

- создание интегрированных глобальных информационных и коммуникационных сетей, что позволит кардинально повысить эффективность систем управления и оповещения в области гражданской защиты;
- широкое внедрение материалов с заранее заданными свойствами, в первую очередь композиционных, что позволит создать принципиально новые средства защиты населения, сил ГЗ от поражающих факторов физического, химического и биологического характера;
- развитие нанотехнологий, переход от микроэлектроники к нано- и оптоэлектронике позволит существенно повысить достоверность мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и создавать быстродействующие системы обнаружения источников чрезвычайных ситуаций;
- использование биотехнологий внесет изменения не только в аграрный сектор, но и в здравоохранение и медицину катастроф, благодаря использованию генетических методов лечения и биоинформационных средств диагностики и лечения пострадавших от чрезвычайных ситуаций;
- обеспечение технологиями альтернативной энергетики (реакторы на быстрых нейтронах, водородная энергетика, использование энергии ветра, солнца и иных возобновляемых источников) экономически приемлемых параметров и возможности создания надежных автономных источников энергии без использования углеводородного топлива, в том числе, и для сил и средств гражданской защиты;
- радикальные изменения в методах и средствах обеспечения техногенной безопасности и природоохранной деятельности, позволяющих существенно улучшить состояние окружающей среды и сократить количество погибших и пострадавших в ЧС.

Перспективным направлением в развитии ГЗ в Республике Беларусь может быть использование беспилотных летательных аппаратов, роботизированных комплексов, сенсорных систем для мониторинга чрезвычайных ситуаций и обеспечения поддержки принятия решений, проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

**7. Создание гибкой риск-ориентированной ГЗ.** Гражданская защита должна обеспечивать реализацию новых форм и методов защиты населения с учетом особенностей ад-

министративно-территориальной единицы (риск-ориентированный подход к определению опасностей на потенциально опасных объектах и территориях), предполагать активное участие граждан при решении задач и иметь современную материально-техническую основу, включающую в себя:

- интегрированные с органами государственной и военной власти системы управления, связи и оповещения населения;
- систему защитных сооружений гражданской обороны для укрытия работающего персонала и сооружения, приспособленные для укрытия населения от различных опасностей;
- мобильные запасы средств индивидуальной и медицинской защиты населения;
- подготовленные маршруты и безопасные районы для временного отселения населения и эвакуации историко-культурных и материальных ценностей;
- запасы материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств для гражданской защиты;
- многопрофильную, высокомобильную группировку сил и средств, способную оперативно выполнять задачи по защите населения и территории.

С целью оказания общественной поддержки по вопросам реализации мероприятий гражданской защиты целесообразно создать в стране общественную организацию (волонтерское движение) по содействию гражданской защите, для чего потребуется разработка ряда законодательных актов в области порядка привлечения, страхования и материального обеспечения волонтеров.

**Заключение.** Очевидно, что роль гражданской обороны в современных условиях и в будущем остается значимой для национальной безопасности государства, так как она является составной частью оборонных мероприятий страны. Главная стратегическая цель возможного дальнейшего развития гражданской обороны исходит из повышения ее роли в обществе, формировании социально значимой системы, эффективно выполняющей свои мероприятия в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также в условиях опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении основных направлений реализации государственной политики в области гражданской обороны: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 9 дек. 2013 г., № 1051 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
2. Бордак, С.С. О возможности развития гражданской обороны в Республике Беларусь путем создания единой государственной системы гражданской защиты / С.С. Бордак, М.Н. Субботин, М.М. Тихонов // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 87–92.
3. Барышев, П.Ф. О мерах по реализации государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны / П.Ф. Барышев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2017. – № 3 (34). – С. 3–10.
4. Полевой, В.Г. Перспективы развития гражданской обороны на современном этапе / В.Г. Полевой, А.И. Кузьмин, С.С. Гагулькин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2017. – № 3 (34). – С. 16–24.
5. Мальшев, В.П. Возможные перспективы развития гражданской обороны на период до 2020 года / В.П. Мальшев, Н.Н. Долгин // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования, 2014. – № 2. – Т. 4. – С. 234–282.
6. Тихонов, М.М. Программный продукт, моделирующий работу комиссии по чрезвычайным ситуациям / М.М. Тихонов, Е.Н. Любивая, В.В. Климович // Пожарная и техногенная безопасность. Теория, практика инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Львов, 20 окт. 2016 г./ ЛГУ БЖД. – Львов, 2016. – С. 593–594.
7. Тихонов, М.М. Виртуальный тренажер для выработки целенаправленных управленческих решений в условиях чрезвычайных ситуаций / М.М. Тихонов, В.С. Кипкаева // Технологии ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. материалов III Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 28 апр. 2017 г./ УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2017. – С. 47–48.
8. Любивая, Е.Н. Интерактивный метод обучения как средство активизации познавательной деятельности курсантов / Е.Н. Любивая, М.М. Тихонов // Гражданская защита: сохранение жизни, материальных ценностей, окружающей среды: сб. материалов II Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 1 марта 2017 г. / УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2017. – С. 90–92.

9. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Закон Респ. Беларусь, 5 мая 1998 г., № 141-З: в ред. Закона Респ. Беларусь от 10.07.2012 г. № 401-З // Консультант Плюс : Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
10. 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, 2015.
11. О гражданской обороне: Закон Респ. Беларусь, 27 ноября 2006 г., № 183-З : в ред. Закона Респ. Беларусь от 31.12.2009 г., № 114-З // Консультант Плюс : Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
12. О военном положении: Закон Респ. Беларусь, 13 января 2003 г., № 185-З : в ред. Закона Респ. Беларусь, 10.01.2015 г., № 244-З // Консультант Плюс : Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
13. Владимиров, В.А. О теории гражданской защиты / В.А. Владимиров // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2012. – № 2. – С. 549–559.

## POSSIBLE PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF CIVIL DEFENSE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

**Maxim Tikhonov**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Mikhail Subbotin**, PhD in Military Sciences, Associate Professor

**Sergey Bordak**

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

**Alexander Vasukevich**

The main management of the State system of prevention and elimination of emergency situations of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

*Purpose.* In this article based on the analysis of the current situation, a description of possible directions and ways of development of the civil defense in the Republic of Belarus within the framework of the main directions of the social, economic, scientific, technical and technological development of the country.

*Methods.* The method of analysis.

*Findings.* The article presents possible directions and ways of development of the civil defense in the Republic of Belarus in the main directions of the social, economic, scientific, technical and technological development of the country.

*Application field of research.* The obtained data could be used in the field of the organization of activities of civil defense in the Republic of Belarus.

*Conclusions.* In this article based on the analysis of the current situation a description of possible directions and ways of development of the civil defense in the Republic of Belarus within the framework of the main directions of the social, economic, scientific, technical and technological development of the country is presented. The obtained data can be used in the field of the organization of activities of civil defense in the Republic of Belarus.

*Keywords:* civil defense, state system of civil protection, management bodies, civil defense capacities, engineering and technical measures of civil defense.

(The date of submitting: January 11, 2018)

### REFERENCES

1. Ob utverzhdenii osnovnykh napravleniy realizatsii gosudarstvennoy politiki v oblasti grazhdanskoj oborony [On the approval of the main directions for the implementation of the state policy in the field of civil defense]: Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, December 9, 2013, No. 1051. *ETALON. Zakonodatel'stvo Respubliki Belarus' (Electronic resource)*. National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
2. Bordak S.S., Subbotin M.N., Tikhonov M.M. O vozmozhnosti razvitiya grazhdanskoj oborony v Respublike Belarus' putem sozdaniya edinoj gosudarstvennoy sistemy grazhdanskoj zashchity [On the possibility of developing civil defense in the Republic of Belarus through the creation of a unified state civil protection system] *Vestn. Komand.-inzhen. in-ta MChS Resp. Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 87-92. (rus)
3. Baryshev P.F. O merakh po realizatsii gosudarstvennoy politiki Rossiyskoj Federatsii v oblasti grazhdanskoj oborony [On measures to implement the state policy of the Russian Federation in the field of civil defense] *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*. 2017. No. 3 (34). Pp. 3-10. (rus)
4. Polevoy V.G., Kuz'min A.I., Gagul'kin S.S. Perspektivy razvitiya grazhdanskoj oborony na sovremen-nom etape [Prospects for the development of civil defense at the present stage]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*. 2017. No. 3(34). Pp. 16–24. (rus)
5. Malyshev V.P., Dolgin N.N. Vozmozhnye perspektivy razvitiya grazhdanskoj oborony na period do 2020 goda [Possible prospects for the development of civil defense for the period up to 2020]. *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya*. 2014. No. 2. Vol. 4. Pp. 234–282. (rus)
6. Tikhonov M.M., Lyubivaya E.N., Klimovich V.V. Programmnyy produkt, modeliruyushchiy rabotu komissii po chrezvychaynym situatsiyam [Software product modeling the work of the commission for emergency situations]. *Proc. Intern. scientific-practical Conf. «Pozharnaya i tekhnogennaya bezopasnost'». Teoriya, praktika innovatsii», Lviv, October 20, 2016*. Lviv: LGU BZhD, 2016. Pp. 593–594. (rus)

7. Tikhonov M.M., Kipkaeva V.S. Virtual'nyy trenazher dlya vyrabotki tselenapravlennykh upravlencheskikh resheniy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy [Virtual simulator for the development of targeted management solutions in emergency situations]. Proc. *III Intern. scientific-practical virtual Conf. «Tekhnologii likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy»*, Minsk, April 28, 2017. Minsk: UGZ MChS Belarusi, 2017. Pp. 47–48. (rus)
8. Lyubivaya E.N., Tikhonov M.M., Interaktivnyy metod obucheniya kak sredstvo aktivizatsii poznatel'noy deyatel'nosti kursantov [Interactive method of teaching as a means of activating the cognitive activity of cadets]. Proc. *II Intern. scientific-practical virtual Conf. «Grazhdanskaya zashchita: sokhranenie zhizni, material'nykh tsennostey, okruzhayushchey sredy»*, Minsk, March 1, 2017. Minsk: UGZ MChS Belarusi, 2017. Pp. 90–92. (rus)
9. O zashchite naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoho i tekhnogennoho kharaktera [On protection of the population and territories from natural and man-made emergency situations]: Law of the Republic of Belarus, May 5, 1998, No. 141-Z: in the edition of the Law of the Republic of Belarus, July 10, 2012, No. 401-Z. *Konsul'tant Plyus: Belarus'. Tekhnologiya 3000 (Electronic resource)*. OOO «YurSpektr», National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
10. O Gosudarstvennoy sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [About the State System of Prevention and Elimination of Emergency Situations] Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, April 10, 2001, No. 495. *ETALON. Zakonodatel'stvo Respubliki Belarus' (Electronic resource)*. National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
11. O grazhdanskoy oborone [On Civil Defense]: Law of the Republic of Belarus, November 27, 2006, No. 183-Z: in the edition of the Law of the Republic of Belarus, December 31, 2009, No. 114-Z. *Konsul'tant Plyus: Belarus'. Tekhnologiya 3000 (Electronic resource)*. OOO «YurSpektr», National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
12. O voennom polozhenii [On the Martial Law]: Law of the Republic of Belarus, January 13, 2003, No. 185-Z: in the edition of the Law of the Republic of Belarus, January 10, 2015, No. 244-Z. *Konsul'tant Plyus: Belarus'. Tekhnologiya 3000 (Electronic resource)*. OOO «YurSpektr», National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
13. Vladimirov V.A. O teorii grazhdanskoy zashchity [On the theory of civil protection] *Strategiya grazhdanskoy zashchity: problemy i issledovaniya*. 2012. No. 2. Pp. 549–559. (rus.)

УДК 004.946:614.8

**ВИРТУАЛЬНАЯ СРЕДА КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ****Тихонов М.М., Бордак С.С., Любивая Е.Н., Рябцев В.Н.**

Представлены результаты разработки и внедрения в образовательный процесс виртуального тренажера для тактической подготовки членов комиссии по чрезвычайным ситуациям, позволяющего выработать у обучающихся навыки принятия целенаправленных управленческих решений в условиях ЧС, повысить качественный уровень работы членов комиссии по ЧС и, как следствие, снизить показатели гибели, травматизма и материального ущерба от ЧС.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, комиссия по чрезвычайным ситуациям, виртуальный тренажер, программное обеспечение, профессиональное обучение.

(Поступила в редакцию 12 января 2018 г.)

**Введение.** Обеспечение защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера является одной из важнейших задач государственной политики Республики Беларусь в области национальной безопасности. Наибольшей опасностью и тяжелыми последствиями характеризуются ЧС, связанные с выбросом химически опасных, радиоактивных и биологически (бактериологических) веществ. На территории Беларуси функционирует около 2 тысяч потенциально опасных производств, 146 объектов располагают значительными запасами аварийно химически опасных веществ, имеются организации и учреждения, в которых обращаются биологические агенты различных групп патогенности, функционируют АЭС на территории сопредельных государств.

В Республике Беларусь вопросы защиты населения и территорий от ЧС в мирное время решаются в рамках функционирования государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (ГСЧС) посредством деятельности соответствующих координирующих органов и органов управления по ЧС, а в военное время защитные мероприятия выполняются силами и средствами гражданской обороны. При ликвидации аварий на химически опасных объектах, объектах ядерного топливного цикла, а также в случае возникновения опасности биологического заражения основным таким координирующим органом предусмотрено функционирование комиссии по ЧС (КЧС) [1].

От того, как организована ее работа, какое она имеет материально-техническое обеспечение, насколько подготовлены и обучены члены КЧС, как быстро и какое решение может принять руководитель данной комиссии, во многом зависит ход и конечный результат ликвидации последствий ЧС, жизнь и здоровье людей, находящихся в зоне ЧС [2–4].

**Цель работы** – повышение эффективности образовательного процесса подготовки специалистов в области защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера и гражданской обороны за счет внедрения инновационных образовательных технологий, реализованных в обучающей тренинговой программе, позволяющей моделировать деятельность комиссии по ЧС (КЧС) при возникновении ЧС техногенного и природного характера (аварии на химически опасном объекте или объекте ядерного топливного цикла, биологические заражения).

**Разработка виртуального тренажера для тактической подготовки членов КЧС.** Согласно [5] дополнительное образование взрослых в области защиты населения и территорий от ЧС и гражданской обороны подразумевает получение и совершенствование знаний, умений и навыков по очной, заочной (в том числе дистанционной) форме обучения. Вместе с тем повышение уровня знаний и совершенствование навыков действий, которые можно реализовать в условиях угрозы или возникновения ЧС, является одной из основных задач ГСЧС и гражданской обороны.

Однако при теоретическом обучении поставленные цели (выработка и совершенствование у руководителей навыков управления силами и средствами для ликвидации ЧС, навыков работы при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ, как в мирное, так и в военное время) нередко не достигаются в связи с отсутствием практической составляющей. При этом приобретение практических навыков у членов КЧС в образовательном процессе зачастую является проблематичным, так как для этого необходимо воссоздать реальную ЧС. Необходимо отметить, что на базе филиала университета граждан-

ской защиты МЧС Беларуси функционирует полигон оперативно-тактической подготовки, позволяющий смоделировать в реальных условиях ряд ЧС. Однако, стоимость одного учения двух групп обучающихся с задействованием потенциала полигона составляет около 6 тысяч белорусских рублей. Учитывая количество обучающихся (в год более 3 тысяч), обучение на базе полигона является экономически весьма затратным.

В настоящее время заключительной стадией курса повышения квалификации «Защита от ЧС» является практическая отработка полученных теоретических навыков в работе комиссии по ЧС, реализуемая в деловой игре с привлечением профессорско-преподавательского состава кафедры гражданской защиты. Перед проведением деловой игры преподавателем разрабатывается сценарий исходной обстановки. Обучающимся назначаются определенные роли, в рамках компетенций которых необходимо принять частные управленческие решения, позволяющие минимизировать последствия ЧС. Однако, учитывая тот факт, что группа обучающихся составляет 25 человек, существует определенная трудность в распределении ролей. Так, для группы обучающихся приходится назначать одну роль, что снижает вовлеченность всех обучающихся в образовательный процесс (в группе работает 1–2 человека, которые участвуют в обсуждении и готовят финальный доклад). Вторым отрицательным моментом деловой игры является только контрольный режим, т. е. обучающиеся не имеют право на ошибку (отсутствует учебный режим), т. к. программой курса предусмотрено 2 часа лекционного материала с последующей деловой игрой. Третьим негативным фактором деловой игры является отсутствие визуализации последствий от принятых управленческих решений, что не позволяет корректно оценить верность и последовательность этих решений.

В связи со сказанным выше, одним из возможных решений обозначенных проблем видится разработка виртуальных интерактивных сред и их использование при реализации образовательных программ дополнительного образования взрослых по направлению «Защита от ЧС», в том числе для непосредственной подготовки членов КЧС.

Разработка и внедрение в образовательный процесс виртуальной среды позволит использовать лекционный материал с одновременной отработкой полученных знаний в учебном режиме виртуальной интерактивной среды. Приобретенные обучающимися в интерактивной среде, позволяющей использовать необходимую справочную литературу и подсказки, навыки принятия целенаправленных управленческих решений в условиях ЧС, помогут повысить качественный уровень работы членов КЧС и, как следствие, снизить показатели гибели, травматизма и материального ущерба от ЧС.

В рамках выполнения задания 6 «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»)» Государственной научно-технической программы «Защита от чрезвычайных ситуаций – 2020» в качестве такой виртуальной среды был разработан виртуальный тренажер для тактической подготовки членов комиссии по чрезвычайным ситуациям. Коллективу, участвующему в создании тренажера, необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработать учебную векторную картографическую виртуальную модель города и окрестности и редактор к ней.

2. Разработать модель развития аварии на химически опасном объекте с выбросом (проливом) аварийно химически опасного вещества в зависимости от времени года, времени суток, метеорологических условий и количества вещества.

3. Разработать модель развития аварии на объекте ядерного топливного цикла в зависимости от величины выхода радиоактивных веществ из ядерного реактора, типа ядерного реактора, категории устойчивости и скорости ветра;

4. Разработать модель развития биологического заражения.

5. Разработать алгоритм действий председателя КЧС и ее членов для двух типов аварий и опасности биологического заражения.

6. Разработать учебную компьютерную программу.

7. Выполнить установку, тестирование разработанного программного обеспечения (ПО) и пуско-наладочные работы.

8. Провести приемочные испытания ПО.

9. Подготовить программную документацию.

В процессе разработки тренажера был проведен сбор и анализ научно-технической

информации в области конфигурации электронных средств обучения на основе портативной электронно-вычислительной техники, что позволило определить концепцию работы программного обеспечения.

В ряду современных средств обучения, служащих повышению эффективности, имитационные виртуальные тренажеры занимают особое место. В практике обучения их использование служит улучшению и повышению эффективности качества профессионального обучения [6, 7].

Анализ процесса профессионального обучения показывает, что применение имитационных виртуальных тренажеров позволяет положительно решить следующие задачи:

- информирование (учебники, справочники, диапозитивы, диафильмы, учебные плакаты, транспаранты, магнитные записи, кинофильмы, видеозаписи, алгоритмы, указатели, информационно-технологические карты, учебные программы и тренажеры);

- организация (алгоритмы, указатели, информационно-технологические карты, учебные программы и тренажеры);

- управление (тесты, учебные программы и тренажеры) [7].

Создание виртуальных условий означает изображение определенных событий или процессов через схемы или модели, созданные с помощью компьютера. Такие виртуальные положения называются «условными». Возможности компьютера позволяют раскрыть сущность всех реальных событий в виртуальной среде. Имитационные виртуальные тренажеры способствуют обогащению сознания, укреплению теоретических знаний, а также формированию практических навыков и квалификации будущих специалистов.

Действительно, компьютерная симуляция, как интерактивная форма обучения обладает огромными возможностями: она создает обстановку реальной деятельности и процесса взаимодействия, условия, имитирующие исполнение профессиональных навыков и ролей в повседневной работе и жизни, а также позволяет эффективно контролировать весь процесс обучения. Известно, что в профессиональной дидактике выделяют три основных типа обучающих компьютерных симуляций: первые направлены на развитие быстроты ответной реакции; вторые – развивают способность решать профессиональные задачи; третьи – формируют способность правильно оценивать полученную информацию и эффективно ею распоряжаться [8, 9].

Разработанный программный продукт предполагает отработку всего комплекса мероприятий по ликвидации последствий произошедшей аварии, включающего в себя организацию работы КЧС, принятие необходимых управленческих решений каждым членом КЧС согласно сложившейся обстановке и в рамках своих компетенций. При этом учитывается необходимая последовательность действий и требуемых решений, время их принятия. Разработаны алгоритмы для моделирования деятельности КЧС. Обеспечена визуализация развития последствий аварии на учебной модели в реальном времени и в динамике со статистикой (погибших, пострадавших, здоровых).

Обучение на тренажере происходит за счет виртуального погружения обучающихся в среду, имитирующую ЧС, и углубленного изучения материала вследствие повышения эмоционального восприятия моделируемой обстановки. Все обучение построено на реальных законах распространения ЧС, непредсказуемости сценария и принципах игры, которая по своему содержанию направлена на возбуждение интереса к самому процессу прохождения определенного сценария. При этом получение знаний происходит на подсознательном уровне путем многократного переживания моделируемой ситуации и выработки навыка выполнения целенаправленных действий в различных ЧС.

Разработанный тренажер состоит из трех самостоятельных модулей: модуль редактора сценариев, модуль обучающегося и модуль инструктора.

Модуль редактора позволяет создавать и редактировать упражнения (создавать различные сценарии ЧС), использовать для моделирования реальные карты местности, которые выполнены в виде учебной векторной картографической виртуальной модели города и окрестностей.

Учебная векторная картографическая виртуальная модель города и окрестностей (лес, водоемы, сельский населенный пункт с подворьями, полями и пастбищами) представлена в виде векторной электронной карты города и его окрестностей с детализацией объекта, где произошла ЧС, объектов (зданий, сооружений различного функционального назначения), улиц, дорог. Масштаб карты 1:25000 с возможностью увеличения масштаба до 1:5000. Учебная модель города отображается в режиме 2D, с возможностью переключения

в режим 3D. Учтены требуемые размеры карты для различных сценариев развития ЧС. Отображение зон заражения (загрязнения) осуществляется динамическим полупрозрачным видом (цвет зон в соответствии с СТБ 1518-2004) с учетом закономерностей развития ЧС, с возможностью идентификации:

- объектов (зданий, сооружений, улиц, дорог, подворий, угодий), попадающих в зону заражения (загрязнения);
- количества людей, находящихся в зданиях;
- количества сельскохозяйственных животных в помещениях и на открытой местности (для сельской местности);
- количества тонн урожая на полях.

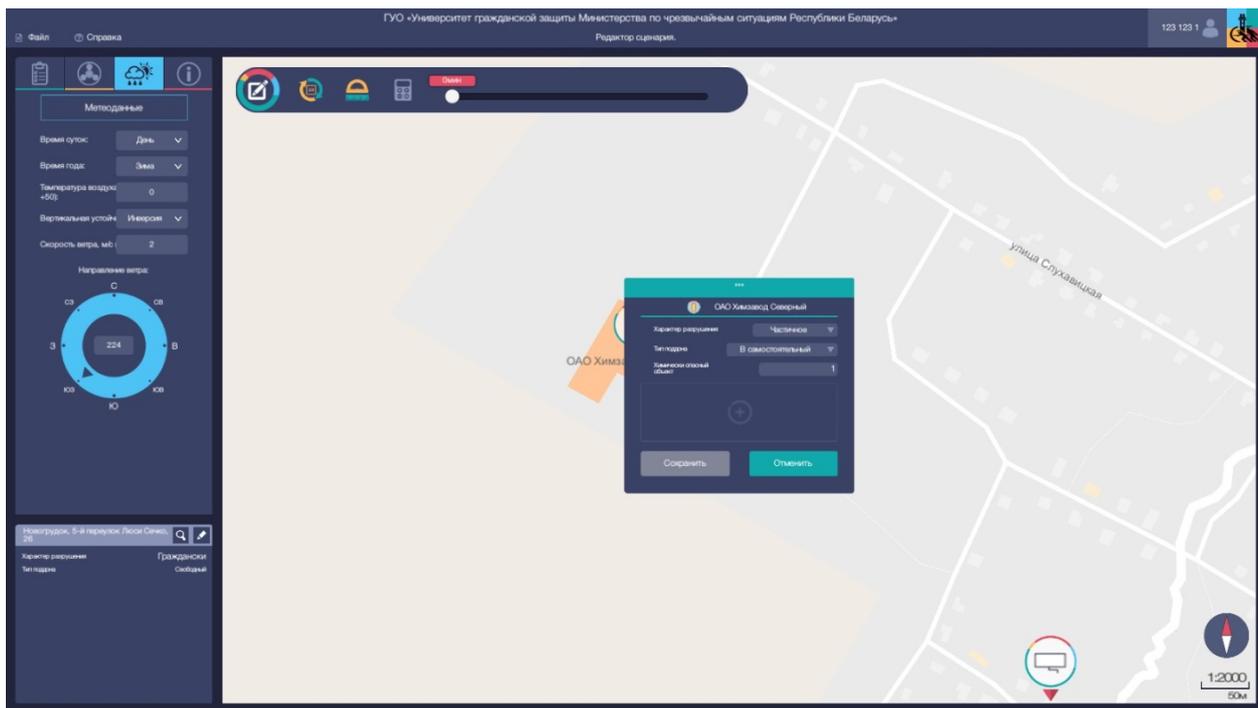
Модуль редактора имеет гибкую систему установки параметров, влияющих на пространство моделируемых аварий.

Модуль обучающегося позволяет проводить обучение по заранее заданным сценариям развития ЧС, сохранять результаты и сам процесс обучения. Также предусмотрена возможность проведения контрольных занятий с ограниченным временем выполнения.

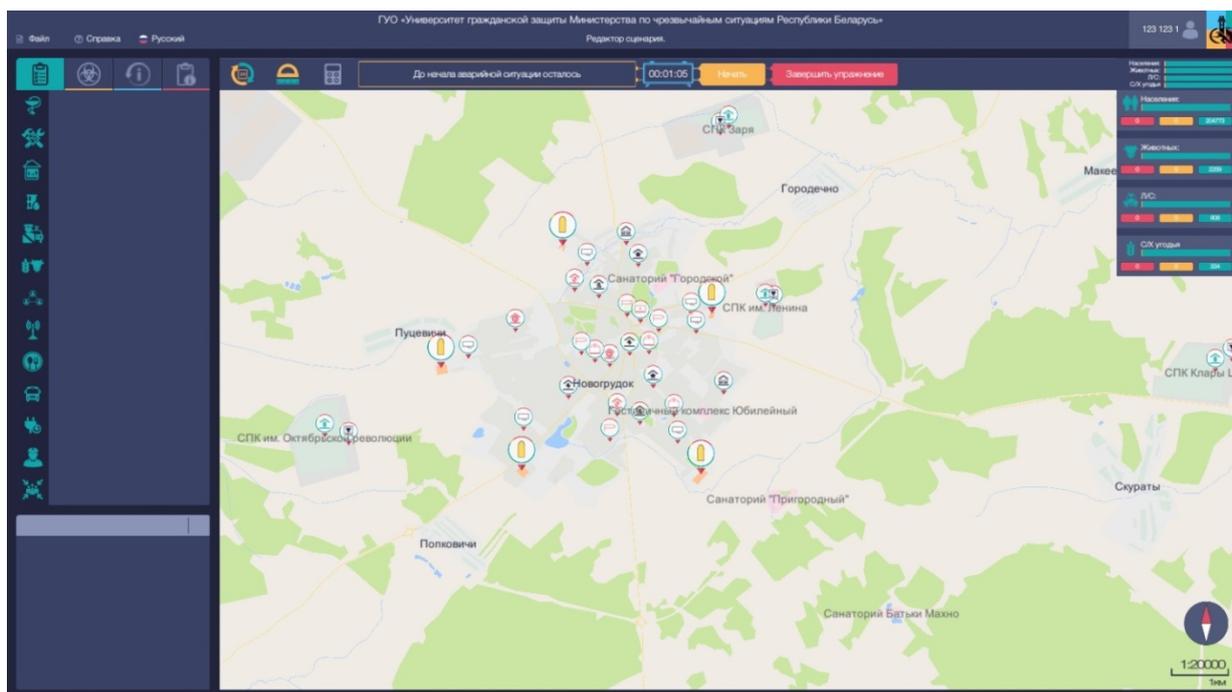
Модуль преподавателя позволяет осуществлять контроль действий обучаемых, а также получать данные о результатах обучения из сохраненных баз данных.

В каждом модуле пользователь имеет исключительные права доступа для системных корректировок и настроек, а также предусмотрена возможность хранения баз данных всех существующих и удаленных сценариев и результатов обучения.

Перед началом работы обучающегося с тренажером преподавателем создается сценарий с предоставлением выбора типа ЧС, объекта, на котором произошла ЧС, и расстановкой соответствующих служб. При расстановке служб учитывается тот факт, что размещение всех служб является обязательным для корректной работы тренажера (рисунок 1).



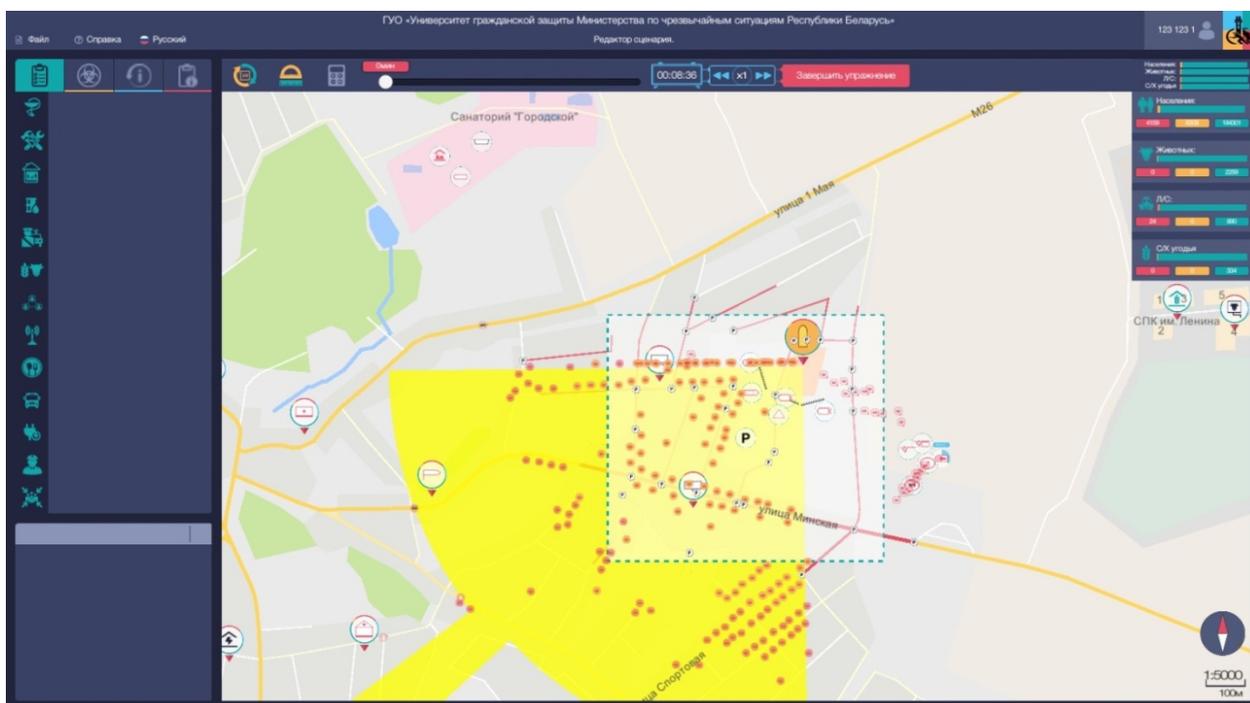
а



б

**Рисунок 1. – Создание сценария тактической игры в модуле «Редактор сценариев»**

После создания сценария группе обучающихся предоставляется возможность практической отработки полученных теоретических навыков в работе комиссии по ЧС с использованием разработанного ПО. Работа обучающегося в «Модуле обучающегося» (рисунок 2) осуществляется в двух режимах: учебном (обучающийся может использовать вкладки с подсказками алгоритмов действий; время выполнения задания не учитывается) и контрольном (работа осуществляется без подсказок, используются только калькулятор, линейка расстояний, ползунок, справочная информация; учитывается реальное время).



**Рисунок 2. – Работа в «Модуле обучающегося»**

Безусловным преимуществом использования разработанного ПО в образовательном процессе по сравнению с деловыми играми является тот факт, что каждый обучающийся должен пройти тактическую игру до конца, избегая роли пассивного участника образова-

тельного процесса. Это позволяет в полном объеме оценить полученные теоретические знания, при этом обучающийся видит последствия принятых решений в виде отображения статистики (рисунок 3).

Обучение завершено											
ФИО обучающегося	Категория обучающегося	Номер группы (взвода)	Имя файла сценария	Время выполнения, мин	Пострадало человек		Погибло человек		Пострадало голов с/х животных	Погибло голов с/х животных	Утрачено тонн урожая
					населения	личного состава	населения	личного состава			
123 123 123	123		Упражнение 2. Очень легкое	00:15:45	398	0	0	0	0	0	0

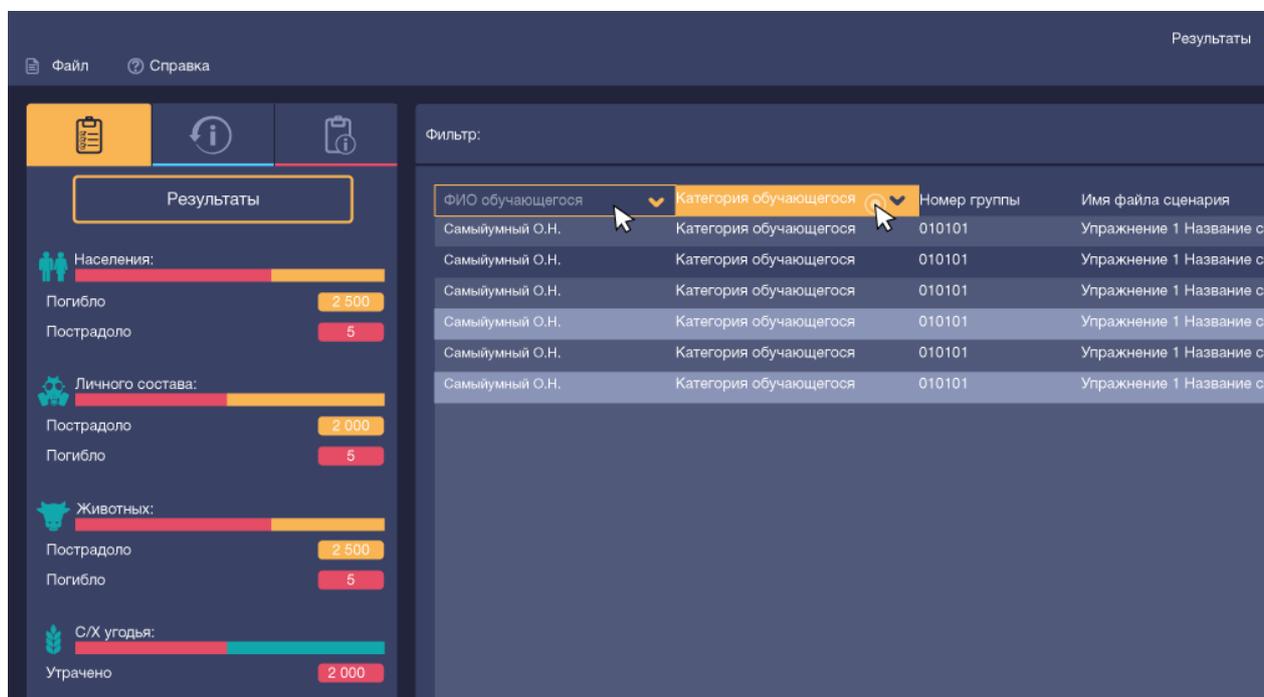
Выйти в меню выбора упражнения

Рисунок 3. – Отчет со статистикой выполненных заданий

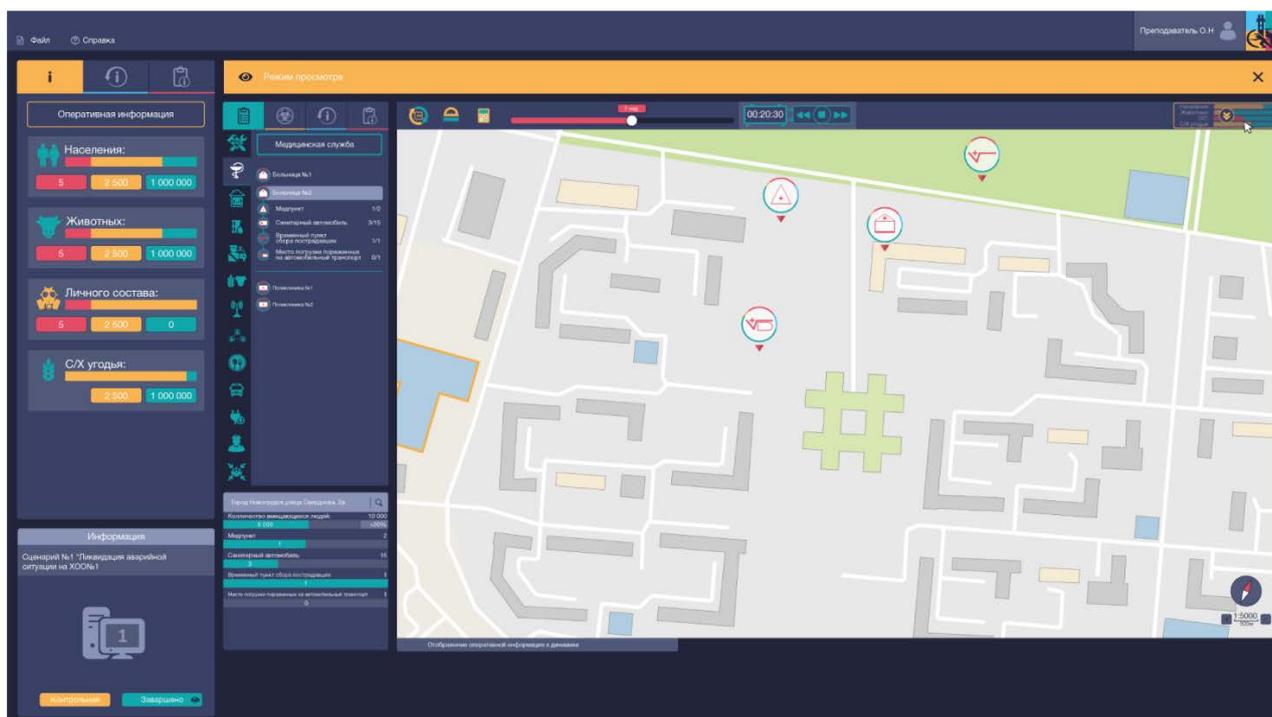
Также следует учитывать тот факт, что необходимые действия обучающихся могут повторяться многократно до полного устранения ошибок и выработки соответствующих навыков, что приведет к формированию следующих компетенций:

- быть способным к самостоятельной управленческой деятельности (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.), готовность генерировать и использовать новые идеи;
- уметь принимать ответственное решение в условиях ликвидации ЧС, нести ответственность за его последствия;
- принимать оптимальные управленческие решения с учетом их социальных и экономических последствий;
- организовывать совместное управление аварийными, аварийно-спасательными и специальными службами, привлекаемыми к ведению аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Лицо, проводящее итоговую аттестацию, может отследить конечный результат выполнения задания каждого обучающегося (рисунок 4а) и, кроме того, в любой момент просмотреть ход выполнения задания в режиме реального времени (рисунок 4б).



a



б

Рисунок 4. – Работа в «Модуле инструктора»

**Заключение.** Создан виртуальный тренажер, который позволяет моделировать обстановку при ЧС с учетом общих закономерностей их развития, а также воздействия опасных факторов ЧС на объекты, попадающие в зону заражения (загрязнения), в зависимости от принимаемых обучающимися действий.

До настоящего времени в Республике Беларусь такого рода программные продукты отсутствовали. Разработанная продукция обладает новыми для Республики Беларусь и стран СНГ техническими решениями по архитектуре программного обеспечения, моделирования ЧС и контроля знаний. Созданное программное обеспечение предназначено для подготовки специалистов Министерства по ЧС Республики Беларусь, а также подготовки членов комиссий по ЧС различных уровней.

При разработке программного обеспечения были использованы оригинальные педагогические наработки, ранее не применявшиеся при решении задач данного типа. Основной задачей обучающегося при использовании программного продукта является проведение первоочередных неотложных мероприятий членами КЧС в динамической обстановке ЧС с отображением действий на векторной картографической модели (схематической) города и окрестностей в 3D/2D форматах.

Программное обеспечение позволяет максимально приближенно к реальным условиям моделировать: возникновение аварий и развитие ЧС на химически опасных объектах и объектах ядерного топливного цикла; развитие биологических заражений. Кроме того, в автоматическом режиме формируются статистические данные по результатам выполнения обучающимися поставленных заданий с представлением их в форме отчетов в виде количества (погибших, травмированных, здоровых). Имеется возможность просмотра записи тактической игры.

Разработанное программное обеспечение предусматривает возможность выбора языка интерфейса: русский или английский, что позволяет использовать его для обучения иностранных специалистов (экспорт образовательных услуг).

Тренажер для тактической подготовки членов комиссии по чрезвычайным ситуациям внедрен в образовательный процесс второй ступени высшего образования в Университете гражданской защиты МЧС Беларуси. Планируется его внедрение в образовательный процесс дополнительного образования взрослых, что позволит повысить эффективность обучения указанных выше категорий слушателей, а также развитию у них навыков оперативно принимать целенаправленные управленческие решения в складывающейся обстановке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апр. 2001 г., № 495 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр» Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
2. Тихонов, М.М. Программный продукт, моделирующий работу комиссии по чрезвычайным ситуациям / М.М. Тихонов, Е.Н. Любивая, В.В. Климович // Пожарная и техногенная безопасность. Теория, практика, инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Львов, 20 октября 2016 г. / ЛГУ БЖД. – Львов, 2016. – С. 593–594.
3. Тихонов, М.М. Виртуальный тренажер для выработки целенаправленных управленческих решений в условиях чрезвычайных ситуаций / М.М. Тихонов, В.С. Кипкаева // Технологии ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. материалов III Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 28 апреля 2017 г. / УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2017. – С. 47–48.
4. Любивая, Е.Н. Интерактивный метод обучения как средство активизации познавательной деятельности курсантов / Е.Н. Любивая, М.М. Тихонов // Гражданская защита: сохранение жизни, материальных ценностей, окружающей среды: сб. материалов II Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 1 марта 2017 г. / УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2017. – С. 90–92.
5. Об утверждении положения о порядке обучения руководителей и работников республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных правительству Республики Беларусь, местных исполнительных и распорядительных органов, организаций независимо от форм собственности и населения в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и гражданской обороны, а также граждан, которыми комплектуются специальные формирования органов и подразделений по ЧС по мобилизации: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 мая 2013 г., № 413 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр» Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
6. Булатов, С.А. Перспективы использования симуляционных центров для компетентностного подхода в подготовке специалистов для практического здравоохранения // Виртуальные технологии в медицине. – 2013. – № 1 (9). – С.10-11.
7. Вавилова, Н.И. Проектирование виртуальных тренажеров [Электронный ресурс] // Компьютерные технологии образования. – Режим доступа: <http://ckto.narod.ru/stvirttr.htm>. – Дата доступа: 14.12.2016.
8. Грибова, В.В. Проект IASaaS – развиваемый комплекс для разработки, управления и использования интеллектуальных систем / В.В. Грибова [и др.] // Искусственный интеллект и принятие решений, – 2011. – № 10. – С. 41-48.
9. Грибова, В.В. Разработка виртуального мира медицинского компьютерного обучающего тренажера / В.В. Грибова, М.В. Петряева, Л.А. Федорищев // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2011. – № 9. – С. 31-39.

## VIRTUAL ENVIRONMENT AS AN INSTRUMENT OF TRAINING IN THE FIELD POPULATION PROTECTION FROM EMERGENCIES

**Maxim Tikhonov**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**Bordak Sergey**

**Ekaterina Lubivaya**

**Vitaly Reabtsev**

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

*Purpose.* The possibility of developing and implementing in the educational process a virtual simulator for tactical training of members of the commission for emergency situations is considered.

*Methods.* Analysis and modeling.

*Findings.* Virtual simulator for the members of emergency commission (EC) is developed allowing developing skills for making targeted management decisions in emergency situations, improving the quality of work of the members of the EC and, as a result, reducing the death, injury and material damage from emergency situations.

*Application field of research.* The obtained data could be used in the field of modeling of virtual simulators.

*Conclusions.* Virtual simulator for the members of emergency commission (EC) can be used to train the members of the EC in order to reduce the death, injury and material damage from emergency situations.

*Keywords:* emergency situation, emergency commission (EC), virtual simulator, software, professional training.

(The date of submitting: January 12, 2018)

### REFERENCES

1. O Gosudarstvennoy sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [About the State System of Prevention and Elimination of Emergency Situations] Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, April 10, 2001, No. 495. *ETALON. Zakonodatel'stvo Respubliki Belarus' (Electronic resource)*. National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
2. Tikhonov M.M., Lyubivaya E.N., Klimovich V.V. Programmnyy produkt, modeliruyushchiy rabotu komissii po chrezvychaynym situatsiyam [Software product modeling the work of the commission for emergency situations]. Proc. *Intern. scientific-practical Conf. «Pozharnaya i tekhnogennaya bezopasnost'. Teoriya, praktika, innovatsii»*, Lviv, October 20, 2016. Lviv: LGU BZhD, 2016. Pp. 593–594. (rus)
3. Tikhonov M.M., Kipkaeva V.S. Virtual'nyy trenazher dlya vyrabotki tselenapravlennykh upravlencheskikh resheniy v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy [Virtual simulator for the development of targeted management solutions in emergency situations]. Proc. *III Intern. scientific-practical virtual Conf. «Tekhnologii likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy»*, Minsk, April 28, 2017. Minsk: UGZ MChS Belarusi, 2017. Pp. 47–48. (rus)
4. Lyubivaya E.N., Tikhonov M.M., Interaktivnyy metod obucheniya kak sredstvo aktivizatsii poznatel'noy deyatel'nosti kursantov [Interactive method of teaching as a means of activating the cognitive activity of cadets]. Proc. *II Intern. scientific-practical virtual Conf. «Grazhdanskaya zashchita: sokhranenie zhizni, material'nykh tsennostey, okruzhayushchey sredy»*, Minsk, March 1, 2017. Minsk: UGZ MChS Belarusi, 2017. Pp. 90–92. (rus)
5. Ob utverzhdenii polozheniya o poryadke obucheniya rukovoditeley i rabotnikov respublikanskikh organov gosudarstvennogo upravleniya, inykh gosudarstvennykh organizatsiy, podchinnennykh pravitel'stvu Respubliki Belarus', mestnykh ispolnitel'nykh i rasporyaditel'nykh organov, organizatsiy nezavisimo ot form sobstvennosti i naseleniya v oblasti zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennogo kharaktera i grazhdanskoy oborony, a takzhe grazhdan, kotorymi komplektuyutsya spetsial'nye formirovaniya organov i podrazdeleniy po ChS po mobilizatsii [On approval of the regulations on the training of managers and employees of the republican government bodies, other state organizations subordinate to the government of the Republic of Belarus, local executive and administrative bodies, organizations regardless of ownership and population in the field of protecting the population and territories from natural and man-made emergency situations and civil

- defense, as well as citizens, with which special formations of bodies and units for emergency situations are completed on mobilization]: Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, May 23, 2013, No. 413. *ETALON. Zakonodatel'stvo Respubliki Belarus' (Electronic resource)*. National Center for Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. (rus)
6. Bulatov S.A. Perspektivy ispol'zovaniya simulyatsionnykh tsentrov dlya kompetentnostnogo podkhoda v podgotovke spetsialistov dlya prakticheskogo zdravookhraneniya [Prospects for using simulation centers for a competence approach in training specialists for practical health care] *Virtual'nye tekhnologii v meditsine*, 2013. No. 1 (9). Pp. 10–11.
  7. *Proektirovanie virtual'nykh trenazherov* [Designing virtual simulators], available at <http://ckto.narod.ru/stvirtr.htm> (accessed : December 14, 2016). (rus)
  8. Gribova V.V. and others. Proekt IACPaaS – razvivaemyy kompleks dlya razrabotki, upravleniya i ispol'zovaniya intellektual'nykh sistem [The IACPaaS project is a developing complex for the development, management and use of intelligent systems]. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy*, 2011. No. 10. Pp. 41–48. (rus)
  9. Gribova V.V., Petryaeva M.V., Fedorishchev L.A. Razrabotka virtual'nogo mira meditsinskogo komp'yuternogo obuchayushchego trenazhera [The development of the virtual world of a medical computer training simulator]. *Distantionnoe i virtual'noe obuchenie*, 2011. No. 9. Pp. 31–39. (rus)

УДК 316.6

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕРЖЕННОСТИ НЕГАТИВНОМУ ИНФОРМАЦИОННО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Голубева С.А.

Проведено экспериментальное исследование подверженности негативному информационно-психологическому воздействию курсантов военных факультетов гражданских учреждений высшего образования на примере военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации». В качестве индикатора подверженности негативному информационно-психологическому воздействию рассматривалась самооценка составляющих психологической готовности курсантов к выполнению задач по предназначению. Выявлено, что на степень подверженности негативному информационно-психологическому воздействию курсантов военных факультетов гражданских учреждений высшего образования влияют следующие факторы: нервно-психическая устойчивость; адаптационные способности; используемые стили психологического совладания (копинга); мотивы поступления на военный факультет; ценности и ценностные ориентации.

*Ключевые слова:* информационно-психологическое воздействие, манипулирование, средства массовой коммуникации, копинг-стратегии, копинг-ресурсы, опрос мнений, факторный анализ, подверженность воздействию, самооценка готовности.

(Поступила в редакцию 21 декабря 2017 г.)

**Введение.** Стремительное развитие и широкое распространение информационных технологий и средств массовой коммуникации обеспечили предпосылки и большие возможности для активного создания и развития технологий информационно-психологического воздействия (ИПВ), позволяющего, в том числе, манипулировать людьми [1–5]. В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575, в статье 27 отмечено, что одной из основных потенциальных либо реально существующих угроз национальной безопасности является деструктивное информационное воздействие на личность, общество и государственные институты, наносящее ущерб национальным интересам [6]. Важной составляющей деструктивного информационного воздействия является негативное ИПВ [5]. Таким образом, в настоящее время особой актуальностью характеризуются исследования, направленные на снижение последствий негативного ИПВ на личность и группу.

На базе учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации» (далее – УО «БГАА») было проведено исследование ИПВ, направленное на выявление и изучение факторов, влияющих на степень подверженности ИПВ, и оценку его последствий. В качестве экспериментальной группы при проведении исследований были выбраны курсанты военного факультета в УО «БГАА» (далее – курсанты).

Исследование включало следующие этапы:

1. Определение репрезентативной социальной группы, изучение ее особенностей, выявление возможных источников и направлений негативного ИПВ.
2. Проведение экспериментального исследования с целью оценки последствий негативного ИПВ.
3. Анализ полученных результатов.

**Определение репрезентативной социальной группы, выявление возможных источников и направлений негативного информационно-психологического воздействия.** Известно, что для курсантов военных учреждений образования негативным ИПВ является сознательно инициируемое влияние (внушение), провоцирующее личностную и социальную напряженность, снижение степени организованности, искажение нравственных критериев и норм, влекущее снижение морально-психологического состояния личного состава, что ведет к ухудшению результатов их служебно-боевой и учебной деятельности [7].

С целью выявления особенностей (определение возможных источников и направлений негативного ИПВ) заданной социальной группы с декабря 2015 по январь 2016 года было проведено их изучение. Исследовались курсанты мужского пола с первого по пятый курс в количестве 100 человек. Средний возраст испытуемых составил 19 лет (от 17 до 25 лет). Опросы на всех этапах исследования являлись анонимными, при этом каждый

участник использовал свой индивидуальный шифр. Исследование показало, что важной особенностью обучения испытуемых курсантов является то, что многие из них обучаются в смешанных группах совместно с курсантами факультета гражданской авиации. Для выявления возможных источников, направлений и последствий негативного ИПВ был проведен опрос мнений, позволивший получить следующие основные результаты:

1. Значительная часть опрошенных (21 %) считает свою группу несплоченной.
2. Большинство опрашиваемых (95 %) зарегистрировано в социальных сетях.
3. Наиболее популярными способами проведения свободного времени является игра в компьютерные игры, чтение газет и журналов, общение в социальных сетях, чтение (просмотр) новостных сайтов в интернете.
4. Большая часть (89 %) опрошенных курсантов интересуется политическими и экономическими новостями.
5. Самыми популярными источниками, из которых опрашиваемые узнают о событиях в мире, является интернет (82 %), текущее информирование в подразделении (59 %), газеты и журналы (29 %).
6. Чаще всего обмен мнениями и оценками происходит в местах проживания (57 %) и учебных группах (47 %). Однозначного ответа на вопрос о том, кто формирует общественное мнение в подразделении, получено не было, что свидетельствует о стихийности формирования мнений и настроений среди курсантов.
7. В ходе опроса, курсантам было предложено выбрать виды ИПВ, которые они относят к негативным. Опрошенными были выбраны как сообщения, содержащие информацию негативного характера, так и сообщения, которые передаются с использованием средств, технологий, оказывающих негативное воздействие. К сообщениям, содержащим информацию негативного характера, опрашиваемыми отнесены: сведения, влияющие на репутацию и авторитет курсантов, информация о гибели людей, войнах, терактах, касающиеся материального благополучия, дестабилизирующие общество. В качестве последствий негативного ИПВ чаще всего указывались: испорченное настроение, разочарование, раздражение, злость, потеря доверия к СМИ, стресс и тревога.

На основе анализа литературы по негативному ИПВ и полученных результатов опроса были сформулированы *гипотезы* о том, что следующие факторы оказывают влияние на степень подверженности курсантов негативному ИПВ: нервно-психическая устойчивость; адаптационные способности; используемые стили психологического совладания (копинга); межличностные отношения между курсантами; уровень группового делового и эмоционального единства; степени совпадения позиций и оценок курсантов по отношению к целям совместной деятельности и ценностям.

**Методики исследования.** Оценка нервно-психической устойчивости и адаптационных способностей производилась при помощи многоуровневого личностного опросника «Адаптивность» (МЛО-АМ) А.Г. Маклакова и С.В. Чермянина, принятого в качестве стандартизированной методики и рекомендуемого к использованию для решения задач профессионального психологического отбора, психологического сопровождения учебной и профессиональной деятельности [8].

Диагностика стилей психологического совладания (копинга) курсантов производилась при помощи опросника Юношеская копинг-шкала (ЮКШ), адаптированного Т.Л. Крюковой [9]. Основными достоинствами используемой методики ЮКШ являются [10]: высокая функциональная диагностическая ценность за счет идентификации наибольшего количество копинг-стратегий, объединенных в шкалы, в сравнении с другими методиками; возможность создания индивидуального и/или группового профиля совладающего поведения.

Для оценки уровня межличностного взаимодействия между курсантами и уровня их группового делового и эмоционального единства использовалась методика диагностики межличностных и межгрупповых отношений «Социометрия» Дж. Морено, позволяющая изучать типологию социального поведения людей в условиях групповой деятельности и оценивать социально-психологическую совместимость членов конкретных групп.

Изучение уровня группового делового и эмоционального единства, а также степени совпадения позиций и оценок курсантов по отношению к целям совместной деятельности и ценностям производилось по методике «Ценностные ориентации и единство» (ЦОЕ) М. Рокича, адаптированной В.А. Ядовым и др. [11].

Исследования с использованием выбранных методик позволили получить следующие основные результаты:

1. Уровень нервно-психической устойчивости у 85 % курсантов средний или выше среднего (согласно результатам, полученным по методике МЛЮ-АМ), при этом 90 % курсантов входят в группу высокой и нормальной адаптации.

2. Проведенные результаты исследования стилей психологического совладания (копинга) у курсантов, полученные по методике ЮКШ, позволяют говорить о том, что в стрессовой ситуации курсанты используют как продуктивные, так и непродуктивные копинг-стратегии.

3. Высокий и средний уровень нервно-психической устойчивости, адаптивности, использование большинством курсантов продуктивных копинг-стратегий позволяет предположить, что испытуемые легко справятся с последствиями разового кратковременного негативного ИПВ.

4. По результатам социометрии выявлено, что межличностные взаимодействия между курсантами неустойчивы, а уровень группового делового и эмоционального единства в ротах низкий. Таким коллективам свойственны: низкая деловая устремленность и несогласованность мнений и решений, что может стать одними из причин высокой степени подверженности негативному ИПВ.

5. По результатам исследования ценностно-ориентационного единства в коллективе курсантов по методике ЦОЕ был получен низкий коэффициент взаимной корреляции по тесту Кендала (у более 70 % исследуемых коэффициент корреляции менее 0,5;  $p < 0,02$ ), что свидетельствует о низкой степени совпадения позиций и оценок курсантов по отношению к целям совместной деятельности и ценностям, наиболее значимым для группы в целом, что согласуется с результатами социометрии и опроса. Самым важным для большинства испытуемых (62 %) является здоровье. Далее следуют ценности, связанные с потребностью в любви и привязанности по Маслоу [12]: любовь (духовная и физическая близость с любимым человеком), счастливая семейная жизнь, наличие хороших и верных друзей. После чего по степени значимости следует желание быть материально обеспеченным человеком, не иметь материальных затруднений, жить с комфортом (более половины курсантов (52 %) присвоили этой ценности со 2-го по 6-е место). Большинство курсантов наиболее важными для себя считают развитие (наличие) таких качеств, как воспитанность (хорошие манеры, вежливость), ответственность (чувство долга, умение держать слово), образованность (широта знаний, высокая общая культура).

Результаты проведенного исследования по методике ЦОЕ в целом согласуются с материалами социологических исследований среди молодежи Республики Беларусь, проведенных Информационно-аналитическим центром при Администрации Президента Республики Беларусь (на момент исследования) [13]. Согласно этим данным наибольшей ценностью для молодежи является хорошая семья, уважение людей (в среднем по 93,5 % ответов), а также крепкое здоровье (88 %) [13].

С целью проверки сформулированных гипотез о возможных факторах, оказывающих влияние на степень подверженности негативному ИПВ, и оценки последствий негативного ИПВ были проведены экспериментальные исследования.

При подготовке экспериментального исследования использовались результаты первого этапа исследования, которые позволили предположить, что по степени личной значимости и вовлеченности большинство курсантов заинтересует информация, связанная с военной службой: новости, касающиеся военно-политической обстановки в соседних государствах, социальных льгот и гарантий, денежного довольствия, дальнейших перспектив службы. Негативное воздействие может оказать сообщение, связанное с гибелью людей, войнами, терактами, затрагивающее репутацию и авторитет курсанта, его друзей, подразделения, военнослужащих в целом и направленное на дестабилизацию общества. Обсуждаться оно, скорее всего, начнет в местах проживания либо в учебных группах, в зависимости от времени проведения эксперимента. Потом, в зависимости от значимости для личности и оценки окружающих, либо забудется, либо продолжится обсуждение с друзьями и близкими и приведет к поиску информации с помощью различных ресурсов, что, возможно, приведет к изменению взглядов, суждений и установок, а также может стать причиной появления сомнений, неуверенности, тревожности, страхов, появления пессимистичных настроений, расстройства адаптации и т. д.

**Результаты экспериментального исследования с целью оценки последствий негативного информационно-психологического воздействия и их анализ.** При проведении экспериментального исследования подверженности негативному ИПВ курсантов во-

енных факультетов гражданских учреждений высшего образования в качестве зависимой переменной был выбран уровень самооценки психологической готовности курсантов к участию в вооруженных конфликтах.

В соответствии с данными, полученными на предыдущем этапе исследования, было сформировано информационное сообщения и оказано негативное ИПВ, целью которого являлось снижение уровня психологической готовности курсантов к участию в вооруженных конфликтах. В качестве негативного ИПВ были продемонстрированы три видеофильма (независимая переменная) о недавних трагических событиях в Чечне и Украине, содержащие сцены насилия и его последствий во время проведения боевых действий, с участием военнослужащих. При подготовке сообщения учитывались: актуальность, эффектность, личностная вовлеченность и значимость информации для объекта воздействия.

Перед оказанием негативного ИПВ было проведено информирование о том, что такое психологическая готовность к участию в вооруженных конфликтах, и о ее основных составляющих. После этого респондентам было предложено ответить на ряд вопросов, в том числе оценить составляющие своей психологической готовности к участию в вооруженных конфликтах (по десятибалльной шкале). Опрос проводился трижды – до просмотра вместе с рядом дополнительных вопросов, а также сразу после просмотра видеофильмов и на следующий день. Рассматривались такие составляющие психологической готовности к участию в вооруженных конфликтах [7]: уровень мотивационной готовности, уровень ориентационной готовности, уровень владения оружием, уровень операциональной готовности, уровень волевой готовности курсантов к выполнению задач по предназначению в военное время.

По результатам проведенного экспериментального исследования получены следующие основные результаты:

1. Для курсантов всех курсов наблюдалось снижение уровня самооценки психологической готовности к выполнению задач по предназначению в военное время после оказания негативного ИПВ (рисунок 1). В среднем уровень самооценки психологической готовности снизился на 20,2 % (с 7,9 до 6,3;  $p < 0,01$ ).

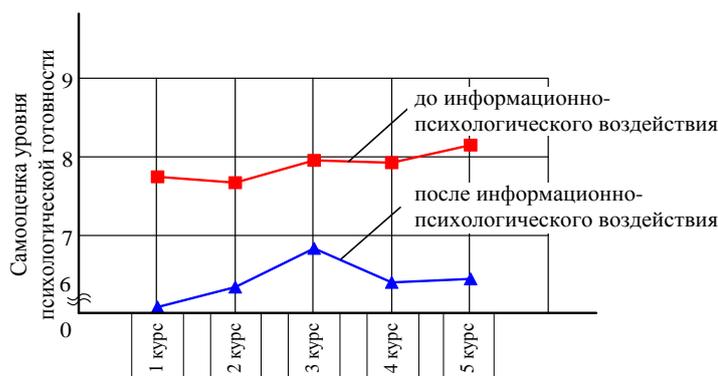


Рисунок 1. – Самооценка значения общего уровня психологической готовности курсантов до и после информационно-психологического воздействия в зависимости от курса

2. По результатам исследований курсанты были разделены на три основные группы (рисунок 2а): группа со снижением уровня самооценки психологической готовности (62 % от общего числа испытуемых); группа с сохранением уровня самооценки психологической готовности (25 % от общего числа испытуемых); группа с повышением уровня самооценки психологической готовности (13 % от общего числа испытуемых).

Как видно из рисунка 2а, для группы со снижением уровня самооценки психологической готовности характерно меньшее (в сравнении с остальными) значение остальных составляющих готовности. Меньшее значение составляющих психологической готовности к участию в вооруженных конфликтах характерно для курсантов, которые (см. рисунок 2б–2е): не думали, что, возможно, придется участвовать в вооруженных конфликтах (67 % от общего числа испытуемых); сожалеют, что решили стать офицером (13 % от общего числа испытуемых); при выборе профессии военнослужащего руководствовались в первую очередь корыстными мотивами (17 % от общего числа испытуемых); решили стать офицерами не по своей воле (15 % от общего числа испытуемых); при выборе профессии руководствовались патриотическими соображениями (55 % от общего числа испытуемых).

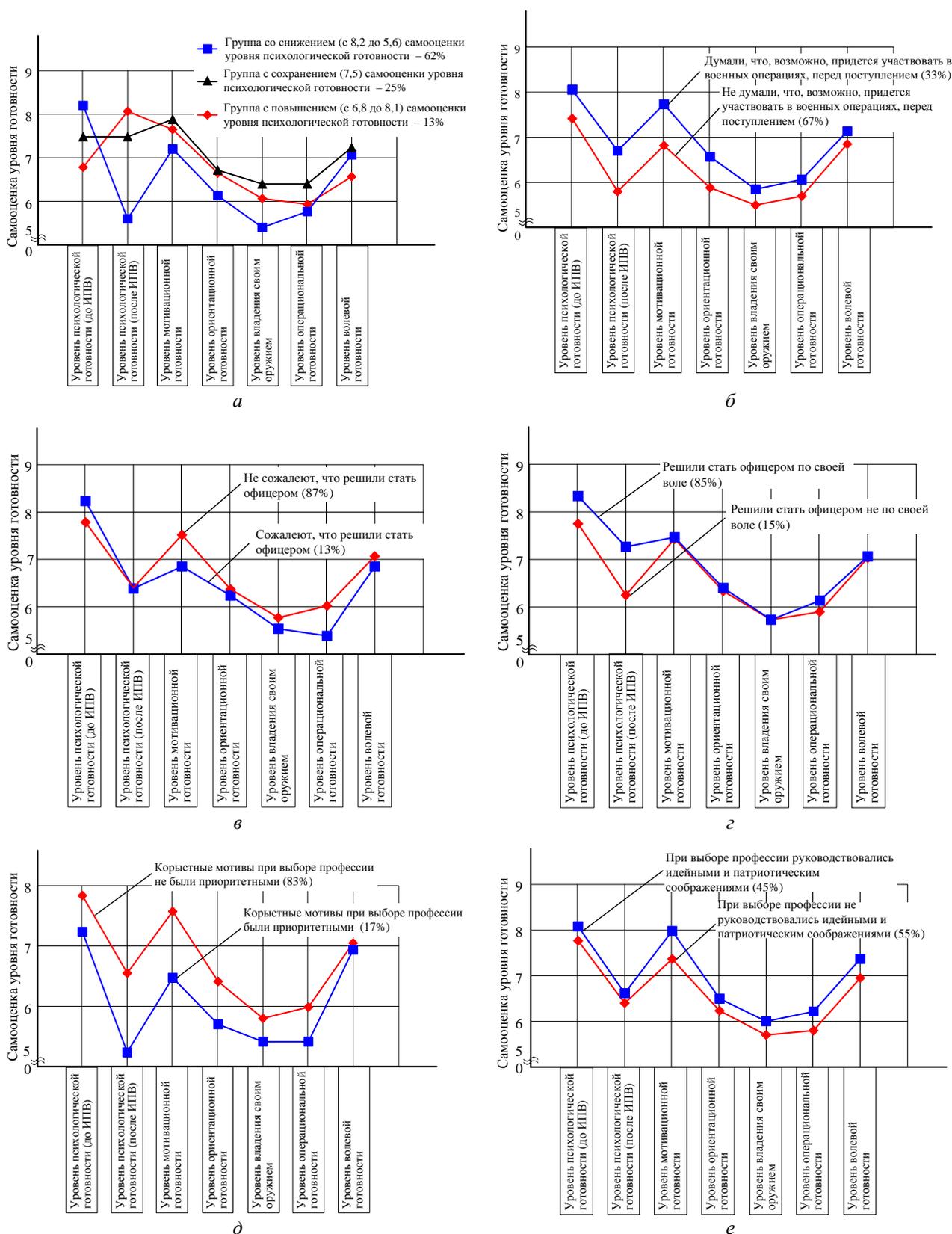


Рисунок 2. – Самооценка составляющих готовности курсантов к участию в вооруженных конфликтах в зависимости от ответов в ходе опроса

3. Курсанты, относящиеся группе с низким или ниже среднего уровнем нервно-психической устойчивости, характеризовались снижением уровня самооценки своей психологической готовности и имели, по сравнению с курсантами с высоким и выше среднего уровнем нервно-психической устойчивости, меньшее значение самооценки составляющих готовности к участию в вооруженных конфликтах (рисунок 3а). Подобный эффект наблю-

дался для курсантов с низкой и удовлетворительной адаптацией по сравнению с курсантами с высокой и нормальной адаптацией (рисунок 3б), а также для курсантов, использующих непродуктивные и социальные копинг-стратегии, по сравнению с курсантами, использующими продуктивные копинг стратегии (рисунок 3в).

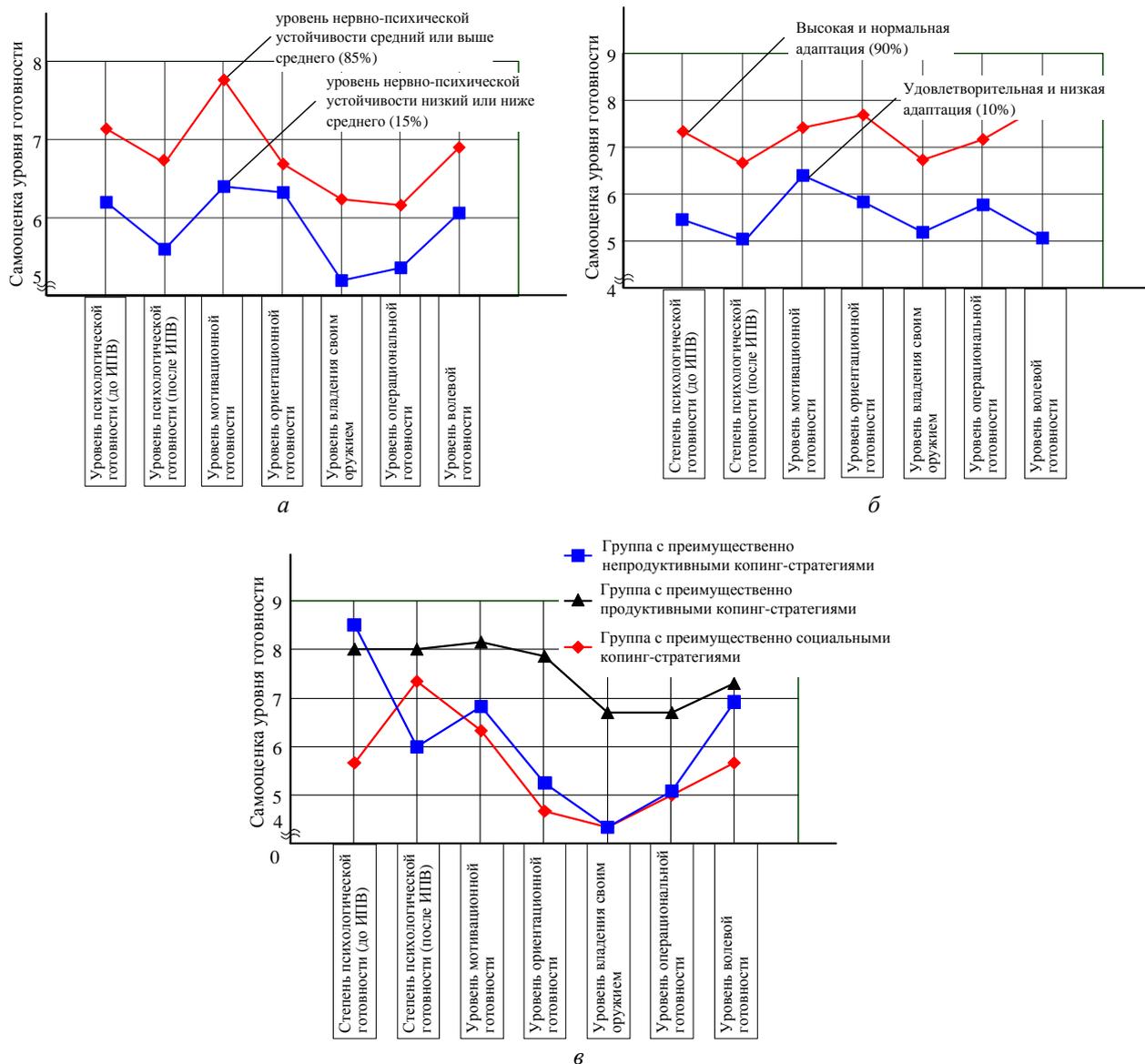


Рисунок 3. – Самооценка составляющих готовности курсантов к участию в вооруженных конфликтах в зависимости от: а – уровня нервно-психической устойчивости; б – адаптационных способностей; в – используемых стилей психологического совладания (копинга)

4. Так как для всех курсов характерны неустойчивые межличностные взаимодействия и низкий уровень группового делового и эмоционального единства, то возможность проверки гипотезы о влиянии сплоченности на подверженность курсантов негативному ИПВ в условиях проведения экспериментальных исследований не представляется возможным.

5. По результатам повторного исследования, проведенного на следующий день, отмечено дальнейшее снижение степени психологической готовности на 19% (с 6,3 до 5,1 при  $p < 0,01$ ). Полученный результат согласуется с результатами первого этапа исследований и подтверждает гипотезу о том, что негативное ИПВ активно обсуждалось в местах проживания и учебных группах курсантов, что способствовало повышению его эффективности.

**Выводы.** Таким образом, по результатам экспериментального исследования выбранной формальной социальной группы подтверждены гипотезы о влиянии следующих факторов на степень подверженности курсантов негативному ИПВ: нервно-психической устойчивости; адаптационных способностей; используемых стилей психологического со-

владения (копинга); мотивов поступления на военный факультет; ценностей и ценностных ориентаций. Влияние уровня межличностных взаимодействий между курсантами и уровня группового делового и эмоционального единства на степень подверженности негативному ИПВ не подтверждено, однако их низкий уровень, возможно, стал одной из причин дальнейшего снижения степени психологической готовности на следующий день после оказания негативного ИПВ в ходе экспериментальных исследований.

Полученные результаты исследований обосновывают необходимость формирования и развития системы психологической защиты у курсантов от негативного ИПВ на социально-групповом и индивидуально-личностном уровне, включающей:

- совершенствование системы профессионального психологического отбора;
- развитие чувства патриотизма, готовности защищать свою Родину, осознание важности профессии военнослужащего, стремления быть примером для окружающих и развития чувства гордости за свою профессию как личностных ценностей;
- формирование дружного сплоченного коллектива, основными ценностями которого будут взаимопомощь и взаимоподдержка, а также внимательное отношение друг к другу;
- стимулирование командирами подразделений здоровых мнений, настроений, реакций и состояний коллектива курсантов, формирование положительной направленности, устойчивых положительных установок и ценностей;
- своевременное выявление лиц с ярко выраженной отрицательной мотивацией и другими неблагоприятными личностными чертами характера;
- всесторонняя технологизация процесса психологического воздействия со стороны военных психологов и специалистов по идеологической работе, внедрение инновационных технологий в этой области деятельности [14, 15, 16];
- разработка и применение интерактивных порталов для мониторинга СМИ, блогосферы и социальных сетей с целью выявления возможных источников негативного информационно-психологического воздействия [16];
- обучение курсантов инновационным психотехнологиям противодействия манипуляциям на сознательном и бессознательном уровнях [17];
- развитие продуктивных копинг-стратегий (совладание со стрессовыми ситуациями) у курсантов [18].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Янчук, В.А. Введение в современную социальную психологию: Учебное пособие для вузов / В.А. Янчук. – Минск: АСАР, 2005. – 800 с.
2. Кабаченко, Т.С. Методы психологического воздействия: Учебное пособие / Т.С. Кабаченко. – М.: Педагогическое об-во России, 2000. – 544 с.
3. Цыганов, В.В. Информационное воздействие и динамика структуры личности / В.В. Цыганов // Информационные войны. – 2009. – № 3 (11). – С. 11–23.
4. Шейнов, В.П. Психологическое влияние / В.П. Шейнов. – Минск: Харвест, 2011. – 640 с.
5. Голубева, С.А. Информационно-психологическое воздействие: понятие и структура / С.А. Голубева, П.А. Хмарский // Вести БГПУ. – Серия 1. – 2017. – № 3. – С. 69–73.
6. Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь, 9 нояб. 2010 г., № 575 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 1/12080.
7. Военно-психологический словарь-справочник / под общ. ред. Ю.П. Зинченко. – М.: ИД Куприянова / Общество психологов силовых структур, 2010. – 592 с.
8. Райгородский, Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты: Учеб. пособие / Д.Я. Райгородский. – Самара: Издательский Дом «БАХРАХ-М», 2001. – 672 с.
9. Крюкова, Т.Л. Психология совладающего поведения в разные периоды жизни / Т.Л. Крюкова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Костром. гос. ун-т им. Н. А. Некрасова. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2010. – 294 с.
10. Крюкова Т.Л. О методике диагностики стилей психологического совладания (копинга) у подростков ACS (Юношеская копинг-шкала) // Психическое здоровье, социально-психологическая поддержка детей и подростков: состояние и перспективы: материалы межрегиональной конф. 23-24 апреля 2002 г., г. Кострома / Сост. Т.Л. Крюкова [и др.]. – Кострома, 2002. – С. 144–146.
11. Ларионова, С.А. Социально-психологическая адаптация личности: теоретическая модель и диагностика / С.А. Ларионова. – Белгород, 2002. – 200 с.
12. Слотина, Т.В. Психология личности: Учеб. пособие / Т.В. Слотина. – СПб.: Питер, 2016. – 304 с.

13. Республика Беларусь в зеркале социологии. Сборник материалов социологических исследований за 2014 год / Информационно-аналитический центр при Администрации Президента Республики Беларусь. – Минск, 2015. – 200 с.
14. Голубева, С.А. Результаты исследований некоторых факторов, влияющих на подверженность курсантов негативному информационно-психологическому воздействию / С.А. Голубева, П.А. Хмарский // Технологии информатизации и управления: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, Беларусь, 14–15 апреля 2016 г. – Гродно, 2016. – 7 с.
15. Голубева, С.А. Правовые и методологические аспекты применения специального программного обеспечения для своевременного предупреждения негативного информационно-психологического воздействия, осуществляемого в социальных сетях / С.А. Голубева, П.А. Хмарский // Теоретические и прикладные аспекты информационной безопасности: тезисы докладов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 31 марта 2016 года. – Минск, 2016. – 2 с.
16. Голубева, С.А. Программное обеспечение для своевременного выявления негативного информационно-психологического воздействия, осуществляемого в социальных сетях / С.А. Голубева, П.А. Хмарский // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1. – № 2. – С. 232–237.
17. Зелинский, С.А. Информационно-психологическое воздействие на массовое сознание. Средства массовой коммуникации, информации и пропаганды – как проводник манипулятивных методик воздействия на подсознание и моделирования поступков индивида и масс / С.А. Зелинский. – СПб.: СКИФИЯ, 2008. – 407 с.
18. Голубева, С.А. Актуальность исследования копинг-стратегий военнослужащих в условиях деструктивного информационно-психологического воздействия / С.А. Голубева // Социально-психологические аспекты обеспечения национальной безопасности: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3–4 декабря 2015 года. – Минск, 2015. – С. 112-114.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE SUSCEPTIBILITY TO THE NEGATIVE INFORMATION-PSYCHOLOGICAL IMPACT

Svetlana Golubeva

Establishment of education «Belarusian State Aviation Academy», Minsk, Belarus

*Purpose.* To identify and study the factors influencing the degree of exposure to negative information and psychological effects and the evaluation of its consequences.

*Methods.* Opinion polls; a multi-level personal questionnaire «Adaptability» by A.G. Maklakov and S.V. Chermyanin; Youthful copy-scale (YuKSH), adapted by TL. Kriukovoy; sociometry by J. Moreno; method «Value Orientations and Unity» by M. Rokich, adapted by V.A. Yadov. As an indicator of exposure to negative information and psychological effects, self-assessment of the components of the students' psychological readiness for performing tasks according to their intended purpose was considered.

*Findings.* An experimental study of the susceptibility to negative psychological influence on military cadets of civilian higher education institutions on the example of the military faculty in the educational institution «Belarusian State Aviation Academy» was conducted.

*Application field of research.* Psychological investigation.

*Conclusions.* It was revealed that the following factors influence the degree of susceptibility to negative information-psychological impact of cadets of military faculties of civil institutions of higher education: neuropsychic stability; adaptive abilities; used styles of psychological coping; motives for entering the military faculty; values and value orientations

*Keywords:* information and psychological impact, manipulation, communication media, coping strategies, coping resources, opinion polling, factor analysis, susceptibility to influence, readiness self-assessment.

(The date of submitting: December 21, 2017)

### REFERENCES

1. Yanchuk V.A. *Vvedenie v sovremennuyu sotsial'nuyu psikhologiyu. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Introduction to modern social psychology. Textbook for high schools]. Minsk: ASAR, 2005. 800 p. (rus)
2. Kabachenko T.S. *Metody psikhologicheskogo vozdeystviya: Uchebnoe posobie* [Methods of psychological impact: Textbook] Moscow: Pedagogicheskoe obshchestvo Rossii. 2000. 544 p. (rus)
3. Tsyganov V.V. *Informatsionnoe vozdeystvie i dinamika struktury lichnosti* [Information impact and dynamics of the personality structure]. *Informatsionnye voyny*. 2009. No. 3 (11). Pp. 11–23. (rus)
4. Sheynov V.P. *Psikhologicheskoe vliyaniye* [Psychological influence] Minsk: Kharvest, 2011. 640 p. (rus)
5. Golubeva S.A., Khmarskiy P.A. *Informatsionno-psikhologicheskoe vozdeystvie: ponyatie i struktura* [Information-psychological impact: concept and structure]. *Vesti BGPU, Series 1*. 2017. No. 3. Pp. 69–73. (rus)
6. *Ob utverzhdenii Kontseptsii natsional'noy bezopasnosti Respubliki Belarus'* [On approval of the National Security Concept of the Republic of Belarus]: Decree of the President of the Republic of Belarus, November 9, 2010, No. 575. *National Center for Legal Information of the Republic of Belarus*. 2010. No. 1/12080. (rus)
7. *Voenno-psikhologicheskii slovar'-spravochnik* [Military psychological dictionary-reference]: under the general editorship Yu.P. Zinchenko. Moscow: Obshchestvo psikhologov silovykh struktur, 2010. 592 p. (rus)
8. Raygorodskiy D.Ya. *Prakticheskaya psikhodiagnostika. Metodiki i testy. Uchebnoe posobie* [Practical psychodiagnosics. Methods and tests. Tutorial] Samara: Publishing House «BAKhRAKh-M». 2001. 672 p. (rus)
9. Kryukova T.L. *Psikhologiya sovladayushchego povedeniya v raznye periody zhizni* [Psychology of coping behavior in different periods of life]: Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Nekrasov Kostroma State University. Kostroma: KGU im. N.A. Nekrosova, 2010. 294 p. (rus)
10. Kryukova T.L. i dr. *O metodike diagnostiki stiley psikhologicheskogo sovladaniya (kopinga) u podrostkov ACS (Yunosheskaya koping-shkala)* [On the method of diagnosing the styles of psychological coping (coping) in adolescents ACS (Youth Copy-Scale)]. *Proc. Interregional Conf. «Psikhicheskoe zdorov'e sotsial'no-psikhologicheskaya podderzhka detey i podrostkov: sostoyanie i perspektivy»*, Kostroma, April 23–24, 2002. Kostroma. 2002. Pp. 144–146. (rus)
11. Larionova S.A. *Sotsial'no-psikhologicheskaya adaptatsiya lichnosti: teoreticheskaya model' i diagnostika* [Socio-psychological adaptation of personality: theoretical model and diagnostics]. Belgorod, 2002. 200 p. (rus)

12. Slotina T.V. *Psikhologiya lichnosti: Uchebnoe posobie* [Personality Psychology: A Tutorial]– St. Piterburg: Piter, 2016. 304 p. (rus)
13. *Respublika Belarus' v zerkale sotsiologii. Sbornik materialov sotsiologicheskikh issledovaniy za 2014 god* [The Republic of Belarus in the mirror of sociology. Collected materials of sociological research for 2014]. Information and Analytical Center under the Administration of the President of the Republic of Belarus. Minsk. 2015. 200 p. (rus)
14. Khmarskiy P.A., Golubeva S.A. Rezul'taty issledovaniy nekotorykh faktorov, vliyayushchikh na podverzhennost' kursantov negativnomu informatsionno-psikhologicheskomu vozdeystviyu [The results of research on some factors that affect the cadets' exposure to negative information and psychological effects]. Proc. *Intern. scientific-practical. Conf. «Tekhnologii informatizatsii i upravleniya», Grodno, Belarus, April 14–15, 2016*. Grodno, 2016. 7 p. (rus)
15. Golubeva S.A., Khmarskiy P.A. Pravovye i metodologicheskie aspekty primeneniya spetsial'nogo programmnoho obespecheniya dlya svoevremennogo preduprezhdeniya negativnogo informatsionno-psikhologicheskogo vozdeystviya, osushchestvlyаемого v sotsial'nykh setyakh [Legal and methodological aspects of the use of special software for the timely prevention of negative information and psychological impact carried out in social networks]. Proc. *Intern. scientific-practical. Conf. «Teoreticheskie i prikladnye aspekty informatsionnoy bezopasnosti», Minsk, March 31, 2016*. Minsk, 2016. 2 p. (rus)
16. Golubeva S.A., Khmarskiy P.A. Programmnoe obespechenie dlya svoevremennogo vyyavleniya negativnogo informatsionno-psikhologicheskogo vozdeystviya, osushchestvlyаемого v sotsial'nykh setyakh [Software for timely detection of negative information and psychological impact carried out in social networks]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2017. Vol. 1. No. 2. Pp. 232-237. (rus)
17. Zelinskiy S.A. *Informatsionno-psikhologicheskoe vozdeystvie na massovoe soznanie. Sredstva massovoy kommunikatsii, informatsii i propagandy – kak provodnik manipulyativnykh metodik vozdeystviya na podsoznanie i modelirovaniya postupkov individa i mass* [Information and psychological impact on mass consciousness. Mass communication, information and propaganda – as a conductor of manipulative methods of influencing the subconscious and modeling the actions of the individual and the masses]. – St. Petersburg: SKIFIYA. 2008. 407 p. (rus)
18. Golubeva S.A. Aktual'nost' issledovaniya koping-strategiy voennosluzhashchikh v usloviyakh destruktivnogo informatsionno-psikhologicheskogo vozdeystviya [The urgency of the study of coping strategies of servicemen in conditions of destructive information-psychological impact]. Proc. *Intern. scientific-practical. Conf. «Sotsial'no-psikhologicheskie aspekty obespecheniya natsional'noy bezopasnosti», December 3-4, 2015*. Minsk, 2015. Pp. 112–114. (rus)

УДК 159.9:908

**ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ:  
СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ И ИСТОРИЧЕСКИЙ ЭКСКУРС****Герасимчик А.П., Богданович А.Б., Карпиевич В.А., Сергеев В.Н.**

Рассмотрены социально-психологический, культурный и исторический аспекты такого феномена общественной жизни как культура безопасности жизнедеятельности. Предпринята попытка проследить эволюцию социокультурных практик, направленных на осмысление и снижение рисков и угроз, связанных с чрезвычайными ситуациями. Обозначены уровни культуры безопасности, выявлены отличия формирования и функционирования каждого из них. На историческом и этнографическом материале проиллюстрированы особенности восприятия опасности и способы ее снижения.

*Ключевые слова:* культура безопасности жизнедеятельности, психология безопасности, социокультурные практики, прагматическое мышление, рационализация рисков, социализация, коллективные представления.

(Поступила в редакцию 26 декабря 2017 г.)

**Введение.** Термин «культура» является одним из наиболее употребляемых во всех отраслях современного знания. Концептуальное наполнение сотен имеющихся его определений напрямую зависит от решаемых при их помощи исследовательских или практических задач. Именно практическая целесообразность привела к появлению актуального в последнее десятилетие понятия «культура безопасности жизнедеятельности». Формирование таковой является одной из приоритетных задач государства и, в частности, деятельности Министерства по чрезвычайным ситуациям. В связи с этим целесообразно еще раз обозначить, какой исторический, социокультурный, социально-психологический и, шире, смысловой контекст за ним стоит – несмотря на «молодость» термина, явления, которые он описывает, на протяжении веков являлись органической частью жизни общества.

**К вопросу объема понятия.** Содержательно «культура безопасности жизнедеятельности» является расширенным производным от категории «культура безопасности», разработанного структурами Организации Объединенных Наций по результатам анализа причин аварии на ЧАЭС. Согласно глоссарию МАГАТЭ культура безопасности – «набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам защиты и безопасности, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью» [1, с. 5].

Подчеркнуто «деятельностный» акцент в определении способствовал своеобразному переносу заданного в нем понимания в иные сферы человеческого бытия – активность, направленная на обеспечение личной и общественной безопасности, характерна для всех областей жизни. Так оформился концепт «культура безопасности жизнедеятельности», среди наиболее распространенных трактовок которого, например, следующие: это «состояние общественной организации человека, обеспечивающее определенный уровень его безопасности в процессе жизнедеятельности» [2, с. 83]; «составная часть общей культуры, характеризующая уровень подготовки в области безопасности жизнедеятельности и осознанную потребность в соблюдении норм и правил безопасного поведения» [3] и т. д. Все приведенные дефиниции можно отнести к числу т.н. нормативных определений культуры [4, с. 50–53], связывающих ее становление и динамику с выработкой *регулятивов* (социальных норм), фокусирующих направления социальной активности, мировоззрение, модель, стиль и образ жизни ее носителей. Подобная детерминация всех перечисленных сфер подразумевает опору на *ценности* (например, обязанность, ответственность и др. [5, с. 6]), лежащие в основе нормативных установлений.

Именно в этой связи культура безопасности обладает рядом характерных черт, которые ниже следует вкратце обозначить, снабдив некоторыми отсылками к историко-социальному контексту.

**Психология и культура безопасности жизнедеятельности как способ объективации потребности в безопасности.** Если на уровне индивида следование нормам есть способ «опредметить» врожденную потребность в безопасности, то в разрезе социального речь идет скорее о способах минимизации рисков, направленных на обеспечение выживаемости сообщества в целом (в терминологии А.С. Ахиезера [6]).

В любом случае наличие и персонального, и коллективного стремления к безопасности может выступать в качестве исследовательской аксиомы: избегание боли, смерти, ущерба является одним из базовых компонентов психической деятельности. В этой связи можно предположить, что если какая-либо сфера индивидуальной либо коллективной жизни не содержит способов обеспечения безопасности, то индивид или группа в принципе опасности «не видят». Во всех остальных случаях методы защиты и смягчения угрозы есть, но их содержательное наполнение зависит от способов интерпретации и репрезентации опасности субъектом либо сообществом (даже если с точки зрения современной рациональности они не имеют смысла, либо не распознаются в качестве таковых).

*Индивидуальный* уровень «культуры безопасности» можно описать через набор личных житейских практик, при помощи которых индивид прогнозирует угрозы, описывает их (для себя), «ведет себя» по отношению к ним. Речь идет о деятельности, не выходящей, как правило, за рамки персонального жизненного мира, и в этом смысле следование нормам с одной стороны, не доставляет человеку особых хлопот, а с другой – может быть объяснено им через призму личностной значимости (конечная цель – «я в безопасности»).

На втором, *общественно-бытовом уровне*, уровне сообществ, люди стали не только осознавать необходимость соблюдения определенных правил, но и вырабатывать способы (максимально точной) трансляции накопленного опыта последующим поколениям. В этот же период стали возникать первые социальные запреты и правила, касающиеся того, как вести себя со стихиями, и чего делать нельзя. Усвоенные в рамках социализации правила и ритуалы поведения стали частью коллективной жизни, они содержали в себе социальный опыт поколений и способствовали своеобразной рефлексии опасностей и угроз (посредством механизма осознания через запрет), освобождению социальных сообществ от «проб и ошибок» предшественников. Именно на этом уровне люди стали сознавать коллективную потребность в безопасной жизнедеятельности (конечная цель – «мы в безопасности»), а передаваемые знания в связи с этим наделялись особой ценностью (как гаранты снижения риска). Если в ходе социализации эта ценность подчеркивалась особо, то следование нормам не доставляло человеку особых хлопот – членство в сообществе фактически увязывалось с унификацией поведения и мировоззрения («я действую как все»). Весь вопрос заключался и заключается в том, в каких сферах жизни индивиду оставляется та или иная степень свободы, а что является обязательным и подвергается социальному контролю. Здесь же особую роль начинает играть институт религии. Задача мифологических и религиозных систем состояла помимо прочего в том, чтобы посредством мистифицированного описания мира объяснять людям те или иные явления и запрещать действия, которые могут нанести вред обществу.

*Социально-правовой уровень* складывается в период зарождения государственности. На данном уровне нормы и правила общественной жизни получают окончательное социальное признание и формулируются в виде правовых актов. С развитием государства эти нормы становятся обязательными, за их несоблюдение следует наказание. Причем с точки зрения и отдельного человека, и сообщества, в которое он непосредственно входил, подобные предписания выглядели привнесенными извне, из-за рамок (его и ближайшего окружения) жизненного мира. Степень «инородности» формируемых таким образом регулятивов зависела от персонального отношения и, в большей мере, от позиции сообщества, с которым человек себя идентифицировал. Это предопределяло и дальнейшую стратегию – следование нормам, игнорирование их, трактовку их содержания и т. п.

В этот период формируются и специальные институты, которые следят за соблюдением правил безопасности и привлекают нарушителей к ответственности (конечная цель – «общество в безопасности»). В таком случае речь идет о целенаправленном выделении ресурсов общества на мероприятия в области безопасности с опорой на общий интерес. Именно на этом уровне стало возможным включение борьбы с пожарами в систему *общественного разделения труда*.

По данным ряда авторов известно, что первое упоминание о работе пожарных команд относится к древнему Китаю [7, с. 11], а одни из первых специализированные подразделения по борьбе с пожарами были созданы еще в Древнем Риме, что неудивительно с учетом масштабов возможных катастроф. Сохранилось имя создателя первой профессиональной дружины – Игнатиус Руфус. Он создал отряд пожарных в 30 году до н. э. и направлял его на тушение всех пожаров в городе. А одним из первых организаторов профессиональной пожарной охраны стал император Август [8].

**Безопасность в практиках повседневности.** Социальные регулятивы индивидуального и общественно-бытового уровней в большинстве случаев их носителями не рефлексированы. Являясь частью усвоенных традиций повседневности, они определяют деятельность человека, действуя главным образом «из фона». Объяснительным принципом, характерным для подобных случаев, чаще всего является следующий: «Почему делать нужно именно так? – Потому что так принято, положено, нужно, правильно, научили и т. п.». Это в равной степени касается и технологий, и поведенческих моделей, и мировоззренческих установок. Именно такие нормативные установления являются наиболее прочными, независимо от того, какой области касаются. В полной мере это относится и к сфере безопасности.

На протяжении столетий человеческими сообществами вырабатывались традиции, выстроенные с учетом фактора безопасности как отдельного приоритета (т. е. в сущности – культура безопасности жизнедеятельности). Так, исследуя древнейшие стоянки первобытных людей, археологи обнаружили первые очаги, которые были обустроены определенным образом. Это уже не было обыкновенное кострище, а *продуманный очаг*, обложенный камнями. Несомненно, древние люди заметили способность камня при нагревании накапливать тепло и затем отдавать его. Но фактом остается и то, что выложенные по кругу камни выполняли защитную функцию: не давали огню распространиться за пределы очага, особенно когда все спали и не могли следить за огнем [9].

**Культура предотвращения: архаичный пласт.** В качестве допущения мы можем исходить из того, что в самом общем смысле предотвращение базируется на определенном способе репрезентации причинно-следственных отношений факторов, ведущих к катастрофе, и их личностной оценке.

Современное рациональное мышление основано на ретроспективном поиске причинно-следственных связей какого-либо события (например, катастрофы), которые из области неочевидного переводятся в разряд видимых: «Сталкиваясь с различными физическими силами... мы всегда полагаемся на возможно более широкое и возможно более точное знание законов природы...» [10, с. 6]. При этом критерием подбора «подходящих» причин выступает их *непротиворечивость* друг другу (иными словами – соблюдение законов логики). Причины могут считаться антропогенными (например, неосторожное обращение с огнем, ошибки), техногенными (авария, поломка), естественными (молния), при этом они могут сочетаться, но они не могут быть, например, антропогенными и природными *одновременно*. Благодаря классификации, построению причинно-следственных связей, факторы ситуации при их осмыслении «повторно вводятся» в ситуацию и могут служить основаниями для принятия решений сейчас и прогнозированию, экстраполированию на будущее.

Более архаичное понимание каузальной обусловленности события основано на феномене т.н. *пралогического мышления*. В его содержании можно выделить несколько характерных черт.

*Во-первых*, для него характерна *склонность к простым объяснениям*, установка на то, что все причинные факторы в ситуации наблюдаются сразу (скорее даже лежат на поверхности), они смежны с ним в пространстве и времени (т.н. принцип партиципации) [11, с. 364]. В ее основе лежал своеобразный эффект отторжения неочевидного, отказ от поиска для объяснения «чего-то еще», факторов, лежащих вне наблюдаемых обстоятельств (в отличие от современной рациональности). Это предполагало некую специфику осмысления природы любого процесса (например, катастрофического), чье начало положено событиями, не присутствующими в данной ситуации (предшествующими либо параллельными). Его оценка, в том числе эмоциональная, начиналась лишь в тот момент, когда факторы процесса начинали действовать на индивида непосредственно. Все объяснения в таком случае были ориентированы не на выход за пределы опыта и тем самым его обогащение, а на выявление в происходящем исключительно уже известного (редукция к известному важнее, чем «прирост» информации).

В этом смысле в основе традиционной культуры предотвращения (термин из работы В.Н. Кузнецова [12]) лежала своеобразная «прогностика», основанная на устоявшейся мифологической картине мира и построенная по принципу «если ... (действие), то ... (эффект)». Многочисленные этнографические данные позволяют выделить, например:

*использование «катастрофических» сюжетов в приметах* (генерализация частного случая): «Если пожар видишь – мороз будет» [13, с. 8], «Если буря ломает деревья или выворачивает их с корнем, тогда и люди будут очень умирать» [14, с. 66], «Хто з пожару ўкрадзе што-небудзь, та тое потым згарыць» [15, с. 134] и т. п.;

«методики» предупреждения (сдерживание масштабов катастрофы либо ее «использование на будущее»): «Во время пожара в некоторых местах выносят иконы и стоят с ними около дома, а также в предохранение от огня, бьют вербой каждый угол в доме», «Когда бывает гроза, то крестьянин выносит на двор ту скатерть, на которой лежало свящонае (пасхальные яства), а также лопату, которую сажают хлеб в печь» [16, с. 187]; «Когда услышишь первый гром, нужно покататься по земле, тогда не будешь бояться грозы, не убьет молния», «Во время грозы надо вынести во двор хлебную лопату и пасхальный убрис, тогда туча разойдется и не будет града» [14, с. 64];

*своеобразные ритуалы, сопровождающие ликвидацию:* «Над пожарами лятаюць якіясь неведомыя пташкі. Яны хватаюць у дзюбы галавешкі й раскідаюць іх на другую будоўлю. Каб іх суняць, трэба трэйко абыці пажар, гаворачы “да васкрэсне буог”», «Як загарыцца ад перуна, та тушыць трэба малаком, а не вадою, бо ад вады будзе ... гарыэй гарыць» [15, с. 134–135].

*Во-вторых,* ему свойственна особая «когнитивная обработка» ненаблюдаемых факторов: они часто переводились в разряд *сверхъестественных*, что по сути являлось поводом остановить дальнейшую рефлексию над ними и прекратить поиск дополнительных причин (т.к. сверхъестественное постижимо мало). Тем самым ненаблюдаемые факторы выводились из числа поддающихся контролю («меня не касается», «а что я могу?») и т. п.), но их можно только принимать и учитывать в своей деятельности. Существовали и представления о некоей категории людей, способных непосредственно с такими силами контактировать («посредники»), что подразумевало к ним особое отношение: «...затем находим указание на то, что чародеям повиновался огонь. Так, слуга Сапеги в деле поады Громыкиной показал, что три раскаленные угля, вылетевшие из трубы, упали: один на избу, с которой перелетел на другую избу и воткнулся в балку, а другой вблизи ворот... Вследствие чар жены Убы сгорело все три дома...» [17, с. 224].

*В-третьих,* способом сделать происходящее вокруг понятным и отчасти контролируемым, являлась склонность к *персонификации* – некие явления (например, огонь [18]) наделялись мотивацией, способностью «замышлять», интересами, эмоциями, поведенческой активностью и т. п. Благодаря этому с сверхъестественными силами возможно было вступать в своеобразные отношения, вести себя по отношению к ним, отвлекать, отпугивать и т. п. Важную роль играла вербализация своих действий и воздействий (например, на стихию) [19, с. 74]. Что важнее всего, это позволяло давать приемлемые объяснения происходящему (например, «В страшных лесных ураганах, разрушающих сотни деревьев, полешук видит чертову свадьбу» [20, с. 352]).

*В-четвертых,* важным элементом традиционного понимания была его *аффективность*. Базовой эмоцией в этом смысле несомненно являлся страх (в этом отличий от современности не существует): «Сам страх выступает в роли универсального тревожного индикатора в динамике социальных и культурных, техногенных, экологических изменений: он “сигнализирует” о возможных нежелательных последствиях при необходимости нарушить какие-либо общеизвестные правила, традиции, закономерности ради самых благих намерений» [12, с. 51].

В одной из работ Л. Леви-Брюля описывается формула («мы не верим, мы боимся»), «цементирующая» традиционное понимание многих явлений и опасностей и закрепленный ритуалом порядок действий в связи с ними: «Все наши обычаи исходят от жизни и направлены к ней (они отвечают потребностям практики). Мы не объясняем ничего, мы не верим ни во что (нет представлений, вытекающих из потребности знать и понимать) ... мы боимся... Мы не знаем, как что происходит, мы не можем сказать почему это происходит, но мы соблюдаем эти правила, чтобы уберечь себя от несчастья» [10, с. 9–10]. Причем ритуал, даже основанный на рациональных идеях, в этой связи обладает своеобразной психологической самоценностью, поскольку подчеркивает принадлежность к конкретному обществу, производящему их [21, с. 36], упрощает жизнь, стереотипизируя ее [22, с. 7], но в любом случае является способом *реагирования* (активности, «небездействия») в ответ на любые вызовы (в т.ч. катастрофические).

Наконец, подобный характер мышления и представления носил выражено коллективный характер, причем он был укоренен *во всех сферах жизни* сообществ *одновременно* – от технологий возведения жилищ до интерпретации любых наблюдаемых явлений [23]. Человек усваивал систему правил, в том числе связанных с безопасностью, потому что являлся частью своего культурного сообщества (всю жизнь) и поддерживал их в устояв-

шемся виде, поскольку так делало его социальное окружение (а он был его частью): «С помощью коллективных представлений, имеющих мифологическую природу, заимствованных личностью из «надындивидуального» опыта, можно представлять реальность в комфортном, упрощенном и более понятном виде, использовать готовые, уже существующие «технологии» в форме традиций, обычаев, ритуалов. При этом значительная доля ответственности за их использование возлагается на автора данного продукта, т. е. на коллективные представления, социальные стереотипы, явившиеся результатом совместной деятельности сообщества, с которым стремится идентифицироваться человек» [24, с. 6].

С одной стороны, это обеспечивало высокую степень мировоззренческой унификации сообществ. Но с другой – делало человека адаптивным к условиям катастрофы *ровно настолько, насколько позволяли эти правила*: «для самосохранения и защиты они (носители прагматического мышления – авт.) имеют в своем распоряжении традиции, унаследованные от предков...» по сути закрытые от рефлексии [10, с. 7]. Тем самым у подобных сообществ практически отсутствовали внутренние ресурсы для модернизации мировоззрения и культурных практик.

Так, одним из наиболее сложных вопросов, возникающих при исследовании печей древнеславянских жилищ, был вопрос о дымоходах. Археологические данные свидетельствуют, что большинство печей в славянских домах дымоходов не имели и топились по-черному. Печи, как правило, располагались в дальнем от двери углу, дым наружу выходил через устье и далее – через дверь. При этом дома простых крестьян и горожан так отапливались вплоть до XVIII в. В эпоху Киевской Руси даже дома зажиточных людей отапливались таким же способом. И только в отдельных жилищах XII–XIII вв. при археологических раскопках находили фрагменты глиняных труб, которые могли быть частью дымохода [9]. Однако любопытно при этом, что в докладах Минской губернской земской управы II очередному земскому собранию в 1913 г. (!), где помимо прочего содержались различные проекты организации огнестойкого строительства, в предлагаемых мероприятиях фигурирует идея запрета «черных (курных) изб» [25, с. 10].

Так или иначе, чем выше была культурная монолитность сообществ, производящих нормы культуры безопасности жизнедеятельности, тем сложнее они поддавались любым изменениям (в смысле готовности добровольно изменить уклад жизни) и тем более катастрофические события должны были произойти либо радикальные модернизационные мероприятия должны были быть проведены, дабы вызвать эффект трансформации.

Укорененность традиционных практик безопасности в коллективной жизни человека парадоксальным образом приводила к серьезной проблеме: консерватизм нормативных установлений на персональном (житейском) и отчасти общественно-бытовом уровнях противоречил логике быстрых (в том числе) необходимых изменений. Составляющая их совокупность неписанных правил и предписаний, как отмечалось, усваивалась в процессе социализации, весьма слабо рефлексировалась и благодаря этому была крайне инерционна. Процесс транслирования культуры на протяжении многих столетий оставался (и во многом остается до сих пор) весьма рутинным, воспроизводящим одни и те же образцы (технологий, поведения, мировоззрения).

С одной стороны, ригидность традиции способствует накоплению культурных образцов (традиционных технологий, способов поведения и т. п.), некогда доказавших свою (понятную в сообществе) эффективность. Кроме того, именно традицией закрепляется социальная стратификация домодерных обществ [19]. Но с другой стороны – следование коллективным предписаниям обладало безусловным приоритетом над окружающей реальностью. По большому счету человек видел последнюю исключительно через «очки», «надетые» на него его сообществом, коллективные представления были важнее естественного хода вещей иногда даже вопреки здравому смыслу [23].

В итоге, привнесенные государством правила, в случае противоречий со сложившимся жизненным укладом, могли восприниматься как чуждые и необязательные к исполнению (так, как будто забота о безопасности людям не нужна). Столетие назад это могли объяснять, например, низким уровнем культуры как таковой. Мероприятия, предусмотренные, в частности, Уставом пожарным Российской империи [26, 27], включавшие целую систему мер в том числе запретительного характера, часто не могли быть эффективными из-за неготовности населения принимать их в качестве руководства к повседневной деятельности: «наше крестьянское население слишком мало развито, чтобы осознавать необходимость соблюдения обязательных постановлений... оно склонно на

всякое такое постановление смотреть как на меру принудительную» [28, с. 248]. Это вынуждало смягчать и усложнять воздействие на население: «Относительно мероприятий принудительного характера необходимо указать, что их следует проводить с большой осторожностью, чтобы при малокультурности нашего крестьянства не получить отрицательных результатов» [25, с. 37]. А также искать обходные пути воздействия: через школы (т. е. изначально социализировать правильно), доводить информацию доступным языком, «неустанно внушать им о постоянно грозящей опасности от огня» [29].

Однако эти усилия так и не смогли дать тот результат, на который рассчитывали инициаторы. Например, многочисленные попытки привлечь население к предупреждению и ликвидации в форме наделения персональной ответственностью за безопасность, а также предоставления неких второстепенных функций в чрезвычайных ситуациях (правила поведения, обеспечение пожарным инвентарем и т. п. [26, 27, 30]), оказались недостаточно эффективны: «Опыт прошедшего времени доказал, что оставление борьбы с пожарами на совести и ответственности каждого в отдельности домохозяина никакой пользы делу не принесло и те пожарные инструменты, которые... должен иметь в постоянной готовности каждый домохозяин... имеются только на прибитых к избам дощечках» [25, с. 3].

И тогда подобная ситуация могла (и может) приводить, по меткому замечанию президента Международной федерации обществ Красного Креста и Красного Полумесяца Д. Шерпителя, к своеобразному эффекту *«реконструкции риска»* [31] – восстановлению жизнедеятельности после катастрофы или бедствия в том же виде, в котором она осуществлялась до трагедии (без внесения нового). В итоге формируется замкнутый цикл *«риск / катастрофа / реконструкция риска»*, который может продолжаться десятилетиями. Если сравнить данные различных эпох о причинах пожаров, например, в сельской местности, то мы увидим отсутствие принципиальных изменений: неисправность печей, неосторожное обращение с огнем, несоблюдение элементарных правил безопасности и т. п. остаются актуальной проблемой [28, с. 247; 32].

В этом смысле модернизация мышления и всех подразумеваемых ею жизненных практик стала возможна лишь в тот момент, когда это стало политическим проектом.

**Культура безопасности «сверху»: сферы становления.** Социальные регулятивы, определяющие, как именно себя вести в той или иной ситуации, не даются человеку с рождения. Они формируются постепенно, в ответ на некие вызовы среды, и в связи с наличием потребности в безопасности. В каком-то смысле нормы хранятся в культуре и транслируются ею, но количество регулятивов всегда больше, чем может освоить конкретный человек. Говоря иначе, нормы имманентны культуре, а не человеку. Актуализация потребности может заставить человека или группы людей освоить набор имеющихся либо выработать новые правила поведения. Во втором случае необходимость этих правил должна быть доказана, и при любом сценарии правилам можно обучить.

Чем более масштабными по охвату являются эти правила, чем быстрее они должны быть внедрены (в противовес процессам длительной социальной эволюции), тем более высокоранговые институты должны быть в подобной процедуре задействованы. Чаще всего, разумеется, речь шла именно о государственных структурах, концентрирующих собственные усилия на нормативном (т. е. привнесенном в общественную жизнь извне) регулировании вопросов безопасности с постепенным расширением области собственного внимания. Причем изначально нормативные усилия были сконцентрированы в области экономического по сути регулирования. Подобная логика прослеживается на протяжении столетий в целом ряде регионов и принятых там нормативных установлениях: законах Хаммурапи (кража с пожаров (§ 25) и ущерб нанесенный имуществу в результате «техногенных аварий» (§ 56–57)) [33]; хеттских законах (возмещение ущерба при поджогах (§ 98–100) и неосторожном обращении с огнем (§ 105–106)) [34]; римских Законах XII таблиц (дифференциация наказания за преднамеренный и непреднамеренный поджог) [35], а также мерах предупреждения по разведению огня в церемониальных целях (Таблица X, п. 9) [35]; Византийском законодательном своде (о дифференциации наказаний за умышленные поджоги и неосторожное обращение с огнем) [36]; «Салической правде» (штрафы и возмещение убытка за поджоги) [37, с. 258]; «Русской Правде» (ответственность за поджоги) [38] и т. п. В более поздних документах уже можно наблюдать попытки введения профилактических мер. Например, п. 278 главы X «О суде» «Соборного уложения 1649 года» предписывалось также, чтобы «печи и поварни на дворе к стене соседа своего никому не делати. А будет кто на дво-

ре у себя зделает печь или поварню и к стене соседа своего, и в том на него от соседа его будет челобитье, и у него ту печь и поварню от стены соседа его отломать, чтобы соседу его от тоя его поварни и печи никакова дурна не учинилося» [39]. Тенденция прослеживается и далее и в более поздних документах, например, в Уставах пожарных Свода законов Российской империи (редакции 1832 и 1857 гг.) законодательное регулирование касается и системы профилактических мер, и организации борьбы с пожарами (включая комплектование пожарных дружин, их оснащение), и строительства, и страхования [26, 27].

Указанные тенденции напрямую связаны с процессами урбанизации, усложнения социальных структур, модернизацией институтов управления, и в дальнейшем – становлением современных обществ, сложность которых «побуждала» к мерам безопасности.

В частности, на территории Беларуси большое влияние на формирование правовых норм и правил по борьбе с пожарами оказало распространение Магдебургского права. На магистраты, которые создавались в городах, ложилась ответственность за борьбу с пожарами и другими бедствиями. В свою очередь, городские власти активно к этому привлекали население. Вероятно, коллективное участие в борьбе с огнем первоначально регулировалось нормами обычного права, но к моменту кодификации законодательства Великого Княжества Литовского приобрело повсеместный характер. В это же время в крупных городах наместниками-«державцами» или самими мещанами начинают вводиться обязательные постановления по правилам пожарной безопасности, которые несмотря на жалобы против «тоя новины для огню», постепенно оформились в так называемые «огненные порядки».

Однако описанные процессы неизбежно приводили к противоречиям персональных, групповых и институциональных интересов в сфере безопасности. Именно применительно к последней практически во всем мире исторически сложился и действует принцип приоритета государственного и общественного над персональным (в отличие от, например, экономики либо политики).

Совершенно очевидно, что высокоранговые общественные институты способны вносить в размеренную социальную жизнь значимые изменения, даже если отдельным группам и индивидам их необходимость неочевидна. При этом обоснование подобных изменений и необходимость следования им приобретает не только законодательный, но и нравственный (образ «сознательного гражданина») и даже идеологический характер [40, с. 15], напрямую связанный с осознанием цены катастроф для государства и общества в целом. Это подчас требовало серьезной политической воли, глубоко концептуального обоснования и новаторского мышления.

Так, огромное влияние на формирование представления о безопасности жителей и защиты их от пожаров было сделано крупнейшим представителем польского Возрождения Анджеем Фрич-Моджевским. В 1551 г. им был опубликован в Кракове на латыни труд «Об исправлении государства», в котором автор разработал правила «Об избежании пожаров и их тушении» (часть II, раздел XIII). Фрич-Моджевский объяснял свою заинтересованность вопросами пожарной безопасности тем, что «написал я их, из побуждений милосердия, поскольку не только у всего народа, но и у известных мужей видел беспомощность и безразличие в борьбе против пожаров», от которых «редко случается так, чтобы не сгорали целые деревни, а временами и целые города» [41].

Осознавая, что именно в деревянной застройке кроется одна из основных причин опустошительных пожаров, Анджей Фрич-Моджевский призывал к строительству кирпичных домов. Развивая эту идею, он предлагал подготовить необходимое количество ремесленников, указывая, что «если посчитать, сколько нужно денег на возведение дома после каждого пожара, воистину выйдет, что деревянный дом обходится дороже каменного, стоящего веками» [41]. При этом автор считал, что предупреждение пожаров является задачей не столько простых обывателей, сколько администрации и городских властей. Именно им он предлагал ввести и осуществлять контроль за соблюдением простых правил, задав тем самым своеобразный тренд.

Обеспечение безопасности общества зачастую требовало весьма масштабных вмешательств, осуществлять которые не способны даже относительно многочисленные культурные сообщества: мотивация к подобной модернизации общественной жизни отсутствует в персональной жизни индивидов, не вытекает из их ценностей, связывающих сообщества (а иногда и противоречит), и выгоды самих изменений не сиюминутны и для многих неочевидны. Кроме того, они безусловно экономически накладны, поэтому лишь крупные катастрофы могли стать толчком к изменениям.

В этом смысле типичной является история г. Минска. Известны самые крупные пожары в Минске: в 1084, 1547, 1698, 1762, 1812, 1835, 1865, 1881 гг. Кроме них ежегодно возникали десятки мелких пожаров и возгораний. Город обладал целым спектром типичных «хронических заболеваний» (деревянные здания, плотная застройка и др.). Власти, осознавая всю опасность такого устройства городов, стили принимать решения об организации городского строительства.

Однако серьезные изменения последовали лишь после пожара 1881 г., в результате которого сгорело 742 домовладения со всеми постройками и 321 городское здание, включая восемь правительственных учреждений. Практически город представлял собой огромное пепелище [42], что вынудило постепенно изменять градостроительную политику (т. н. «несгораемый квартал»), вводить профилактические правила для горожан [43] и привлекать их в добровольные пожарные дружины.

После революции в России 1917 г. произошли значительные изменения в системе обеспечения пожарной безопасности. 17 апреля 1918 г. был подписан декрет Советской власти «Об организации государственных мер борьбы с огнем», в котором были заложены первые основы и система советской пожарной охраны, учрежден центральный орган управления – Пожарный Совет при ВЦИК. Постепенно стала создаваться государственная структура по борьбе с пожарами и другими ЧС [44].

**Рационализация стихии как индикатор модернизации представлений о безопасности.** Как отмечалось, на протяжении столетий сформировался естественный для домодерной культуры взгляд на стихию как инвазивную (вторгающуюся) силу, лежащую практически вне человеческого контроля, либо подобный контроль возможен в весьма незначительной степени. Одними из немногих его способов было не только следование закрепленным в практике рутинным технологиям обеспечения безопасности (например, правильная организация очага), но и корректное выстраивание «отношений» с ней в рамках следования многочисленным ритуалам и иным магическим, религиозным и социокультурным практикам.

С позиций современного рационалистического взгляда иногда сложно объяснить логическое противоречие, лежащее в основе упомянутой выше реконструкции риска: несмотря на регулярные масштабные пожары, различные культурные сообщества десятилетиями даже не пытались внести, например, хоть небольшие изменения в технологию постройки жилищ из огнеопасных материалов. Однако еще раз следует подчеркнуть, что с позиций традиционного мировоззрения никакого противоречия в принципе нет: соблюдение всех необходимых обрядов и ритуалов в отношении стихии *и было способом контролировать ее* в пределах собственных возможностей.

Парадоксально, но и в современном обществе ритуал, обряд или (иррациональные) убеждения как способ контроля над угрозами (уже техногенными) также весьма распространен («нарушение норм ПБ не приведет к аварии, потому что я везучий, я хороший человек, я верю в благополучный исход, в авось, все всегда так делают – и ничего не случается и т. п.»), особенно если они укоренены в коллективном поведении. И для т.н. городской, и для сельской, и для массовой культуры характерно некоторое пренебрежение вопросами безопасности, что может означать, как отмечалось, две вещи: либо соответствующие сообщества не воспринимают на свой счет угрозы и опасности, либо способы защиты (психологические, социальные и т. п.) существуют, и неэффективны они только с точки зрения специалистов (или не видны последним в принципе).

Тем не менее по мере развития общества постепенно видоизменяются и представления о безопасности. В частности, одним из магистральных направлений изменений мировоззрения стала *рационализация стихии*: выявление разумных причин происходящего, установление зависимости катастроф от характера собственной жизнедеятельности, расширение в связи с этим числа параметров возникновения, например, пожаров, на которые человек может влиять и т. п. Постепенно подобный процесс приводит к тому, что управление государством стало включать в себя и меры по управлению безопасностью и регулированию рисков.

В конечном итоге в современном обществе происходит (но далеко не завершен) процесс *демистификации* опасностей, представление их как потенциально управляемых переменных, в т. ч. на уровне государства и общества.

Логичным шагом на данной траектории исторического развития стало появление наук о безопасности, нормативное закрепление термина «чрезвычайная ситуация», концеп-

туальное оформление понятий «культура безопасности» и «культура безопасности жизнедеятельности».

**Заключение.** Ретроспективный анализ культуры безопасности жизнедеятельности, включающей подчиненные социальным нормам поведенческие модели, мировоззренческие установки и ценностные ориентиры, четко демонстрирует наличие двух ее сущностных измерений. Во-первых, речь идет о регулятивах, вырабатываемых человеком персонально, а также усвоенных им нормам того сообщества, к которому он принадлежит. Во-вторых, следует упомянуть о сформированных государственными институтами правовых инструментах, привносимых в жизнь конкретного сообщества извне. Основная сложность нередко заключается в том, каким именно образом упомянутые измерения взаимодействуют: по логике государственных институций они должны совпадать, но различные группы населения нередко не готовы принять положения законов (особенно касательно предупредительных мер) в качестве руководства к повседневному действию.

Применительно к архаическим, традиционным сообществам это можно было объяснить феноменом пралогического мышления – с точки зрения заложенных в нем способов объяснения событий логика правовых систем может вообще оставаться в «слепой зоне». Однако и в ходе урбанизации и модернизации общества ситуация изменилась не столь кардинально, как можно было ожидать. Если мифологические способы объяснения отошли на второй план и составили пласт классического и городского фольклора, то укорененность небезопасного поведения в коллективной жизни сохранилась едва ли не в полной мере («если большинство не видит, не знает, не следует неким привнесенным извне нормативам, я тоже не буду»), сформировав своего рода культуру «выученного безразличия». Н. Снеессарев, анализируя в конце XIX в. антропогенные причины пожаров, свидетельствовал: «...сплошь и рядом сжигание жнивья вызывает пожар... Никогда не принимается в расчет возможная перемена ветра... “Ахти грех какой”, – говорит невольный поджигатель и чешет себе затылок... Смотришь, через несколько дней в соседней деревушке та же история. “Да ведь вы знали, что позавчера Марьино от этого же сгорело?” – спрашиваешь погорельцев. “Знать-то знали, да думали, что авось обойдется. Бог милостив”» [45, с. 60]. Такая ситуация в итоге приводила к отсутствию ожидаемой обратной связи между числом пожаров и государственных мер по огнеспасению, а внедрение бытовых новшеств (табакокурение, освещение и т. п.) лишь увеличивало риски [46, с. 74].

Приведенные данные, как и многие другие (в т.ч. современные) свидетельства о бытующих практиках безопасности, заставляют сделать предположение об отсутствии развитых когнитивных механизмов «перекодирования» информации о потенциальных угрозах на аффективно окрашенный язык персональной повседневности (постоянная тревога по поводу потенциальных угроз скорее патологична; государственные инициативы «мало касаются меня непосредственно» и т. п.). Регулярная повторяемость одних и тех же катастроф, постоянная реконструкция рисков указывают на неспособность многих индивидов и сообществ к осознанию и рациональному осмыслению причинно-следственных связей факторов катастроф как мотива для поведенческих изменений. Вероятно, подобные механизмы имеют социальную природу, и при отсутствии в сообществе интенций по их выработке, их формирование индивидом происходит вопреки «социальной воле», и поэтому они должны быть привиты извне (например, пропагандой, воспитанием и обучением [47, с. 1]).

Примерно такие представления лежат в основе современного понятия «культура безопасности (жизнедеятельности)». С точки зрения заложенной в дефиниции логики оперативнее реагировать на прирастание сложности социальной жизни возможно именно на организационном (т. е. на общественно-бытовом) уровне. Агентом, инициирующим социальные изменения, становится конкретная социальная организация, и уже в ходе профессиональной социализации человека более вероятно усвоение им навыков безопасной жизнедеятельности. Однако успешное применение последних возможно лишь в условиях, когда оно будет безусловным требованием *профессионального сообщества*. И тогда, возможно, будет реализовано условие, согласно которому «борьба со стихией катастроф может рассчитывать на эффект... если эти катастрофы встретят на своем пути осмысляемую и упорядоченную стихию массовой культуры» [6, с. 324].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. – Международное агентство по атомной энергии. – Вена, 2008. – 295 с.
2. Воробьев, Ю.Л. Основы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения / Ю.Л. Воробьев, В.А. Пучков, Р.А. Дурнев; под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2006. – 316 с.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Культура безопасности жизнедеятельности. Общие положения: ГОСТ Р 22.3.07-2014. – Введ. РФ 2014-10-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 8 с.
4. Croeber, A.L. Culture. A critical review of concepts and definitions / A.L. Croeber, C. Kluckhohn. – Cambridge, Massachusetts: Published by the museum, 1952. – 223 p.
5. Культура безопасности. Доклад международной консультативной группы по ядерной безопасности. – Вена, 1991. – 39 с.
6. Ахиезер, А.С. Катастрофы в природе и обществе как нравственная проблема (на историческом опыте России) / А.С. Ахиезер // Труды. – М.: Новый хронограф, 2006. – С. 157–330.
7. История пожарной охраны. Краткий курс: учебник, в 2 ч. / Под ред. проф. В.А. Абрамова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – Ч. 1. – 285 с.
8. Сергеев, М.Е. Жизнь Древнего Рима / М.Е. Сергеев. – М.: Наука, 1964. – 336 с.
9. Раппопорт, П.А. Древнерусское жилище / П.А. Раппопорт. – Л.: Наука, 1975. – 180 с.
10. Леви-Брюль, Л. Сверхъестественное и природа в первобытном мышлении / Л. Леви-Брюль. – М.: КРАСАНД, 2012. – 264 с.
11. Большой психологический словарь / Под ред. Б.Г. Мещерякова, В.П. Зинченко. – М., 2003. – 672 с.
12. Кузнецов, В.Н. Культура безопасности: социологическое исследование / В.Н. Кузнецов. – М.: Наука, 2001. – 316 с.
13. Могилевская старина. Сборник статей «Могилевских губернских ведомостей» / под ред. Е.Р. Романова. – Вып. 3, годы 1902-1903. – Могилев: Типография губернского правления, 1903. – 127 с.
14. Материалы по этнографии Гродненской губернии / по поручению Виленского учебного округа редактировал Е. Романов. – Вып. 1. – Вильно: Издание Управления Виленского учебного округа, 1911. – 238 с.
15. Сержпутоўскі, А.К. Прымя і забавы беларусаў-палешукоў / А. Сержпутоўскі. – Мінск, 1930. – 276 с.
16. Булгаковский, Д.Г. Пинчуки/ собрал в Пинском уезде Минской губернии Д.Г. Булгаковский. – СПб.: в типографии В. Безобразова и К, 1890. – 200 с.
17. Довнар-Запольский, М.В. Исследования и статьи / М.В. Довнар-Запольский. – Киев, 1909. – Т. 1: Этнография и социология, обычное право, статистика, белорусская письменность.
18. Капица, Ф.С. Славянские традиционные верования, праздники и ритуалы / Ф.С. Капица. – М.: Наука: Флинта, 2006. – 216 с.
19. Малиновский, Б.К. Магия, наука и религия / Б.К. Малиновский. – М.: Рефл-бук, 1998. – 288 с.
20. Киркор, А.К. Белорусское полесье / А.К. Киркор // Живописная Россия. Отечество наше в его земельном, историческом, племенном экономическом и бытовом значении / Под ред. П.П. Семенова. – Т. 3. – Ч. 2. – СПб.-М., 1882.
21. Вульф, К. К генезису социального. Мимезис, перформативность, ритуал / К. Вульф. – СПб.: Интерсоцис, 2009. – 164 с.
22. Байбурин, А.К. Ритуал в традиционной культуре. Структурно-семантический анализ восточнославянских обрядов / А.К. Байбурин. – СПб.: Наука, 1993. – 253 с.
23. Леви-Брюль, Л. Первобытное мышление / Л. Леви-Брюль. – М.: Академический Проект, 2015. – 430 с.
24. Стоянова, И.Я. Прологические образования в норме и патологии: автореф. дис. ... докт. психол. наук: 19.00.04 / И.Я. Стоянова; Томский гос. ун-т. – Томск, 2007 // Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/pralogicheskie-obrazovaniya-v-norme-i-patologii#ixzz51j6Gsqm5>. – Дата доступа: 24.11.2017.
25. Доклады Минской губернской земской управы II очередному земскому собранию по

- противопожарным мероприятиям и огнестойкому строительству. – Минск: Губернская типография, 1913. – 62 с.
26. Свод уставов пожарных Свода законов Российской империи 1832 года. Перевод на современный гражданский алфавит // Пожарный устав Российской империи: хрестоматия / под общ. ред. В.С. Артамонова. – 2-е изд., доп., испр. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – С. 47–96.
  27. Устав пожарный Свода законов Российской империи 1857 года. Перевод на современный гражданский алфавит // Пожарный устав Российской империи: хрестоматия / под общ. ред. В.С. Артамонова. – 2-е изд., доп., испр. – СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – С. 97–141.
  28. Вайнштейн, С.Я. Борьба с сельскими пожарами / С.Я. Вайнштейн // Труды Первого высочайше утвержденного Съезда русских деятелей по пожарному делу / под ред. графа П.Ю. Сюзора [и др.]. – В 2-х томах. – Спб.: Паровая типография Муллер и Богельман, 1893. – Т.1. – С. 237–252.
  29. Барнардацци, А. Некоторые мысли об организации обороны от огня / А. Барнардацци // Труды Первого высочайше утвержденного Съезда русских деятелей по пожарному делу / под ред. графа П.Ю. Сюзора [и др.]. – В 2-х томах. – Т.1. – Спб.: Паровая типография Муллер и Богельман, 1893. – Т.1. – С. 67–74.
  30. Нормальный устав для добровольных пожарных дружин в колхозах: сб. инструкций и законоположений по пожарной охране для сельских местностей. – Полоцк: Друк. «Ч.П.», 1934. – С. 1–14.
  31. Доклад о глобальных катастрофах. Краткое изложение – Женева: Междунар. федерация о-в Красного Креста и Красного Полумесяца, 2001. – 35 с.
  32. Бараноўскі, А. Змаганне з пажарамі / А. Бараноўскі. – Мінск: Дзяржаўнае выдавецтва Беларусі, 1925. – 95 с.
  33. Законы Хаммурапи [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru/ER/EText/hammurap.htm>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  34. Хеттские законы. Первая таблица // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru/ER/EText/hett.htm>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  35. Законы XII таблиц. Таблица VIII [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <http://ancientrome.ru/ius/i.htm?a=1446588975>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  36. Эклога. Византийский законодательный свод VIII века [Электронный ресурс // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова]. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru/ER/EText/PICT/mediev.htm>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  37. Салическая правда [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru/ER/EText/salic.htm>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  38. Русская правда [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru/ER/EText/RP/index.html>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  39. Соборное уложение 1649 года [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа: <http://www.hist.msu.ru/ER/EText/1649.htm>. – Дата доступа: 24.11.2017.
  40. Фетисова, Ю.В. Культура безопасности: автореф. дис. ... канд. филос. наук: 09.00.13 / Ю.В. Фетисова. – Омск, 2009. – 28 с.
  41. Frycz Modrzewskie Andrzej. O naprawie rzeczypospolitej. Z przekładu Cypryjana Bazylika (r. 1577). – Warszawa: E. Wende i S-ka. – 1914.
  42. Обзор Минской губернии за 1881 год. – Минск: Губ. тип., 1882. – 41 с.
  43. Памятная книжка Минской губернии на 1883 г. – Минск: Мин. губ. стат. ком., 1873. – 270 с.
  44. Командно-инженерный институт: История становления и развития / Под ред. В.П. Астапова. – Минск: КИИ МЧС, 2002. – 68 с.
  45. Снессарев, Н. Пожары в селениях / Н. Снессарев // Пожарный. Вестник пожарного дела в России. – 1892. – № 2. – С. 57–64.

46. Бессонов, К.И. Слово к Съезду русских деятелей по пожарному делу / К.И. Бессонов // Труды Первого высочайше утвержденного Съезда русских деятелей по пожарному делу / под ред. графа П.Ю. Сюзора [и др.]. – В 2-х томах. – Спб.: Паровая типография Муллер и Богельман, 1893. – Т. 1. – С. 74–77.
47. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Культура безопасности жизнедеятельности. Термины и определения: ГОСТ Р 22.3.08-2014. – Введ. РФ 2014-10-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 7 с.

## FORMATION OF LIFE SAFETY CULTURE: SOCIAL, PSYCHOLOGICAL AND HISTORICAL EXCURSION

**Alexander Gerasimchik**, PhD in Psychological Sciences, Associate Professor

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

**Victor Karpievich**, PhD in Historical Sciences, Associate Professor

**Vsevolod Sergeev**, PhD in Historical 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.* To demonstrate the evolution of cultural practices, united by the term «safety culture».

*Methods.* General logical methods, conceptual analysis, retrospective analysis, problem-chronological method, synchronic method, prototypical approach, ideal-typical approach, typological approach.

*Findings.* The safety culture is a multiple-aspects phenomenon and includes two dimensions: a safety culture «from down» and a safety culture «from top». Both dimensions are in a complex relationship, which is reflected in a large array of ethnographic, historical, psychological and sociological data.

*Application field of research.* The specific character of everyday safety practices is of fundamental importance in the process of forming of life safety culture.

*Conclusion.* The formation of life safety culture is to be carried out within the process of socialization in the form of teaching key skills, giving the high priority to safety issues.

*Keywords:* life safety culture, psychology of safety, sociocultural practices, pralogical thinking, rationalization of risks, socialization, collective representations.

(The date of submitting: December 26, 2017)

### REFERENCES

1. *Glossariy MAGATE po voprosam bezopasnosti terminologiya, ispol'zuemaya v oblasti yadernoy bezopasnosti i radiatsionnoy zashchity* [IAEA Safety Glossary terminology used in the field of nuclear safety and radiation protection]. Mezhdunarodnoe agentstvo po atomnoy energii. Vena. 2008. 295 p. (rus)
2. Vorob'ev Yu.L., Puchkov V.A., Durnev R.A. *Osnovy formirovaniya kul'tury bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti naseleniya* [Basics of forming a safety culture for the population]; under the general editorship Yu.L. Vorob'eva. MChS Rossii. Moscow: Delovoy ekspress. 2006. 316 p. (rus)
3. *Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh. Kul'tura bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti. Obshchie polozeniya: GOST R 22.3.07-2014* [Safety in emergency situations. Culture of life safety. General Provisions]. – introduced RF 2014-10-01. Moscow: Standartinform. 2014. 8 p. (rus)
4. Croeber A.L., Kluckhohn C. *Culture. A critical review of concepts and definitions*. Cambridge, Massachusetts: Published by the museum. 1952. 223 p.
5. *Kul'tura bezopasnosti* [Safety culture]. Report of the International Advisory Group on Nuclear Safety. 1991. 39 p. (rus)
6. Akhiezer A.S. *Katastrofy v prirode i obshchestve kak npravstvennaya problema (na istoricheskom opyte Rossii)* [Catastrophes in nature and society as a moral problem (on the historical experience of Russia)]. Moscow: Novyy khronograf. 2006. Pp. 157–330. (rus)
7. *Istoriya pozharной okhrany. Kratkiy kurs: Uchebnyk: V 2 ch. Ch. 1* [History of fire protection. Short Course: Textbook] / Pod red. prof. Abramova V.A.. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii. 2005. 285 p. (rus).
8. Sergeenko M.E. *Zhizn' Drevnego Rima* [The Life of Ancient Rome]. Moscow: Nauka, 1964. 336 p. (rus)
9. Rappoport P.A. *Drevnerusskoe zhilishche* [Old Russian dwelling]. Leningrad: Nauka, 1975. 180 p. (rus)
10. Levi-Bryul' L. *Sverkh'estestvennoe i priroda v pervobytnom myshlenii* [Supernatural and the nature in primitive thinking]. Moscow: KRASAND, 2012. 264 p. (rus)
11. *Bol'shoy psikhologicheskiy slovar'* [Great psychological dictionary]: edited by Meshcheryakova B.G., Zinchenko V.P. Moscow, 2003. 672 p. (rus)
12. Kuznetsov V.N. *Kul'tura bezopasnosti: sotsiologicheskoe issledovanie* [Safety culture: case study]. Moscow: Nauka. 2001. 316 p. (rus)

13. Mogilevskaya starina. Sbornik statey «Mogilevskikh gubernskikh vedomostey» [Mogilev's antiquity. Collection of articles of the Mogilev Provincial Journal]: edited by Romanov E.R. Issue 3, years 1902–1903. Mogilev: Tipografiya gubernskogo pravleniya. 1903. 127 p. (rus)
14. *Materialy po etnografii Grodnenskoj gubernii*. [Materials on ethnography of the Grodno province] Issue 1. Po porucheniyu Vilenskogo uchebnogo okruga redaktiroval Romanov E. Izdanie Upravleniya Vilenskogo uchebnogo okruga, Vilnus. 1911. 238 p. (rus)
15. Serzhputowski A.K. *Prymkhi i zababony belarusaw-paleshukow* [Belorussian's Superstitions and prejudices on the Polesie]. Minsk. 1930. 276 p. (by)
16. Bulgakovskiy D.G. *Pinchuki (sobral v Pinskom uezde Minskoy gubernii D.G. Bulgakovskiy)*. Sankt-Peterburg: v tipografii V. Bezobrazova i K, 1890. 200 p. (rus)
17. Dovnar-Zapol'skiy M.V. *Issledovaniya i stat'i. T. 1. Etnografiya i sotsiologiya, obychnoe pravo, statistika, belorusskaya pis'mennost'* [Research and articles. Vol. 1. Ethnography and sociology, customary law, statistics, Belarusian script]. Kiev. 1909. (rus)
18. Kapitsa F.S. *Slavyanskije traditsionnye verovaniya, prazdniki i ritualy* [Slavic traditional beliefs, holidays and rituals] Moscow: Nauka: Flinta, 2006. 2016 p. (rus)
19. Malinovskiy B.K. *Magiya, nauka i religiya* [Magic, Science and Religion]. Moscow: Refl-buk, 1998. 288 p. (rus)
20. Kirkor A.K. *Belorusskoe poles'e* [Belarusian Polesye] *Zhivopisnaya Rossiya. Otechestvo nashe v ego zemel'nom, istoricheskom, plemennom ekonomicheskom i bytovom znachenii*. Edited by Semenova P.P. Vol. 3. Part 2. St. Peterburg–Moscow, 1882. (rus)
21. Vul'f K. *K genezisu sotsial'nogo. Mimesis, performativnost', ritual* [To the genesis of the social. Mimesis, performativity, ritual]. St. Peterburg: Intersotsis. 2009. 164 p. (rus)
22. Bayburin A. K. *Ritual v traditsionnoj kul'ture. Strukturno-semanticheskij analiz vostochnoslavjanskikh obryadov* [Ritual in traditional culture. Structural and Semantic Analysis of the Eastern Slavic Rites] St. Peterburg: Nauka. 1993. 253 p. (rus)
23. Levi-Bryul' L. *Pervobytnoe myshlenie* [Primitive thinking]. Moscow: Akademicheskij Proekt. 2015. 430 p. (rus)
24. Stoyanova I.Ya. *Pralogicheskie obrazovaniya v norme i patologii* [Pralologic formations in norm and pathology]: Grand PhD psych. sci. diss. Synopsis: 19.00.04; Tomsk State University. – Tomsk, 2007. Available at: <http://www.dissercat.com/content/pralogicheskie-obrazovaniya-v-norme-i-patologii#ixzz51j6Gsqm5> (accessed: november 24, 2017). (rus)
25. *Doklady Minskoy gubernskoy zemskoy upravy II ocherednomu zemskomu sobraniyu po protivopozharnym meropriyatiyam i ognestoykomu stroitel'stvu* [Reports of the Minsk Provincial Zemstvo Board to the II Zemstvo meeting on fire prevention and fire-resistant construction]. Minsk: Gubernskaya tipografiya, 1913. 62 p. (rus)
26. *Svod ustavov pozharnykh Svoda zakonov Rossiyskoj imperii 1832 goda. Perevod na sovremennyj grazhdanskiy alfavit* [A Set of Fire Charters of the Set of Laws of the Russian Empire of 1832. Translation into modern civil alphabet] *Pozharnyy ustav Rossiyskoj imperii: khrestomatiya*. Edited by V.S. Artamonova. St. Peterburg: Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia. 2015. Pp. 47–96. (rus)
27. *Ustav pozharnyy Svoda zakonov Rossiyskoj imperii 1857 goda. Perevod na sovremennyj grazhdanskiy alfavit* [A Set of Fire Charters of the Set of Laws of the Russian Empire of 1832. Translation into modern civil alphabet] *Pozharnyy ustav Rossiyskoj imperii: khrestomatiya*. Edited by V.S. Artamonova. St. Peterburg: Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia. 2015. Pp. 97–141. (rus)
28. Vaynshteyn S.Ya. and other. *Bor'ba s sel'skimi pozharami* [Fighting rural fires]. *Trudy Pervogo vysochayshe utverzhdennogo S"ezda russkikh deyateley po pozharnomu delu*. Edited by Count. P.Yu. Syuzor. Vol. 1. St. Peterburg: Parovaya tipografiya Muller i Bogel'man, 1893. Pp. 237–252. (rus)
29. Bernardatstsi A. i dr. *Nekotorye mysli ob organizatsii oborony ot ognya* [Some ideas on the Organization of Fire Defense] *Trudy Pervogo vysochayshe utverzhdennogo S"ezda russkikh deyateley po pozharnomu delu*. Edited by Count. P.Yu. Syuzor. Vol. 1. St. Peterburg: Parovaya tipografiya Muller i Bogel'man, 1893. Pp. 67–74. (rus)
30. *Normal'nyy ustav dlya dobrovol'nykh pozharnykh družhin v kolkhozakh* [A normal charter for voluntary fire brigades on collective farms]. *Sbornik instruktsiy i zakonopolozheniy po pozharnoy okhrane dlya sel'skikh mestnostey*. Polotsk: Druk. «Ch.P». 1934. Pp. 1-14. (rus)
31. *Doklad o global'nykh katastrofakh. Kratkoe izlozhenie* [Report on global disasters. Summary]. Zheneva: Mezhdunar. Federatsiya o-v Krasnogo Kresta i Krasnogo Polumesyatsa. 2001. 35 p. (rus)

32. Baranowski, A. *Zmaganee z pazharami* [Fighting fires]. Moscow: Dzyarzhajnae vydavetstva Belarusi, 1925. 95 p. (rus)
33. *Zakony Khammurapi* [Code of Hammurabi]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at: <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/hammurap.htm> (accessed: November 24, 2017). (rus)
34. *Khettskie zakony. Pervaya tablitsa* [Hittite laws. The First table]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at: <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/hett.htm> (accessed: November 24, 2017). (rus)
35. *Zakony XII tablits. Tablitsa VIII* [Twelve Tables. Table VIII]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at: <http://ancientrome.ru/ius/i.htm?a=1446588975> (accessed: November 24, 2017). (rus)
36. *Ekloga. Vizantiyskiy zakonodatel'nyy svod VIII veka* [Eclogue. A set of Byzantine laws]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at: <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/PICT/mediev.htm>. (accessed: November 24, 2017) (rus)
37. *Salicheskaya pravda* [Salic Law]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at: <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/salic.htm>. (accessed: November 24, 2017). (rus)
38. *Russkaya pravda* [Russian Truth]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at: <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/RP/index.html> (accessed: November 24, 2017). (rus)
39. *Sobornoe ulozhenie 1649 goda* [1649 code of tsar Alexis]: Electronic library of the Faculty of History of Lomonosov Moscow State University, available at <http://www.hist.msu.ru/ER/Etext/1649.htm> (accessed: November 24, 2017). (rus)
40. Fetisova Yu.V. *Kul'tura bezopasnosti* [Safety culture]: PhD phylos. sci. diss. Synopsis: 09.00. Omsk, 2009. 28 p. (rus).
41. Frycz Modrzewskie Andrzej. *O naprawie rzeczypospolitej. Z przekladu Cyprjana Bazylika* (r. 1577). Warszawa: E. Wende i S-ka. 1914. (pl).
42. *Obzor Minskoy gubernii za 1881 god* [Review of the Minsk province for 1881]. Minsk: Gub. tip., 1882. 41 p. (rus)
43. *Pamyatnaya knizhka Minskoy gubernii na 1883 g.* [Memorial book of the Minsk province in 1883.] Minsk: Min. gub. stat. kom. 1873. 270 p. (rus).
44. *Komandno-inzhenernyy institut: Istoriya stanovleniya i razvitiya* [Command-Engineering Institute: History of formation and development]. Edited by V.P.Astapov. Minsk: KII MChS, 2002. 68 p. (rus).
45. Snessarev N. Pozhary v seleniyakh [Fires in villages] *Pozharnyy. Vestnik pozharnogo dela v Rossii*. 1892. No. 2. Pp. 57–64. (rus).
46. Bessonov K.I. Slovo k S"ezdu russkikh deyateley po pozharnomu delu [Speech to the Congress of Russian Personalities in Firefighting] *Trudy Pervogo vysochayshe utverzhdennogo S"ezda russkikh deyateley po pozharnomu delu*. Edited by Count. P.Yu. Syuzor. Vol. 1. St. Peterburg: Parovaya tipografiya Muller i Bogel'man, 1893. Pp. 74–77. (rus)
47. *Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh. Kul'tura bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti. Terminy i opredeleniya* [Safety in emergency situations. Culture of life safety. Terms and Definitions]: *GOST R 22.3.08-2014*. Introduced RF 2014-10-01. Moscow: Standartinform, 2014. 7 p. (rus).

## АВТОРЫ СТАТЕЙ

*Арестович Дмитрий Николаевич*, кандидат технических наук

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
доцент кафедры управления защитой от чрезвычайных ситуаций  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 345-35-57, e-mail: oic@ucp.by

*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

*Богданова Валентина Владимировна*, доктор химических наук, профессор

Учреждение Белорусского государственного университета  
«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»,  
заведующий лабораторией огнетушащих материалов  
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Ленинградская, 14  
тел.: +375 (17) 340-35-57, e-mail: bogdanova@bsu.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, e-mail: mail@ucp.by

*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

*Васюкевич Александр Сергеевич*

Главное управление Государственной системы предупреждения  
и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,  
заместитель начальника управления – начальник отдела планирования и организации  
220030, Беларусь, г. Минск, ул. Революционная, 5  
тел.: +375 (17) 229-34-37

*Верменюк Валентин Валентинович*, кандидат физико-математических наук, доцент

Белорусский национальный технический университет  
220013, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65

*Герасимчик Александр Петрович*, кандидат психологических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25

*Говор Эдуард Геннадьевич*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
e-mail: govog-098@mail.ru.

*Голубева Светлана Александровна*

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»,  
преподаватель кафедры тактики и общевойсковых дисциплин  
220096, Минск, ул. Уборевича, 77  
тел.: +375 (17) 287-44-63, e-mail: saluto@tut.by

*Жаранов Виталий Александрович*

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,  
старший преподаватель кафедры металлургии и технологии обработки материалов  
246746, Беларусь, г. Гомель, пр. Октября, 48  
тел.: +375 (232) 37-16-92, e-mail: javial@gstu.by

*Землянский Олег Николаевич*, кандидат технических наук

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины,  
доцент кафедры автоматических систем безопасности и электроустановок  
18034, Украина, г. Черкассы, ул. Оноприенко, 8  
тел.: +380 (97) 938-25-04, e-mail: omzem1@gmail.com

*Ивашечкин Владимир Васильевич*, доктор технических наук, профессор

Белорусский национальный технический университет,  
декан факультета энергетического строительства  
220013, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65  
тел.: +375 (17) 267-98-08, e-mail: ivashechkin\_vlad@mail.ru

*Каминский Андрей Анатольевич*

Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси,  
заместитель начальника филиала  
222515, Беларусь, Минская область, Борисовский район, д. Светлая роща, 1  
тел.: +375 (177) 77-27-63

*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@ucrp.by

*Карпиевич Виктор Александрович*, 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: karpievich68@yandex.by

*Ковтун Вадим Анатольевич*, доктор технических наук, профессор

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
профессор кафедры оперативно-тактической деятельности и техники  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: vadimkov@yandex.ru

*Кондратович Александр Андреевич*, кандидат технических наук, доцент  
Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси,  
профессор кафедры специальной подготовки  
222515, Беларусь, Минская область, Борисовский район, д. Светлая роща, 1

*Конойко Алексей Иванович*, кандидат физико-математических наук, доцент  
Государственное научно-производственное объединение  
«Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника»,  
старший научный сотрудник лаборатории фотоэлектрических преобразователей  
220072, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 68-2  
тел.: +375 (017) 340-35-57, e-mail: kon54@yandex.ru

*Костенко Виктор Климентьевич*, доктор технических наук, профессор  
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины,  
профессор кафедры автоматических систем безопасности и электроустановок  
18034, Украина, г. Черкассы, ул. Оноприенко, 8  
тел.: +380 (50) 473-82-18, e-mail: vk.kostenko@gmail.com

*Костенко Татьяна Викторовна*, кандидат технических наук  
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины,  
доцент кафедры автоматических систем безопасности и электроустановок  
18034, Украина, г. Черкассы, ул. Оноприенко, 8  
тел.: +380 (50) 987-33-93, e-mail: tatiana.kostenko@gmail.com

*Короткевич Сергей Геннадьевич*  
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
преподаватель кафедры промышленной безопасности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: korotkevichsergei@mail.ru

*Кудряшов Вадим Александрович*, кандидат технических наук, доцент  
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник отдела научной и инновационной деятельности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-32-99, e-mail: vadkud@gmail.com

*Куценко Станислав Васильевич*, кандидат технических наук, доцент  
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины,  
начальник кафедры автоматических систем безопасности и электроустановок  
18034, Украина, г. Черкассы, ул. Оноприенко, 8

*Лихоманов Алексей Олегович*  
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
e-mail: alexlikh20@gmail.com

*Лукьянов Александр Сергеевич*  
Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
старший инспектор сектора международного сотрудничества  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 345-44-46, e-mail: lukas\_kii@mail.ru

*Любивая Екатерина Николаевна*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25

*Майборода Артем Александрович*, кандидат педагогических наук

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины,  
доцент кафедры автоматических систем безопасности и электроустановок  
18034, Украина, г. Черкассы, ул. Оноприенко, 8  
тел.: +380 (93) 786-25-44, e-mail: mayboroda101@gmail.com

*Махмудов Эльтин Мусса оглы*

Государственное учреждение образования «Академия Министерства  
по чрезвычайным ситуациям Республики Азербайджан»,  
начальник факультета  
AZ1089, Баку, пос. Говсаны, ул. Эльмана Гасымова

*Немеровец Ольга Владимировна*

Белорусский национальный технический университет  
220013, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65

*Платонов Александр Сергеевич*, кандидат физико-математических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
ведущий научный сотрудник отдела научной и инновационной деятельности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-32-99, e-mail: rtd@ucrp.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

*Рудольф Валерий Станиславович*

Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси,  
начальник филиала  
222515, Беларусь, Минская область, Борисовский район, д. Светлая роща, 1  
тел.: +375 (177) 77-27-74

*Рябцев Виталий Николаевич*

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
старший преподаватель кафедры автоматических систем безопасности  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: v.reabtsev@gmail.com

*Семенова Яна Александровна*

Белорусский национальный технический университет,  
преподаватель-стажер  
220013, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65  
e-mail: velcro21@mail.ru

*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

*Старовойтов Игорь Григорьевич*

Министерство труда и социальной защиты Беларуси,  
Заместитель Министра  
220004, Минск, пр. Победителей, 23, к. 2  
тел.: +375 (17) 306-37-92, e-mail: mlsp@mintrud.gov.by

*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

*Субботин Михаил Николаевич*, кандидат военных наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
профессор кафедры гражданской защиты  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375(17) 340-35-59

*Суриков Андрей Валерьевич*

Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси,  
начальник кафедры повышения квалификации  
222515, Беларусь, Минская область, Борисовский район, д. Светлая роща, 1

*Тихонов Максим Михайлович*, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты  
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,  
начальник кафедры гражданской защиты  
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25  
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: timax1978@gmail.com

*Шаталов Игорь Михайлович*

Белорусский национальный технический университет,  
старший преподаватель  
220013, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65  
тел.: +375(17) 292-76-77, e-mail: hidrokaf@bntu.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 собой 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 (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие). 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 дополнительно предоставляются как отдельные файлы.

5. Материал статьи излагается в следующей последовательности:

- 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 аннотациях к журналам отдельно от статьи (не мене 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 Ф.И.О. 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 англоязычной 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 журнала <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.

**1-94 02 02 «Пожарная и промышленная безопасность»** с присвоением квалификации «Инженер по пожарной и промышленной безопасности». 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.

**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».

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://ucsp.by>.**

Научный журнал

**Вестник**  
**Университета гражданской защиты МЧС Беларуси**  
*Том 2, № 1, 2018*

Технический редактор М.В. Лапина  
Дизайн обложки И.А. Розенталь  
Компьютерная верстка И.С. Жаворонков  
Корректор О.М. Павлюченко

Подписано в печать 15.02.2018.  
Формат 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 16,51. Уч.-изд. л. 16,18.  
Тираж 110 экз. Заказ 008-2018.

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.