



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

**Вестник
Университета гражданской защиты
МЧС Беларуси**

Том 3, № 1, 2019

Редакционная коллегия:

главный редактор:

Полевода

Иван Иванович

кандидат технических наук,
доцент

зам. главного редактора:

Гончаренко

Игорь Андреевич

доктор физико-математических наук,
профессор

Платонов Александр

Сергеевич

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 Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Кулаковский Борис Леонидович, кандидат технических наук, доцент; Ласута Геннадий Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лебедкин Александр Владимирович, доктор военных наук, профессор; Пастухов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Порхачев Михаил Юрьевич, кандидат педагогических наук, доцент (Россия); Раимбеков Кендебай Жанабильевич, кандидат технических наук (Казахстан); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

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

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

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

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

E-mail редакции: vestnik@ucsp.by

ISSN 2519-237X

© Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

Рябцев В.Н., Гончаренко И.А., Ильюшонок А.В. Методы и средства измерения внешних воздействий на основе волоконно-оптических интерферометров 5

Волосач А.В., Горовых О.Г. Результаты экспериментальных исследований поверхностной твердости ячеистых бетонов, подвергшихся температурному воздействию, инденторами с углами раствора конуса 20–55° 13

Вариков Г.А., Дрозд К.М., Жорник В.И. Оптимизация процесса газотермического напыления полимерных покрытий, модифицированных наноалмазами 23

Абдуллаев А.А. Повышение устойчивости функционирования объектов магистрального трубопроводного транспорта Азербайджанской Республики в условиях чрезвычайной ситуации 32

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (технические науки)

Ковтун В.А., Короткевич С.Г., Пасовец В.Н., Тодоров И. Оптимизация конструкции цистерны пожарного автомобиля АЦ-5.0-50/4 на базе шасси МАЗ-5337 методом компьютерного моделирования 38

Гончаров И.Н., Смиловенко О.О. Системный анализ факторов, влияющих на проходимость пожарного аварийно-спасательного автомобиля 46

Абрамов Ю.А., Кальченко Я.Ю. Выбор периода дискретизации при определении динамических характеристик тепловых пожарных извещателей 53

Гражданская оборона

Худолеев А.Ф., Акулич И.П., Тихонов М.М., Акулич С.В. Применение метода сетевого планирования для оценки эффективности алгоритма действий должностных лиц при ликвидации чрезвычайных ситуаций на Белорусской атомной электростанции 59

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (психологические науки)

Булышко О.В. Восприятие дорожной ситуации как фактор безопасности движения 67

Разное (обзоры)

Булва А.Д. Методологические аспекты подготовки запроса на выдачу технических условий, разработку раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» в проектной документации на строительство 74

Полевода И.И., Радьков И.А., Сак С.П., Чиж Л.В., Морозов А.А., Ропот П.П., Гнищевич А.И. О применении программного обеспечения тестирующего контроля при дистанционном обучении специалистов по оперативно-тактической деятельности 83

Мурашко Н.И., Андреенко А.В., Станкевич В.М. О совершенствовании системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций 90

Авторы статей 97

Правила предоставления статей 101

CONTENTS

Fire and industrial safety (technical sciences)

Reabtsev V., Goncharenko I., Ilyushonok A. Methods and means for measurement of external influences on the base fiber-optic interferometers	5
Gorovykh O., Volosach A. Results of experimental researches of surface hardness of cellular concretes exposed to temperature by indentors having 20–55° angles of cone opening.	13
Varikov G., Drozd K., Zhornik V. Optimization of the gas-thermal spray process polymeric coatings modified by nanoalase.	23
Abdullaev A. Improving the sustainability of functioning of objects of the main pipeline transport of the Azerbaijan Republic in emergency situation	32

Safety in emergencies (technical sciences)

Kovtun V., Korotkevich S., Pasovets V., Todorov I. Optimization of the fire truck's tank AC-5.0-50/4 based on the chassis MAZ-5337 by the method computer modeling	38
Goncharov I., Smillovenko O. System analysis of the factors influencing cross-country ability of emergency-rescue vehicle	46
Abramov Y., Kalchenko Y. Selection of the sampling interval in determining the dynamic characteristics of thermal fire detectors	53

Civil defense

Hudoleev A., Akulich I., Tikhonov M., Akulich S. Application of the method of network scheduling for assessment of effectiveness of the algorithm of actions of officials at emergency response on the belarusian nuclear power station	59
--	----

Safety in emergencies (psychological sciences)

Bulyanko O. Perception of the traffic situation as the factor of safety	67
--	----

Miscellaneous (reviews)

Bulva A. Methodological aspects of the preparation of the request for issuance of technical conditions for the development of the section «Technical measures for civil defense. Measures for emergencies prevention» in construction project documentations	74
Palevoda I., Radz'kou I., Sak S., Chizh L., Marozau A., Ropot P., Gnitsevich A. Application of the testing control software in distant training of specialists on operational and tactical activity	83
Murashko N., Andreenko A., Stankevich V. Improving the system of emergency monitoring and predicting	90
Authors	97
Rules of submitting articles for publication	101

УДК 621.372.8

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ**Рябцев В.Н., Гончаренко И.А., Ильюшенок А.В.**

Предложены конструкции и принципы функционирования датчиков для измерения величины и направления деформаций измеряемых объектов и определения напряженности электрического поля. Векторный датчик на основе волоконных интерферометров позволяет измерять величину и направление деформаций и смещений измеряемых объектов. Диапазон измерения достигает 5 мм, точность определяется шагом перемещения сканирующего зеркала и на используемой элементной базе составила 10 мкм. Датчик на основе микрокольцевых резонаторов на базе щелевых волноводов, заполненных ЖК, позволяет измерять напряженность электрических полей в диапазоне от 10 до 3×10^6 В/м с точностью до 1 В/м. Быстродействие датчика ограничено временем отклика ЖК и варьируется от десятков до сотен микросекунд, что позволяет измерять с его помощью переменные электрические поля с частотами до десятков кГц.

Ключевые слова: волоконно-оптический интерферометр Майкельсона, деформация, щелевой волновод, жидкий кристалл, кольцевой резонатор, напряженность электрического поля.

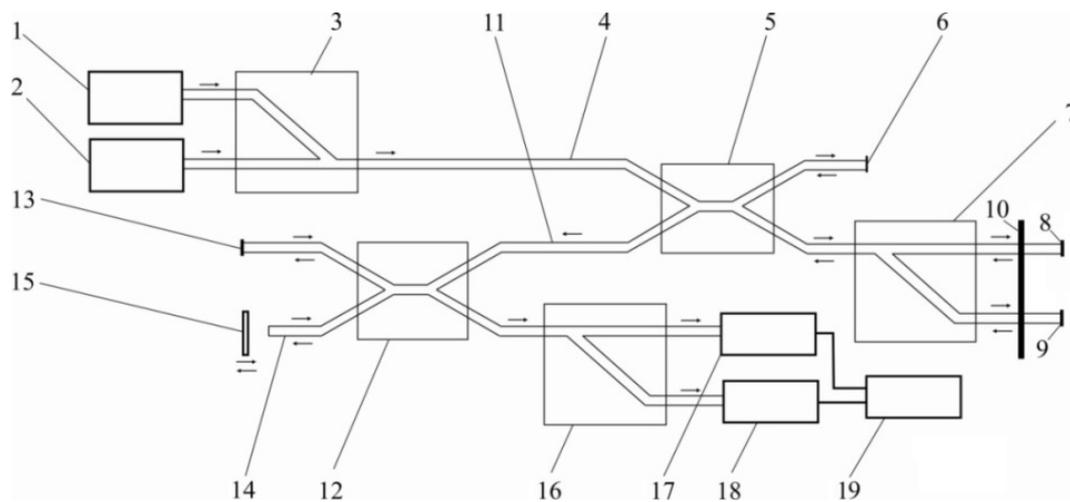
(Поступила в редакцию 11 февраля 2019 г.)

Введение. Оптические волноводные структуры представляют собой перспективные и потенциально привлекательные инструменты для создания информационно-измерительных систем различного назначения. В волоконно-оптических системах измеряемый параметр преобразуется в оптический сигнал, передающийся по оптоволокну. Современные волоконно-оптические датчики позволяют измерять многие физические параметры, например: давление, температуру, расстояние, положение в пространстве, скорость вращения, скорость линейного перемещения, ускорение, колебание, массу, уровень жидкости, деформацию, коэффициент преломления, электрическое поле, электрический ток, магнитное поле, концентрацию газа, дозу радиационного излучения и т. д.

Датчики на основе оптических волокон имеют значительные преимущества перед традиционными устройствами [1, 2]. Они отличаются высокой механической прочностью, стойкостью к повышенным температурам, вибрациям и другим воздействиям окружающей среды, отсутствием электромагнитных помех, химической инертностью, позволяют выполнять бесконтактные и дистанционные измерения. Кроме того, волоконно-оптические датчики могут использоваться во взрыво- и пожароопасных условиях, при затрудненном доступе для обследования.

Наибольшую точность измерений можно получить при использовании интерферометрических схем [3, 4]. В данной работе рассмотрены структурные схемы и принципы функционирования датчиков на основе волоконно-оптических интерферометров, позволяющих измерять величину и направление смещения (деформаций) контролируемых объектов, а также напряженности внешних электрических полей.

Датчик деформаций. Структурная схема датчика представлена на рисунке 1. Основу датчика составляют два волоконных интерферометра Майкельсона. 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) 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.



1, 2 – источник излучения λ_1 и λ_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 связанных с ним измерительных волокон приводит к изменению разности плеч интерферометра и, соответственно, к смещению интерференционной картины. Это смещение является относительным, и для отслеживания деформации волокна необходимо непрерывно производить измерения. Для измерения абсолютной деформации используется второй интерферометр, на вход которого поступает суммарный сигнал на двух длинах волн 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 на двух длинах волн (рис. 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. Растяжение одного из измерительных волокон приводит к дополнительному набегу фаз оптического сигнала в нем и, следовательно, к смещению боковых пиков. 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.

Два измерительных волокна необходимы для определения направления деформации. При этом в каждое из измерительных волокон подается сигнал на определенной длине волны. Оба измерительных волокна связаны жестким стержнем друг с другом и измеряемым объектом. Изгиб объекта в одном или противоположном направлении приводит к растяжению одного из измерительных волокон. В результате дополнительный набег фаз возникает именно в этом волокне, что дает смещение боковых пиков интерференционной картины на соответствующей длине волны (рис. 2а, б). Следовательно, сравнивая относительное смещение боковых пиков на разных длинах волн по отношению к исходному состоянию, можно определить направление деформации контролируемого объекта в плоскости его смещения.

На основе предложенного метода была разработана лабораторная установка интерферометрического датчика и проведено его экспериментальное исследование.

Для генерации стабилизированного излучения 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 мин не более $\pm 0,03$ дБ). Полуширина спектра излучения светодиодов составляла 10 нм. На выходные торцы измерительных и эталонного оптических волокон нанесено зеркальное диэлектрическое покрытие, что позволяет исключить фазовые искажения интерфери-

рующих 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 используемых длин волн. Для регистрации выходных сигналов с высокой точностью применялись 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). Обработка и визуализация сигналов производилась с помощью персонального компьютера.

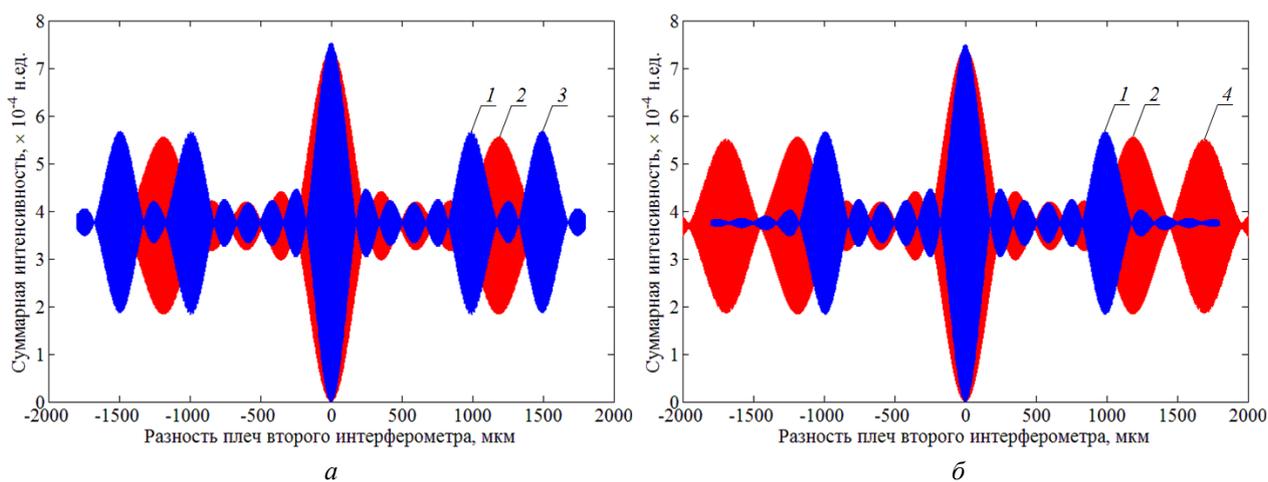


Рисунок 2. – Интерференционная картина на выходе второго интерферометра на длинах волн 1,31 (кривые 1, 3) и 1,55 (2, 4) мкм при выпуклой (а) и вогнутой (б) деформации контролируемого объекта. Кривые 1 и 2 описывают интерференционную картину в исходном состоянии интерферометра, 3 и 4 – при деформации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

При выпуклой деформации контролируемого объекта растяжению подвергается волокно, расположенное ближе к нему, 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, распространяющейся по дальнему измерительному волокну. На рисунке 3 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.

Как видно из рисунка 3, смещение пика интерференционной картины на выходе второго интерферометра прямо пропорционально 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.

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 смещения.

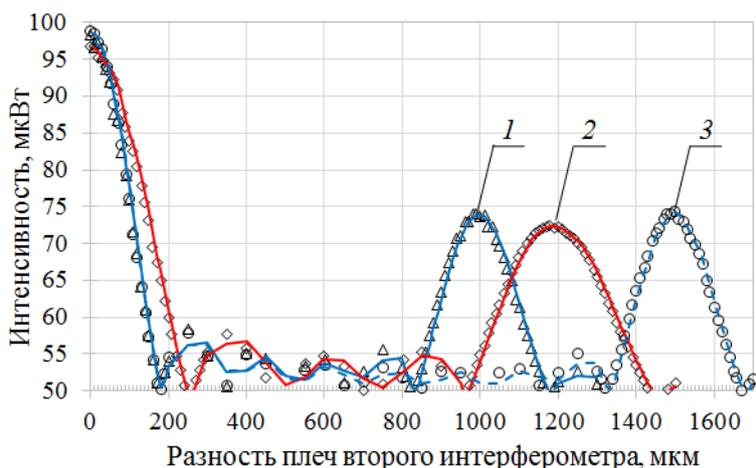


Рисунок 3. – Экспериментальная кривая огибающей интерференционной картины на выходе второго интерферометра

Датчик напряженности электрического поля. Для измерения напряженности внешних электрических полей нами предложен датчик на основе кольцевого микрорезонатора на базе волновода с вертикальной и горизонтальной щелью с заполнением жидким кристаллом (ЖК) [5–7]. Исследуемые структуры приведены на рисунке 4. Кольцевой микрорезонатор имеет набор резонансных длин волн [8]. Излучение, распространяющееся по входному волноводу на длинах волн, совпадающих с резонансными, поступает в кольцевой волновод. Оставшаяся часть излучения на других длинах волн распространяется дальше, практически не ответвляясь в микрорезонатор. Ответвленное в кольцевой волновод излучение переходит из него в выходной волновод. Таким образом, в выходной волновод поступает излучение узких спектральных диапазонов, центральные длины волн которых соответствуют резонансным длинам волн микрорезонатора. Ширина этих диапазонов задается коэффициентом связи кольцевого и прямых волноводов, а также параметрами самого микрорезонатора.

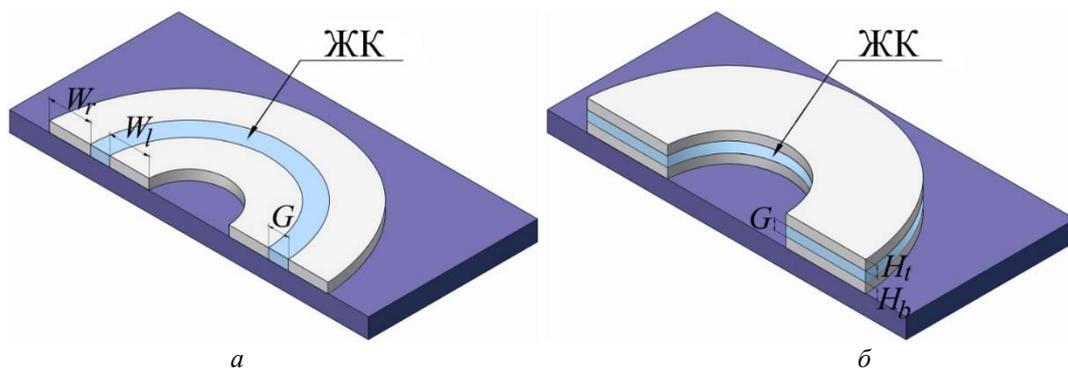


Рисунок 4. – Структуры микрокольцевого резонатора на основе волноводов с вертикальной (а) и горизонтальной (б) щелью с заполнением ЖК

Если щелевой волновод с заполнением ЖК внести во внешнее электрическое поле, показатель преломления ЖК, заполняющего щель, изменится пропорционально величине электрического поля. Это в свою очередь приведет к изменению эффективного показателя преломления щелевого волновода. В результате изменится оптическая длина кольцевого резонатора и сместится его резонансная длина волны. Это приведет к изменению интенсивности выходного сигнала на несущей длине волны, совпадающей с резонансной длиной волны невозмущенного резонатора. Таким образом, измеряя интенсивность выходного оптического сигнала на выходе резонатора, можно определять напряженность электрического поля, воздействующего на резонатор [9].

На рисунке 5 показана зависимость сигнала на выходе кольцевых микрорезонаторов на базе волноводов с горизонтальной и вертикальной щелью, заполненной ЖК, от напряженности внешнего электрического поля. Как видно из рисунка 5, датчики на основе горизонтальных щелевых волноводов более чувствительны к электрическому полю, чем вертикальные щелевые волноводы. Возможная причина этого – большие размеры

горизонтальной щели и, следовательно, большее количество заполняющего ее ЖК. При изменении напряженности электрического поля на 1 В/м ток фотодиода в таком датчике изменяется примерно на 150 нА (чувствительность датчика равна 150 нА/(В/м)). Датчик позволяет отслеживать изменение интенсивности электрического поля в пределах 1 В/м. Однако ширина диапазона измерений значительно уже в сравнении с датчиком с вертикальной щелью (порядка 10^5 В/м). При этом диапазон измерений может быть смещен выбором параметров резонатора или несущей длины волны оптического излучения. Так, например, начальное значение диапазона измерений на рисунке 5б смещено на величину 2×10^6 В/м. Таким образом, волноводы с вертикальной щелью можно использовать для грубого определения напряженности электрического поля, а резонаторы с горизонтально-щелевыми волноводами – для более точного ее измерения.

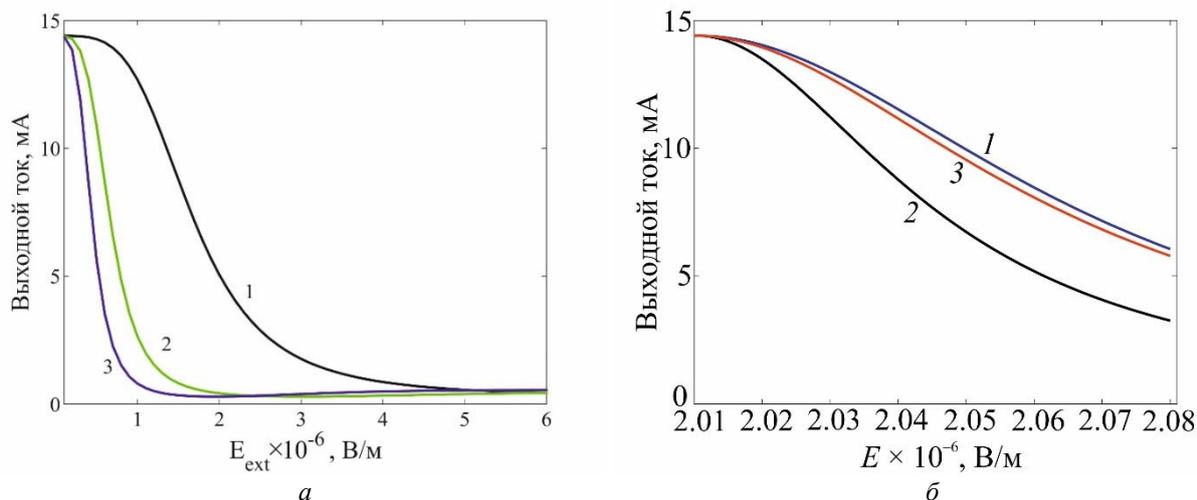


Рисунок 5. – Зависимость сигнала на выходе микрокольцевого резонатора на основе волновода с вертикальной (а) (ширина щели 100 (1), 200 (2), 300 (3) нм) и горизонтальной (б) (высота щели 150 (1), 250 (2) и 400 (3) нм) щелью, заполненной жидким кристаллом, от интенсивности внешнего электрического поля

Быстродействие устройства определяется временем установления стационарного режима в кольцевом микрорезонаторе и временем отклика ЖК. Изменение интенсивности оптического сигнала в кольцевом резонаторе представлено на рисунке 6. Кривые 1 и 3 построены для случая, когда значение эффективного показателя преломления ЖК $n_{жк}$ равно показателю преломления обыкновенной волны n_o , кривые 2 и 4 – при $n_{жк} = n_e$. Как следует из рисунка 6, через определенный временной интервал интенсивность оптического сигнала в резонаторе достигает насыщения, и в нем устанавливается стационарный режим. В кольцевом микрорезонаторе радиусом изгиба 16 мкм время установления стационарного режима составляет 24,10 пс (кривые 1 и 2), при радиусе изгиба 32 мкм стационарный режим устанавливается через 22,13 пс ($n_{жк} = n_o$, кривая 3) и 21,52 пс ($n_{жк} = n_e$, кривая 4).

Время отклика (время нарастания τ_n и время спада τ_c) ЖК может быть рассчитано при помощи выражений [10, 11]:

$$\tau_n = \frac{\gamma b^2}{K_{11} \pi^2} \left[\left(\frac{U}{U_\Phi} \right)^2 - 1 \right]^{-1}; \quad (1)$$

$$\tau_c = \frac{\gamma b^2}{K_{11} \pi^2}, \quad (2)$$

где K_{11} – коэффициент упругости, Н; γ – вращательная вязкость, Па·с; b – толщина слоя ЖК, м; U – приложенное напряжение, В; U_Φ – пороговое напряжение устройства, В.

Для ЖК 5СВ значения этих величин можно принять равными $K_{11} = 9,5$ пН; $\gamma = 0,125$ Па·с; $U_\Phi = 3,5$ В [11]. При напряжении порядка 10 В и ширине слоя ЖК (ширине

щели) b , равном 100 и 300 нм, рассчитанные суммарные значения времен нарастания и спада составляют приблизительно 0,01 и 0,12 мс соответственно.

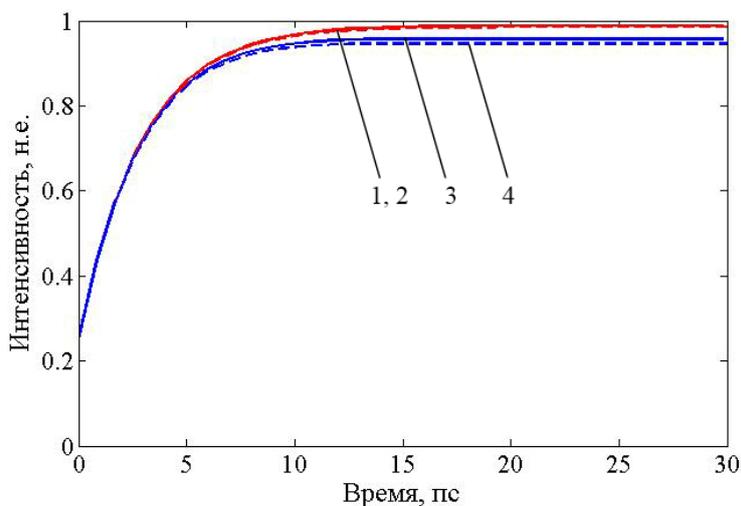


Рисунок 6. – Зависимость интенсивности оптического сигнала в кольцевых резонаторах с радиусом 16 (кривые 1, 2) и 32 (3, 4) мкм и коэффициентом связи 0,5 от времени. Кривые 1 и 3 соответствуют случаю, когда $n_{жк}$ равно показателю преломления обыкновенной волны n_o , 2 и 4 – показателю преломления необыкновенной волны n_e

Таким образом, быстродействие датчика на базе кольцевых микрорезонаторов на основе щелевых волноводов с ЖК заполнением ограничено в основном временем отклика ЖК и варьируется от десятков до сотен микросекунд, что позволяет измерять с их помощью переменные электрические поля с частотами до десятков кГц.

Заключение. В работе предложены конструкции и принципы функционирования датчиков на основе волноводных и волоконных резонаторов и интерферометров для измерения величины и направления деформаций измеряемых объектов и определения напряженности электрического поля. В основе датчиков лежат интерферометрические схемы, что позволяет достичь наибольшей точности измерения.

Векторный датчик на основе волоконных интерферометров позволяет измерять величину и направление деформаций и смещений измеряемых объектов. Диапазон измерения достигает 5 мм, точность определяется шагом перемещения сканирующего зеркала и на используемой элементной базе составила 10 мкм.

Датчик на основе микрокольцевых резонаторов на базе щелевых волноводов, заполненных ЖК, позволяет измерять напряженность электрических полей в диапазоне от 10 до 3×10^6 В/м с точностью до 1 В/м. Быстродействие датчика ограничено временем отклика ЖК и варьируется от десятков до сотен микросекунд, что позволяет измерять с его помощью переменные электрические поля с частотами до десятков кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гармаш, В.Б. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении / В.Б. Гармаш [и др.] // Фотон-экспресс. Наука. – 2005. – № 6. – С. 128–140.
2. Passaro, V.M.N. Electromagnetic field photonic sensors / V.M.N. Passaro, F. Dell’Olio, F. De Leonardis // Progress in Quantum Electronics. – 2006. – Vol. 30. – P. 45–73.
3. Li, L. All-fiber Mach-Zehnder interferometers for sensing applications / L. Li [et al.] // Optics Express. – 2012. – Vol. 20, № 10. – P. 11109–11120.
4. Thurner, K. Fiber-based distance sensing interferometry / K. Thurner [et al.] // Applied Optics. – 2015. – Vol. 54, № 10. – P. 3051–3063.
5. Barrios, C.A. Label-free optical biosensing with slot waveguides / C.A. Barrios [et al.] // Optics Letters. – 2008. – Vol. 33, № 7. – P. 708–710.
6. Dell’Olio, F. Optical sensing by optimized silicon slot waveguides / F. Dell’Olio, V.M. Passaro // Optics Express. – 2007. – Vol. 15, № 8. – P. 4977–4993.
7. Kargar, A. Design and optimization of waveguide sensitivity in slot microring sensors / A. Kargar, C.Y. Chao // J. Opt. Soc. Am. A. – 2011. – Vol. 28, № 4. – P. 596–603.

8. Ibrahim, T.A. Lightwave switching in semiconductor microring devices by free carrier injection / T.A. Ibrahim, W. Cao, Y. Kim // *J. Lightwave Technol.* 2003. – Vol. 21. – P. 2997–3002.
9. Goncharenko, I. Electric field sensing with liquid-crystal-filled slot waveguide microring resonators / I. Goncharenko, M. Marciniak, V. Reabtsev // *Applied Optics.* – 2017. – Vol. 56. – P. 7629–7635.
10. Shenoy, M.R. An electrically-controlled nematic liquid crystal core waveguide with a low switching threshold / M.R. Shenoy, M. Sharma, A. Sinha // *Journal of Lightwave Technology.* – 2015. – Vol. 33, № 10. – P. 1948–1953.
11. Yeh, P. *Optics of Liquid Crystal Displays.* 2nd ed. / P. Yeh, C. Gu. – Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2009. – P. 21–47.

METHODS AND MEANS FOR MEASUREMENT OF EXTERNAL INFLUENCES ON THE BASE FIBER-OPTIC INTERFEROMETERS

Vitaly Reabtsev

Igor Goncharenko, Grand PhD in Physical and Mathematical Sciences, Professor

Aleksandr Ilyushonok, 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. The development of the design and operation principles of the sensor on the base of fiber-optic interferometers and resonators, the use of which provides increasing of measuring accuracy.

Findings. Vectorial sensor on the base of fiber interferometers makes it possible to measure the value and direction of the controlled object deformation. The measurement range is up to 5 mm, the accuracy is defined by the step of the scanning mirror shift and is 10 μm . The sensors on the base of slot waveguide ring micro resonators with LC filling can be used for measuring the external electric fields in the range between 0 and 3×10^6 V/m with accuracy up to 1 V/m. The operating speed of the device is defined by the response time of the LC. The operating speed of the proposed device is limited mostly by the response time of the LC and varies from tens to hundreds of microseconds. That allows measuring the variable electric fields with frequencies up to tens of KHz.

Application field of research. The developed structure and operating principle of the proposed devices can serve as a basis for creating fiber-optic sensors for measuring the pressure, displacement of the controlled object and the external electric fields intensity.

Conclusions. The presented research showed that the use sensors on the base of fiber-optic interferometers and resonators makes it possible to measure of the controlled object deformation and electric field intensity with high accuracy.

Keywords: michelson fiber optic interferometer, deformation, slot waveguide, liquid crystal, ring resonator, electric field intensity.

(The date of submitting: February 11, 2019)

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. Nauka*, 2005. No. 6. Pp. 128–140. (rus)
2. Passaro V.M.N., Dell'Olio F., De Leonardis F. Electromagnetic field photonic sensors. *Progress in Quantum Electronics*, 2006. Vol. 30. Pp. 45–73.
3. Li L. et al. All-fiber Mach-Zehnder interferometers for sensing applications. *Optics Express*, 2012. Vol. 20, No. 10. Pp. 11109–11120.
4. Thurner K. et al. Fiber-based distance sensing interferometry. *Applied Optics*, 2015. Vol. 54, No. 10. Pp. 3051–3063.
5. Barrios C.A. et al. Label-free optical biosensing with slotwaveguides. *Optics Letters*, 2008. Vol. 33, No. 7. Pp. 708–710.
6. Dell'Olio F., Passaro V.M. Optical sensing by optimized silicon slot waveguides. *Optics Express*, 2007. Vol. 15, No. 8. Pp. 4977–4993.
7. Kargar A., Chao C.Y. Design and optimization of waveguide sensitivity in slot microring. *J. Opt. Soc. Am. A*, 2011. Vol. 28, No. 4. Pp. 596–603.
8. Ibrahim T.A., Cao W., Kim Y. Lightwave switching in semiconductor microring devices by free carrier injection. *J. Lightwave Technol*, 2003. Vol. 21. Pp. 2997–3002.
9. Goncharenko I., Marciniak M., Reabtsev V. Electric field sensing with liquid-crystal-filled slot waveguide microring resonators. *Applied Optics*, 2017. Vol. 56. Pp. 7629–7635.
10. Shenoy M.R., Sharma M., Sinha A. An electrically-controlled nematic liquid crystal core waveguide with a low switching threshold. *Journal of Lightwave Technology*, 2015. Vol. 33, No. 10. Pp. 1948–1953.
11. Yeh P., Gu C. *Optics of Liquid Crystal Displays*. 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2009. Pp. 21–47.

УДК 614.841.11:666.973.6

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТВЕРДОСТИ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ТЕМПЕРАТУРНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ, ИНДЕНТОРАМИ С УГЛАМИ РАСТВОРА КОНУСА 20–55°

Волосач А.В., Горовых О.Г.

Для установления очага пожара в сооружениях из ячеистого бетона предлагается определять среднюю твердость поледнего, зависящую от температуры воздействия. Дано описание применяемого для определения поверхностной твердости специального устройства и представлены результаты измерения глубины погружения инденторов с углами раствора конуса 20–55° в образцы из ячеистого бетона. При одинаковой ударной нагрузке глубина погружения индентора коррелирует с поверхностной твердостью исследуемых образцов ячеистого бетона. Приведены зависимости глубины погружения инденторов с разными углами раствора конуса на предварительно обработанные при различных температурах образцы ячеистого бетона, из которых видно, что при воздействии температуры в течение 15 мин и времени старения образцов 2 года разброс в значениях поверхностной твердости велик, и глубина погружения не является закономерно изменяемой величиной. В образцах, 20 мин подвергавшихся воздействию температур температур от 600 до 1000 °С, поверхностная твердость значительно снижается, что объясняется потерей сорбционной и химически связанной воды, зависимость погружения индентора от температуры становится более выраженной.

Ключевые слова: ячеистый бетон, термическое воздействие, индентор, поверхностная твердость, очаг пожара.

(Поступила в редакцию 16 января 2019 г.)

Введение. Статистические данные свидетельствуют о том, что в последние годы в Республике Беларусь, несмотря на уменьшение общего количества, сохраняется значительный уровень числа пожаров с материальными потерями и человеческими жертвами. Ежегодно в нашей стране происходит свыше 5 тысяч пожаров, к примеру, в 2018 г. их произошло 6104 [1]. Одной из серьезных проблем остаются вопросы, связанные с установлением очага пожара и определением его причины.

Реконструкция допожарной и пожарной обстановки сопряжена с существенными трудностями, вызванными изменениями, внесенными в нее пожаром; потерей механической прочности конструкций; механическим и химическим воздействием струй воды или других огнетушащих веществ; вскрытием конструкций и перемещением предметов пожарными и другими лицами, проводящими работы по спасанию людей и ликвидации ЧС [2].

Обнаружение очага пожара также является одной из главных задач при осмотре места ЧС. Решается она на основе информации, получаемой путем изучения термических поражений конструкций и предметов, и выявления так называемых очаговых признаков [3].

При расследовании причин возникновения пожаров крайне важно обнаружить и оценить любой элемент, любое вещественное доказательство, которое поможет найти очаг и причину ЧС. Одним из таких предметов, которые хранят информацию о предшествующем температурном и временном воздействии, могут являться ячеистые бетоны, как наиболее сохраняющиеся объекты на месте пожара.

Ячеистый бетон – это искусственный пористый строительный материал с характерной равномерно распределенной мелкодисперсной ячеистой структурой. Его физико-технические свойства соответствуют новым нормативным требованиям материало- и энергосбережения в малоэтажном и высотном каркасном строительстве, а сам ячеистый бетон зарекомендовал себя как отличный конструктивно-теплоизоляционный материал. Ячеистый бетон (газобетон) получают в результате поризации и гидратационного твердения рационально подобранной, тщательно перемешанной растворной смеси, состоящей из вяжущего, кремнеземистого компонента, порообразователей и добавок [4].

Использование ячеистого бетона в строительстве принимает все более масштабный характер. В настоящее время в Республике Беларусь годовой объем производства газобетонных изделий находится в пределах 3–4 млн м³ [5].

Ячеистый бетон – один из самых востребованных строительных материалов – может использоваться как для возведения несущих стеновых конструкций малоэтажных построек,

так и для заполнения каркасов поэтажно опертых стен многоэтажных зданий. Блоки из ячеистых бетонов предназначены для кладки наружных, внутренних стен, стен подвалов и перегородок зданий с относительной влажностью воздуха помещений не более 75 % и при неагрессивной среде.

Высокое качество изделий из ячеистого бетона обеспечивает снижение монтажных, эксплуатационных и экологических затрат, а также гарантирует долгий срок службы и качество жилья. Ячеистый бетон не содержит токсичного наполнения и не выделяет токсичных веществ. В случае пожара из него не поступают в окружающую среду газы, опасные для здоровья человека.

Благодаря пористой структуре ячеистый бетон легок и массивен. С одной стороны, он не горюч и прочен, как изделия из камня [4], с другой – обладает податливостью и легкостью, характерными для дерева. Строения, возведенные из ячеистого бетона, классифицируются как каменные строения, однако данный материал относится к легким бетонам, и тот микроклимат, который в нем формируется, весьма близок к климату дома из дерева. В отличие от построек из обычного кирпича или бетона, дом из ячеистого бетона «дышит» за счет пор в блоке. Прочность, превосходные теплоизоляционные свойства, долговечность, малый вес, негорючесть низкая, теплопроводность – плюсы, которые позволяют отнести данный материал к широко востребованным в строительстве.

Использование на строительном рынке изделий из ячеистых бетонов настоятельно требует исследования изменений их свойств при воздействии факторов пожара для восстановления картины предпожарной обстановки и выявления (обнаружения) очага пожара на основе научно подтвержденных методик физико-химического анализа объектов, подвергшихся воздействию высоких температур.

Постановка проблемы. В доступной для изучения литературе, в основном, отражены изменения, происходящие на пожаре от воздействия высоких температур на металлические, железобетонные и изготовленные из древесины конструкции. Закономерности же изменения свойств иных материалов, в том числе таких, как ячеистый бетон, при различной температуре и времени воздействия, которые помогут восстановить картину пожара, выявить области влияния наибольших температур и тем самым указать на возможный очаг пожара, недостаточно освещены в методических материалах о расследовании пожаров [3, 6–9].

Изменение свойств ячеистого бетона при длительном или кратковременном высокотемпературном воздействии, которое возникает во время пожара, требует дальнейшего изучения и использования выявленных закономерностей (изменение различных физико-химических свойств) при определении очага пожара.

Из работы [10] известно, что при тепловом воздействии вплоть до температуры 300 °С заметных, визуально наблюдаемых изменений на поверхности ячеистого бетона не происходит. Микротрещины в образцах из газобетона начинают образовываться при 400 °С.

В связи с этим визуальный осмотр поверхности газосиликатного бетона дает недостаточную информацию о величине температурного воздействия на данную конструкцию. Можно четко выявить только места, где температура воздействия превышала 400 °С или достигала величины 1000 °С.

Отмеченная в [10] зависимость интенсивности трещинообразования и ширины раскрытия трещин от температуры нагрева позволяет оценивать примерную температуру нагрева конструкций в тех или иных зонах пожара. Изменение внешнего вида ячеистого бетона говорит о его структурных изменениях и в первую очередь о разрушении перегородок межпорового пространства.

Одним из таких физических свойств, которое изменяется под воздействием высоких температур у ячеистых бетонов, является поверхностная твердость. Твердость – это способность материала сопротивляться упругой и пластической деформации при внедрении в него более твердого тела (индентора). Исходя из этой формулировки твердость можно определять у практически любых материалов, в том числе и ячеистого бетона. Т. е. для определения твердости у вспененных материалов с помощью теста на вдавливание необходимо только подобрать адекватный метод.

Однако закономерности изменения твердости ячеистых бетонов (скачкообразно, линейно или случайно) от воздействующей ранее температуры и продолжительности этого воздействия даже в фундаментальной работе А.Ф. Гаевой по ячеистым бетонам не отражены [11].

Твердость металлических материалов обычно определяют методом измерения твердости по Роквеллу и Бринеллю. Принципы измерения твердости по Роквеллу и Бринеллю различаются: твердость по Бринеллю представляет собой частное от деления усилия вдавливания на площадь отпечатка, а твердость по Роквеллу – отношение глубины проникновения индентора к единице деления шкалы прибора, который измеряет эту глубину (поэтому твердость по Роквеллу безразмерная, а по Бринеллю – измеряется в Па). В материаловедении также определяют твердость и микротвердость неметаллических материалов. Известно, что чем более неоднороден материал, тем больший по величине индентор. При этом угол раствора конуса изменяется вплоть до 90° , в зависимости от предполагаемой прочности материала. Например чугун имеет неоднородную структуру – там присутствует феррит, перлит, графит, цементит. Поэтому твердость чугуна – это усредненная величина, которая складывается из твердости всех этих структурных составляющих [12]. Инденторы для измерения твердости обычно изготавливают из стали, они имеют форму шарика или конуса, а также применяются алмазные пирамиды. Исключив алмазную пирамиду и понимая, что при применении конуса можно использовать меньшую ударную нагрузку, чем при применении индентора в виде шарика, остановились на изготовлении конических инденторов.

Проведенное исследование посвящено закономерностям изменения величины средней твердости (обозначается Н, от англ. *hardness* – твердость) ячеистого бетона в зависимости от предшествующего воздействия высоких температур при использовании различных инденторов.

Цель исследования – определить величину угла раствора прямого кругового конуса индентора для измерения поверхностной твердости ячеистых бетонов.

Методика экспериментальных исследований. Для исследований было подготовлено 60 образцов призм из ячеистого газобетона марки по средней плотности D500 согласно ГОСТ 31359-2007 [13] с усредненными размерами $100 \times 100 \times 120$ мм. Размеры образцов были обусловлены ограничениями оборудования – внутреннего пространства муфельной печи SNOL-8,2/1100 с цифровым терморегулятором.

Для эксперимента (термического воздействия) были отобраны образцы, не имеющие видимых повреждений и однородные по структуре, т. к. в [14] указано, что «на блоках не допускаются трещины, пересекающие более двух граней, несквозные трещины более чем по четырем граням, а также линзообразные и параллельные отдельные расслоения по высоте блока».

План подготовки к испытанию на определение поверхностной твердости предусматривал термическое воздействие на образцы в течение определенного времени. Для каждой температуры и времени воздействия было взято по 2 образца. Их помещали в муфельную печь, заранее разогретую до соответствующей температуры. После загрузки образцов в печь дополнительно поднимали температуру до требуемого значения, т. к. при открытии печи для загрузки она снижалась. Скорость подогрева от момента помещения образцов в печь до достижения требуемой температуры составляла 1° за 4–5 с. После достижения в печи соответствующей температуры выдерживали в ней образцы фиксированное время (15, 20 и 30 мин). Интервалы времени были выбраны исходя из статистических данных МЧС. Согласно сводной таблице боевой работы подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь за 12 месяцев 2018 г. время с момента получения сообщения до прибытия к месту на 99,8 % пожаров составляет менее 20 мин. Причем образцы, подвергшиеся температурному воздействию в печи в течение 15 мин, до испытания на поверхностную твердость подвергались двухлетней выдержке при температуре помещения; подвергшиеся температурной обработке в течение 20 мин хранились 1 год; выдержанные в печи в течение 30 мин – 1 месяц.

Затем образцы из ячеистого газобетона извлекали из печи. Охлаждение образцов проводили без дополнительного обдува в температурных условиях помещения лаборатории, хотя в реалиях пожара возможно и более интенсивное охлаждение конструкций при тушении пожара как водой, так и пеной.

Для определения поверхностной твердости ячеистого газобетона, подвергшегося воздействию высоких температур, применялся метод измерения глубины (мм) погружения индентора в образец по аналогии с известным методом определения твердости по Роквеллу. Для сообщения индентору ударно-поступательного движения было использовано специально разработанное для этих целей приспособление с ранее установленным количе-

ством витков и твердости пружины, обеспечивающей при ее сжатии необходимую силу удара. Общий вид изготовленного специального приспособления представлен на рисунке 1.

Оно состоит из сжимаемой жесткой пружины, пускового устройства, прикрепленного к пусковому устройству индентора, площадки, обеспечивающей перпендикулярность размещения устройства относительно исследуемого образца, и рукоятки.

Твердость материала обозначает его сопротивление пластической местной деформации при проникновении в него иного тела, которое не подвержено такой деформации. Из данного определения следует вывод, что твердость внедряемого тела должна превосходить таковую у испытуемого образца на достаточную величину. Поэтому в качестве материала индентора выбрали инструментальную сталь твердостью 217 МПа (НВ).

В испытаниях анализировали шесть инденторов, изготовленных из инструментальной стали У12 (рис. 2), имеющих правильную форму конуса и одинаковый размер диаметра – 7,5 мм, но разный угол раствора конуса (табл. 1).

Шероховатость поверхности конуса индентора после фрезерной обработки и шлифовки равнялась $Ra = 12,5$.

Поверхность для испытаний выбирали так, чтобы она была ровной и плоской, не имела грубых рисок, выбоин, царапин. Поверхность перед испытанием освобождали от пыли, обрабатывая мягкой кисточкой. Толщина контролируемого образца была как минимум больше 12-кратной глубины внедрения индентора.

Таблица 1. – Углы раствора конуса индентора

Номер индентора	1	2	3	4	5	6
Значение угла раствора конуса индентора	35	45	55	25	20	30

Для определения глубины погружения индентора использовался глубиномер Digital Tread Depth Gauge с диапазоном измерений от 0 до 25,4 мм, ценой измерения и погрешностью 0,01 мм (рис. 3).



Рисунок 1. – Общий вид используемого приспособления



Рисунок 2. – Внешний вид исследуемых инденторов



Рисунок 3. – Глубиномер Digital Tread Depth Gauge

Измерения проводились в такой последовательности: на исследуемый образец помещали устройство для внедрения индентора, предварительно сжав пружину, освобождали пусковое устройство, и индентор под воздействие ударной нагрузки погружался в исследуемый образец. Устройство размещали таким образом, чтобы оно отстояло от граней образцов не менее чем на 10 мм. Устройство убирали и измеряли глубину образовавшегося конического следа от индентора в исследуемом образце газобетона при помощи глубиномера. На каждом из образцов проводили не менее 5 измерений всеми инденторами. Вид образца со следами воздействия индентора приведен на рисунке 4.

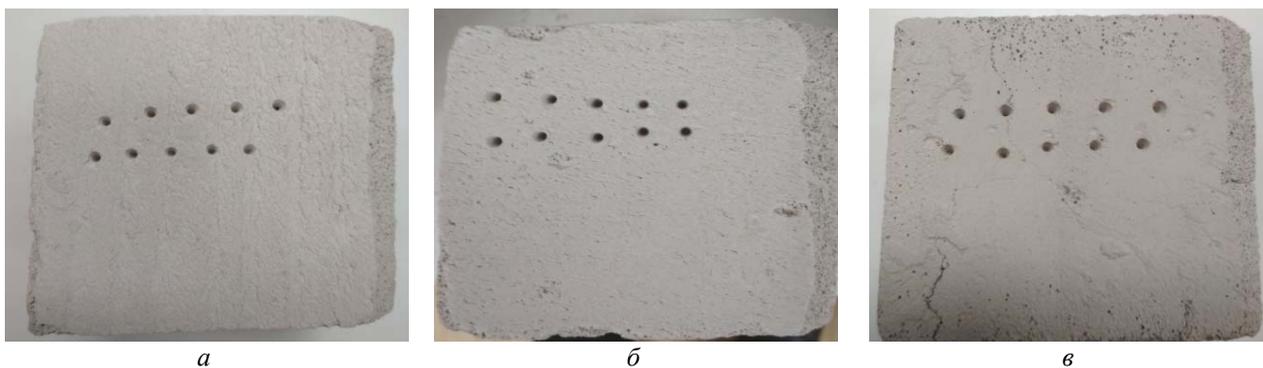


Рисунок 4. – Вид образцов, подвергнутых температурному воздействию 300 °С, со следами от внедрения индентора № 1 (время температурного воздействия: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

Суммарно было проведено 1800 измерений, причем измерения проводились на каждом из образцов каждым из шести инденторов. Каждый индентор погружали в один образец с одной стороны 5 раз.

Результаты экспериментальных исследований. На рисунках 5–10 представлены графики, отражающие изменение глубины погружения исследуемых инденторов (с доверительным интервалом) в образцы в зависимости от температуры в печи. Точка на графике отображает среднее значение глубины погружения индентора, полученное при проведении 10 измерений, по пяти на каждом из параллельных образцов.

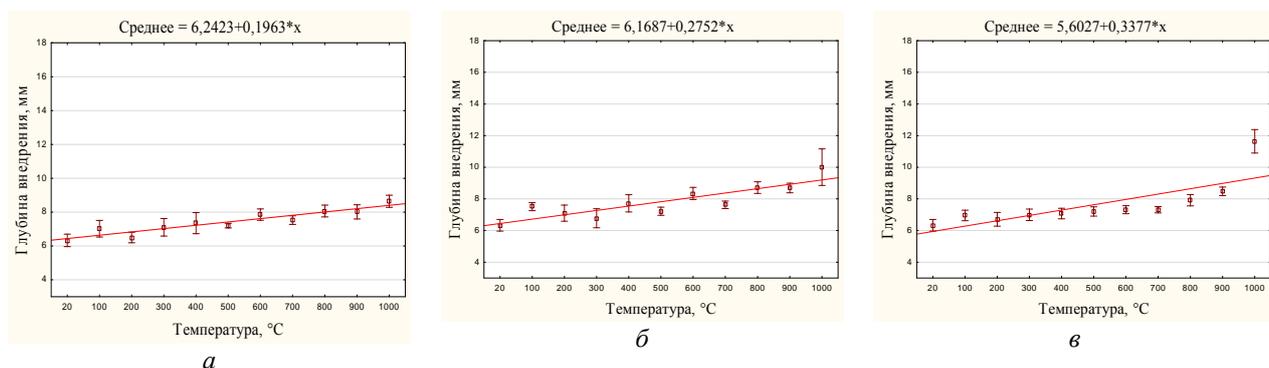


Рисунок 5. – Глубина внедрения индентора № 1 (время выдержки в печи: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

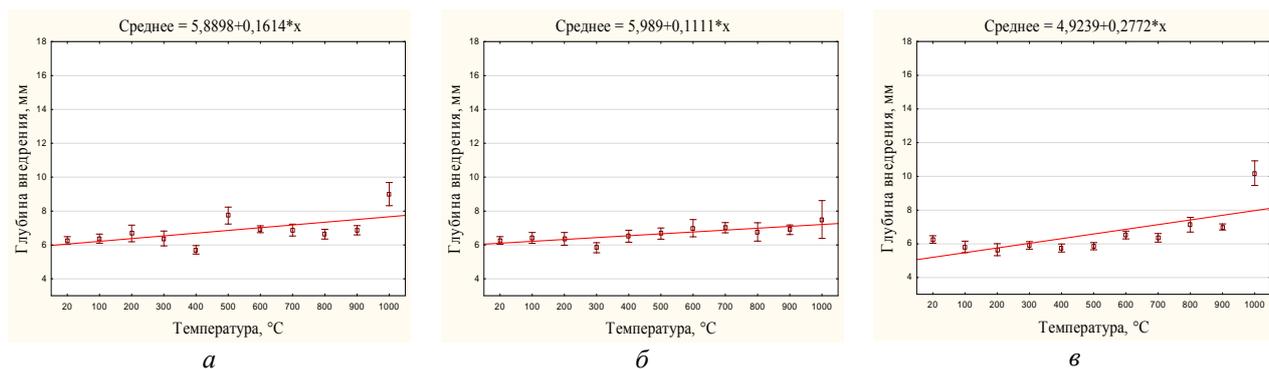


Рисунок 6. – Глубина внедрения индентора № 2 (время выдержки в печи: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

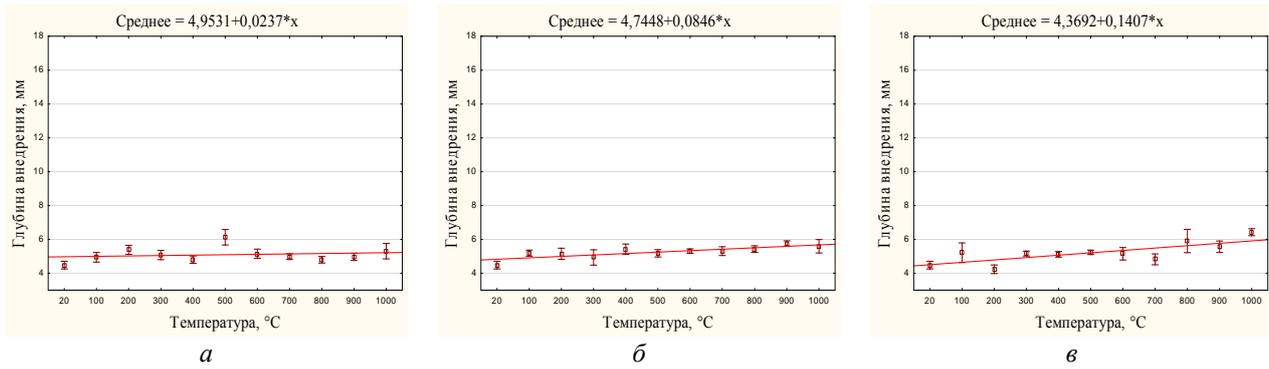


Рисунок 7. – Средняя глубина следа от внедрения индентора № 3 (время выдержки в печи: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

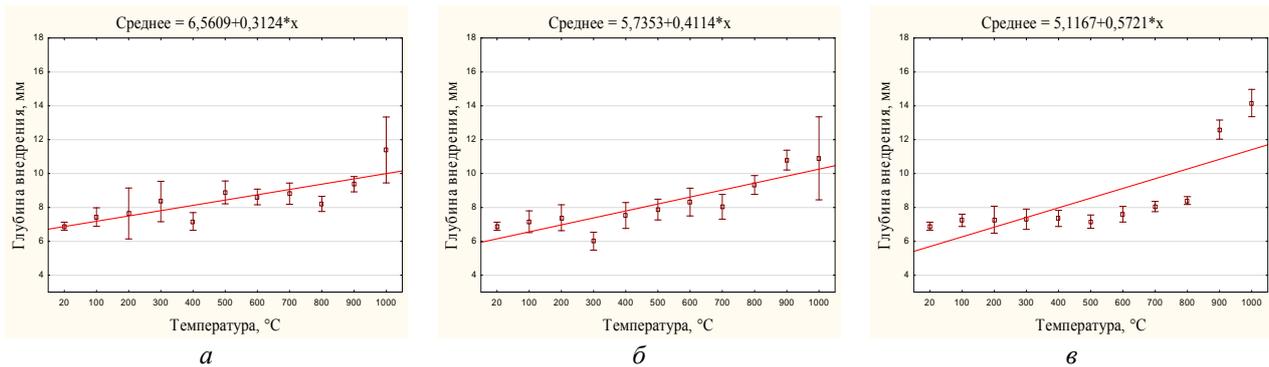


Рисунок 8. – Глубина внедрения индентора № 4 (время выдержки в печи: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

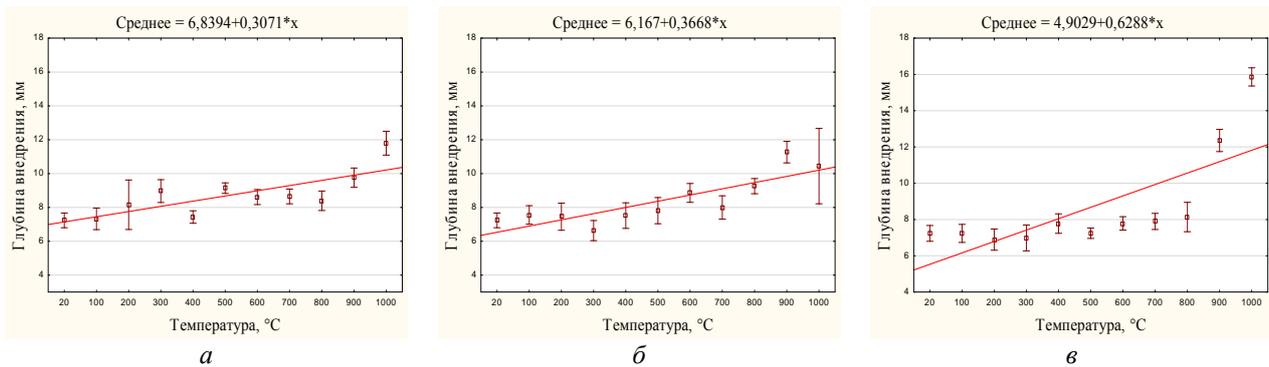


Рисунок 9. – Глубина внедрения индентора № 5 (время выдержки в печи: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

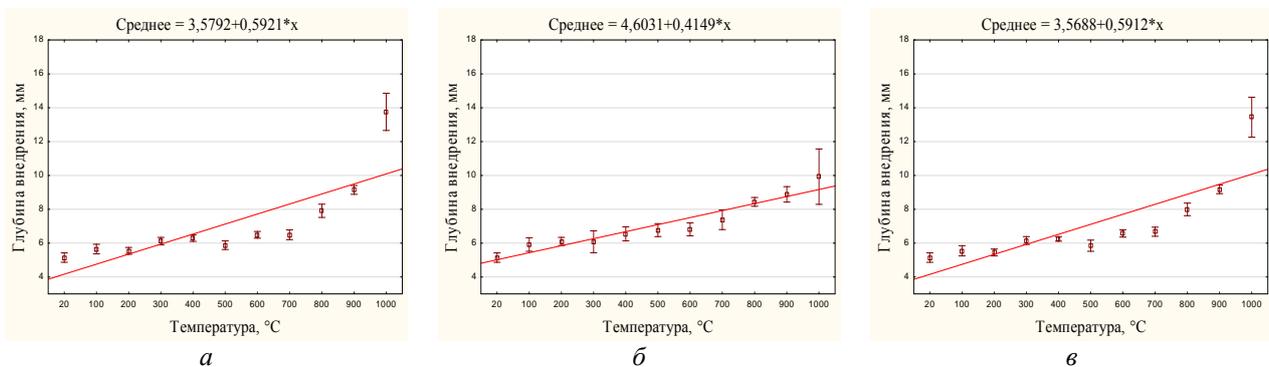


Рисунок 10. – Глубина внедрения индентора № 6 (время выдержки в печи: *а* – 15 минут; *б* – 20 минут; *в* – 30 минут)

Выводы. Результаты исследования показывают, что при малом времени воздействия температуры (15 мин) и большом времени старения образцов (2 года) разброс в полученных величинах глубины погружения индентора достигает 1,5 мм (рис. 6а–10а). Это говорит о том, что поверхностная твердость образцов меняется в результате хранения, и применять данный метод определения поверхностной твердости для установления предшествующей температуры воздействия надо в небольшой промежуток времени после действия высокой температуры на газосиликатные блоки.

При 20-минутном воздействии высокой температуры на образцы снижение твердости при увеличении температуры становится достаточно постепенным, просматривается закономерность: чем выше температура в печи, при которой выдерживались образцы, тем меньшая у них поверхностная твердость (рис. 10б).

При воздействии на исследуемые образцы высокой температуры в течение 20 мин независимо от угла раствора конуса индентора наибольшая твердость у анализируемых образцов наблюдается при температуре 200 °С (рис. 5в–10в). Это можно объяснить тем, что при нагревании до температуры 200 °С происходит потеря сорбированной и химически связанной воды, при этом твердость материала увеличивается. В дальнейшем при повышении температуры твердость начинает падать, что объясняется увеличением количества разрушений перегородок в межпоровом пространстве [10].

У инденторов № 3 и № 4 (угол раствора конуса 55 и 25°) глубина погружения индентора на образцах, выдержанных при температурах 200, 300 и 400 °С, то резко понижается, то возрастает на величину до 1 мм, что выделяет данные инденторы из других и говорит о невозможности использования данных углов заточки при измерении поверхностной твердости.

Из приведенных графиков видно, что при применении индентора № 6 (угол раствора конуса 30°) измеренная поверхностная твердость у образцов, выдержанных в печи при температуре более 700 °С, значительно отличается от поверхностной твердости у образцов газобетона, подвергшихся более низкой температуре воздействия. Отсутствуют области пересечения доверительных интервалов значений температур более 700 °С с более низкими температурами, что дает возможность четко определить те области в помещении, где поверхность блоков из ячеистых бетонов подверглась температуре более 700 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информация о чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mchs.gov.by/operativnaya-informatsiya/sutochnye-svodki-mchs/v-rb/234857>. – Дата доступа: 15.01.2019.
2. Горовых, О.Г. Определение очага пожара по визуально наблюдаемым изменениям ячеистого бетона после термического воздействия / О.Г. Горовых, А.В. Волосач // Судебная экспертиза Беларуси. – 2017. – № 1 (4). – С. 59–62.
3. Чешко, И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования) / И.Д. Чешко. – СПб.: СПБНИИПБ МВД Рос. Федерации, 1997. – 400 с.
4. Мартыненко, В.А. Теоретические и структурные свойства ячеистого бетона / В.А. Мартыненко // Theoretical foundations of civil engineering: Polish-Ukrainian transactions. – 2003. – Т. 21. – С. 177–186.
5. Сахаров, Г.П. Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе / Г.П. Сахаров // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф., Брест, Малорита, 22–24 мая 2012 г. / М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь; редкол. Н.П. Сажнев (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Стринко, 2012. – С. 32–36.
6. Чешко, И.Д. Анализ экспертных версий возникновения пожара / И.Д. Чешко, В.Г. Плотников. – СПб.: ф-л ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010. – 708 с.
7. Чешко, И.Д. Технические основы расследования пожаров: методич. пособие / И.Д. Чешко. – М.: ВНИИПО, 2002. – 330 с.
8. Таубкин, С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С.И. Таубкин. – М., 1999. – 201 с.
9. Зернов, С.И. Пожарно-техническая экспертиза / С.И. Зернов, В.А. Левин. – М.: ЭКЦ МВД России, 1991. – 76 с.
10. Горовых, О.Г. Изменение величины сорбции ячеистых бетонов после термического воздействия / О.Г. Горовых, А.В. Волосач // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2018. – № 1 (43). – С. 57–64.

11. Гаевой, А.Ф. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона / А.Ф. Гаевой, Б.А. Качура. – Харьков: Вища школа, 1978. – 224 с.
12. Розенберг, Ю.А. исследование твердости серого чугуна в приложении к процессу резания / Ю.А. Розенберг, А.К. Байкалов // Изв. Томского политехн. ин-та. – 1961. – Т. 96 (2). – С. 192–206.
13. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия: ГОСТ 31359-2007. – Введ. 1.01.2009. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. – 9 с.
14. Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия: СТБ 1117-98. – Введ. 01.04.1999. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1999. – 68 с.

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF SURFACE HARDNESS OF CELLULAR CONCRETES EXPOSED TO TEMPERATURE BY INDENTORS HAVING 20–55° ANGLES OF CONE OPENING

Olga Gorovykh, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Aliaksander Volosach

Branch «The Institute for Retraining and Professional Development» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», village Svetlaya Roshcha, Borisov area, Belarus

Purpose. Determination of angle of opening of a straight circular cone of indenter, to measure the surface hardness of cellular concrete.

Methods. Determination of the depth of immersion of steel indenters in samples of cellular concrete after high-temperature heating.

Findings. Experimental data on the change in hardness of cellular concrete, depending on the effects of high temperatures, have been obtained.

Application field of research. The results can be used to determine the fire in cellular concrete structures.

Conclusions. The angle of opening of the indenter cone has been determined, allowing to clearly identify those areas in the room where the surface of the blocks of cellular concrete was exposed to a temperature of more than 700 °C.

Key words: cellular concrete, thermal effect, indenter, medium hardness, fire.

(The date of submitting: January 16, 2019)

REFERENCES

1. *Emergency information*, available at: <https://mchs.gov.by/operativnaya-informatsiya/sutochnye-svodki-mchs/v-rb/234857> (accessed: January 15, 2019). (rus)
2. Gorovykh O.G., Volosach A.V. Opredeleniye ochaga pozhara po vizual'no nablyudayemym izmeneniyam yacheistogo betona posle termicheskogo vozdeystviya [Determination of the fire source by visually observable changes in cellular concrete after thermal exposure]. *Sudebnaya ekspertiza Belarusi*, 2017. No. 1. (4). Pp. 59–62. (rus)
3. Cheshko I.D. *Ekspertiza pozharov (ob"yekty, metody, metodiki issledovaniya)* [Expertise of fires (objects, methods, research methods)]. Saint Petersburg: Ministry of the Interior Russian Federation, 1997. 400p. (rus)
4. Martynenko V.A. Teoreticheskiye i strukturnyye svoystva yacheistogo betona [Theoretical and structural properties of cellular concrete]. *Theoretical foundations of civil engineering: Polish-Ukrainian transactions*, 2003. Vol. 21. Pp. 177–186. (rus)
5. Sakharov G.P. Razvitiye proizvodstva i primeneniye konstruktivnykh svoystv avtoklavnogo betona i izdeliy na yego osnove [Production development and improvement of the structural properties of autoclaved cellular concrete and products based on it]. *Proc. 7th Intern. scientific-practical conf. «Experience of production and use of cellular autoclaved concrete»*, Brest, Malorita, May 22–24, 2012. Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus. Minsk: Strinko, 2012. Pp. 32–36. (rus)
6. Cheshko I.D., Plotnikov V.G. *Analiz ekspertnykh versiy vozniknoveniya pozhara* [Analysis of expert versions of the occurrence of fire]. Saint Petersburg: Branch of the FSI VNIPO EMERCOM of Russia, 2010. 708 p. (rus)
7. Cheshko I.D. *Tekhnicheskiye osnovy rassledovaniya pozharov: Metodicheskoye posobiye*. [Technical bases of fire investigation]: manual. Moscow: VNIPO EMERCOM of Russia, 2002. 330 p. (rus)
8. Taubkin S.I. *Pozhar i vzryv, osobennosti ikh ekspertizy* [Fire and explosion, features of their expertise]. Moscow: VNIPO EMERCOM of Russia, 1999. 201 p. (rus)
9. Zernov S.I., Levin V.A. *Pozharno-tekhnicheskaya ekspertiza* [Fire and technical expertise]. Moscow: Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 1991. 76 p. (rus)
10. Gorovykh O.G., Volosach A.V. Izmeneniye velichiny sorbtzii yacheistykh betonov posle termicheskogo vozdeystviya [The change in the value of sorption of cellular concrete after thermal exposure]. *Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya*, 2018. No. 1(43). Pp. 57–64. (rus)

11. Gayevoy A.F., Kachura B.A. *Kachestvo i dolgovechnost' ograzhdayushchikh konstruktsiy iz yacheistogo betona* [The quality and durability of enclosing structures made of cellular concrete]. Kharkov: Vishcha shkola, 1978. 224 p. (rus)
12. Rozenberg Y.A., Baykalov A.K. Issledovaniye tverdosti serogo chuguna v prilozhenii k protsessu rezaniya [Study of the hardness of gray iron in the application to the cutting process]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo instituta*, 1961. Vol. 96 (2). Pp. 192–206. (rus)
13. *Betony yacheistyye avtoklavnogo tverdeniya. Tekhnicheskiye usloviya: GOST 31359-2007* [Concrete cellular autoclaved. Specifications: State standard 31359-2007]. Affirmed January 1, 2009. Minsk: Belarusian State Institute of Standardization and Certification, 2009. 9 p. (rus)
14. *Bloki iz yacheistyykh betonov stenovyye. Tekhnicheskiye usloviya: STB 1117-98* [Blocks of cellular concrete wall. Specifications: standard of Belarus 1117-98]. Affirmed April 1, 1999. Minsk: Belarusian State Institute of Standardization and Certification, 1999. 68 p. (rus)

УДК621.793

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОАЛМАЗАМИ**Вариков Г.А., Дрозд К.М., Жорник В.И.**

С использованием метода многомерного проектного синтеза разработана экспериментально-статистическая математическая модель процесса газотермического напыления композиционного полимер-наноалмазного покрытия для различных видов нано-размерного модификатора (очищенные наноалмазы детонационного синтеза (НАДС) и алмазосодержащая шихта (ША)), в которой в качестве управляющих параметров приняты концентрация модификатора в исходной полимер-наноалмазной порошковой композиции (C), давление горючей смеси (P), дистанция напыления (l) и толщина покрытия (h), а критериями оптимизации являются адгезионная прочность ($\sigma_{\text{сц}}$) и коррозионная стойкость (K). На основе полученных уравнений регрессии рассчитаны оптимальные параметры процессов газотермического нанесения композиционных полимер-наноалмазных покрытий на полиамидной матрице с различными видами наноалмазного модификатора, удовлетворяющих заданным показателям качества ($\sigma_{\text{сц}} = 10,0\text{--}15,0$ МПа, $K = 35\text{--}40$ сут), в следующих границах: для покрытия «полимер-НАДС»: $C = 0,15\text{--}0,21$ масс.%, $P = 0,15\text{--}0,25$ МПа, $l = 83\text{--}113$ мм, $h = 97\text{--}111$ мкм; для покрытия «полимер-ША-А»: $C = 0,18\text{--}0,26$ масс.%, $P = 0,20\text{--}0,30$ МПа, $l = 71\text{--}101$ мм, $h = 110\text{--}134$ мкм.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, многомерный проектный синтез, полимер-наноалмазное покрытие, оптимизация, режимы напыления, параметры качества.

(Поступила в редакцию 1 августа 2018 г.)

Введение. На расход ресурса металлических емкостей для хранения и доставки к месту пожара огнетушащих веществ наряду с другими факторами (конструктивное оформление, условия эксплуатации при действии циклической нагрузки, величина пробега и др.) существенное влияние оказывают коррозионные процессы, протекающие как под воздействием атмосферных факторов, так и при их иницировании самими огнетушащими веществами.

Существует множество способов защиты элементов конструкций и деталей машин от коррозии, включая применение коррозионно-стойких материалов, введение в потенциально корродирующую среду ингибиторов, нанесение защитных покрытий и др. Однако в каждом случае приходится решать задачу, каким из методов или в каком их сочетании можно получить наибольший экономический эффект. Современная защита металлов от коррозии базируется на целом ряде методов, включающих повышение химического сопротивления конструкционных материалов, изоляцию поверхности металла от агрессивной среды, понижение агрессивности производственной среды, снижение коррозии наложением внешнего тока (электрохимическая защита) и др. Наиболее распространенными на практике являются методы нанесения различных (металлических, полимерных, лакокрасочных и др.) коррозионно-стойких покрытий.

Применение технологий формирования покрытий из термопластичных полимеров для защиты от коррозии и изнашивания является одним из эффективных путей повышения долговечности деталей машин и элементов конструкций. Покрытия, формируемые дисперсными полимерами, успешно заменяют лакокрасочные, гальванические и получаемые гуммированием. В настоящее время существуют и широко используются разнообразные методы нанесения полимерных покрытий, позволяющие формировать покрытия различного значения на поверхностях изделий из материалов практически любой природы и конструкциях любой геометрии и размеров [1–4]. Общим для всех методов является нагрев полимера на определенной стадии процесса нанесения покрытия до температуры плавления и выше. Как правило, это происходит в результате термообработки. Исключением являются некоторые методы нанесения покрытий из растворов, у которых формирование полимерного слоя (реакция полимеризации) происходит без подвода тепла [5, 6]. Выбор методов нанесения полимерных покрытий определяется геометрическими параметрами покрываемых деталей и изделий, их конструктивными и технологическими особенностями,

условиями будущей эксплуатации, а также необходимой толщиной функционального полимерного слоя.

Наиболее экономичным и простым в реализации методом нанесения полимерных покрытий при ремонте ранее обработанных деталей или при защите элементов конструкций без разборки агрегатов на месте их эксплуатации является газопламенное напыление (ГПН), позволяющее формировать и оплавливать слой в одной технологической операции. Оборудование для газопламенного напыления имеет малый вес и габариты, не требует источников электропитания, может эксплуатироваться в нестационарных условиях [7].

Эффективным методом повышения физико-механических и антикоррозионных свойств наносимых покрытий из металлов, сплавов, пластмасс является их модифицирование наноразмерными компонентами. Наноразмерные частицы различной природы (металлические, оксидные, углеродные) способны оказывать существенное влияние на процесс формирования структуры гальванических, газотермических, электростатических и других покрытий. Например, применение в качестве модификатора наноалмазов детонационного синтеза (НАДС) или шихты алмазосодержащей (ША) обеспечивает формирование мелкодисперсной структуры материалов и покрытий на основе металлов, сплавов, пластмасс различного функционального назначения с существенным улучшением их эксплуатационных характеристик. Наноструктурированные покрытия различной природы и способов нанесения характеризуются высокой адгезионной и когезионной прочностью, высокой плотностью, повышенной сопротивляемостью межкристаллитной коррозии [8, 9].

Однако процесс газотермического нанесения наноконпозиционных полимерных покрытий является многопараметрическим, характер протекания структурообразования покрытия зависит от большого количества технологических факторов, а качество формируемого материала определяется значительным количеством показателей.

В связи со сказанным, цель настоящей работы заключалась в установлении количественных зависимостей между технологическими параметрами и показателями качества покрытий для возможности осуществления оптимизации процесса получения газотермического наноконпозиционного полимерного покрытия.

Материалы и методы исследования. Для построения экспериментально-статистической математической модели использовались результаты экспериментов, полученные при газопламенном нанесении покрытий из полиамида ПА-6 (ТУ 6-13-3-88) производства ОАО «Азот» (г. Гродно) грануляцией 100–160 мкм. В качестве наноразмерного модификатора использовались очищенные наноалмазы детонационного синтеза (НАДС) и алмазосодержащая шихта ША-А (ТУ РБ 100056180-2003), выпускаемые НП ЗАО «Синта» (г. Минск), имеющие размер частиц 4–30 нм и удельную поверхность $S = 200\text{--}450 \text{ м}^2/\text{г}$.

Газопламенное напыление композиционных полимер-наноалмазных покрытий выполнялось с использованием пропано-воздушного термораспылителя марки «ТЕРКО-П», разработанного Объединенным институтом машиностроения НАН Беларуси (ОИМ НАН Беларуси). Режимы нанесения, состав исходной порошковой смеси и геометрические параметры покрытия варьировались в пределах: дистанция напыления – 30–200 мм; давление горючей смеси – 0,05–0,30 МПа; концентрация наноразмерного модификатора – 0,10–0,50 масс.%; толщина напыленного покрытия – 50–300 мкм.

Для измерения толщины полимерных покрытий использовался цифровой магнитный толщиномер МТЦ-2М, разработанный Институтом прикладной физики НАН Беларуси. Прочность сцепления покрытия с основным металлом (адгезионная прочность) определялась штифтовым методом [10]. Для оценки коррозионной стойкости полимерных покрытий использовалась методика МИ-1.2001 ускоренных испытаний полимерных покрытий для гальванических ванн на коррозионную стойкость, разработанная в ОИМ НАН Беларуси на основе ГОСТ 9.072-72. Методика заключается в экспериментальном определении зависимости ресурса покрытий от свойств агрессивной среды. Критерием отказа (предельного состояния) является снижение измеряемого электрического сопротивления покрытия до величины сопротивления разрушения $R_{\text{пр.крит}}$.

При разработке математической модели процесса газотермического напыления наноконпозиционного полимерного покрытия с целью определения оптимальных технологических режимов использовался метод многомерного проектного синтеза, учитывающий особенности реальной нанотехнологической системы [11].

Полученные результаты и их обсуждение. Задача, решаемая при получении газотермического наноконпозиционного полимерного покрытия, состоит в выборе таких пара-

метров технологического режима и состава напыляемой полимер-наноалмазной композиции, которые в условиях производства обеспечивают стабильное получение покрытий с заданными свойствами. Качество покрытия зависит от состава полимер-наноалмазной композиции режимов напыления, а каждый из этих параметров, в свою очередь, зависит от ряда факторов, обладающих стохастичностью.

При разработке модельного описания процесса газотермического напыления нанокомпозиционного полимерного покрытия в качестве управляющих параметров (независимых переменных) приняты:

P_1 – концентрация наноразмерного модификатора, масс.%;

P_2 – давление горючей смеси, МПа;

P_3 – дистанция напыления, мм;

P_4 – толщина покрытия, мкм.

Исходя из функциональных требований к изделиям с композиционным полимер-наноалмазным покрытием в качестве критериев оптимизации (показателей качества) выбраны следующие характеристики покрытия:

K_1 – адгезионная прочность (прочность сцепления с основой), МПа;

K_2 – коррозионная стойкость, сут.

Для определения оптимальных технологических режимов с использованием метода математического моделирования процесса нанесения нанокомпозиционного покрытия было сформировано пространство технологических параметров нанесения покрытия, включающих концентрацию наноалмазного компонента полимер-алмазной порошковой композиции, давление горючей смеси в камере сгорания, дистанцию напыления и толщину наносимого покрытия. Допустимые границы изменения параметров были определены исходя из принципов возможности технической реализации процесса и его экономической оправданности (табл. 1).

Таблица 1. – Допустимые границы параметров для разработки модели

Параметр процесса	Концентрация модификатора, масс. %	Давление горючей смеси, МПа	Дистанция напыления, мм	Толщина покрытия, мкм
Диапазон изменения параметров процесса	0,10 – 0,50	0,05 – 0,30	30 – 200	50 – 300

Уровень требований к критериям качества, определенный из условий применения композиционных полимер-наноалмазных покрытий, представлен в таблице 2.

Таблица 2. – Требования к критериям качества композиционного полимер-наноалмазного покрытия для разработки модели

Показатель качества	Значение показателя
Адгезионная прочность ($\sigma_{сш}$), МПа	10,0 – 15,0
Коррозионная стойкость (K), сут	35,0 – 40,0

Разработка математической модели для компьютерного моделирования процесса газотермического напыления композиционного полимер-наноалмазного покрытия с полиамидной матричной фазой осуществлялась для двух вариантов реализации технологии, отличающихся типом применяемого наноразмерного модификатора: а) очищенные наноалмазы (НАДС); б) ультрадисперсная алмазосодержащая шихта (ША-А). Всего из пространства параметров было исследовано по 16 точек для каждого из видов модификатора. Получены образцы покрытий для исследования их свойств по уровню прочности сцепления с основой (адгезионная прочность) и коррозионной стойкости.

При математическом моделировании методами регрессионного анализа определялись значения коэффициентов регрессии для каждого уравнения: теоретические значения функций регрессии; среднеквадратические отклонения и ошибки.

Для каждого варианта в соответствии с технологическими режимами, заданными координатами параметров в многомерном пространстве, были получены образцы покрытий и определены физические значения критериев работоспособности (прочность сцепления и коррозионная стойкость) композиционного полимер-наноалмазного покрытия. Измерения критериев работоспособности проведены в соответствии с выбранными методиками оценки адгезионной прочности и коррозионной стойкости.

Усредненные значения результатов экспериментального исследования процесса газотермического напыления композиционных полимер-наноалмазных покрытий приведены в таблицах 3, 4.

Таблица 3. – Экспериментальные данные для математического моделирования процесса нанесения композиционного полимер-наноалмазного покрытия с модификатором НАДС

№	Параметры				Показатели	
	Концентрация модификатора, масс. %	Давление горючей смеси, МПа	Дистанция напыления, мм	Толщина покрытия, мкм	Адгезионная прочность, МПа	Коррозионная стойкость, сут
1	0,1	0,05	30	50	10,3	24,6
2	0,1	0,05	200	300	3,8	35,6
3	0,1	0,3	100	200	7,8	37,8
4	0,1	0,3	150	100	11,6	33,4
5	0,25	0,1	100	200	11,5	34,5
6	0,25	0,1	150	300	7,9	46,6
7	0,25	0,2	30	50	14,3	26,7
8	0,25	0,2	200	100	17,9	37,4
9	0,4	0,1	200	300	6,8	43,9
10	0,4	0,1	30	100	13,7	36,2
11	0,4	0,2	100	50	15,8	24,3
12	0,4	0,2	150	200	10,6	32,9
13	0,5	0,05	150	50	12,6	23,9
14	0,5	0,05	30	200	8,4	31,9
15	0,5	0,3	200	300	4,9	41,6
16	0,5	0,3	100	100	9,8	34,8

Таблица 4. – Экспериментальные данные для математического моделирования процесса нанесения композиционного полимер-наноалмазного покрытия с модификатором ША-А

№	Параметры				Показатели	
	Концентрация модификатора, масс. %	Давление горючей смеси, МПа	Дистанция напыления, мм	Толщина покрытия, мкм	Адгезионная прочность, МПа	Коррозионная стойкость, сут
1	0,1	0,05	30	50	9,4	18,2
2	0,1	0,05	200	300	2,5	33,7
3	0,1	0,3	100	200	6,9	35,5
4	0,1	0,3	150	100	10,4	30,7
5	0,25	0,1	100	200	10,3	29,4
6	0,25	0,1	150	300	6,8	42,3
7	0,25	0,2	30	50	13,1	24,7
8	0,25	0,2	200	100	15,8	35,8
9	0,4	0,1	200	300	4,9	40,3
10	0,4	0,1	30	100	10,7	35,1
11	0,4	0,2	100	50	14,9	21
12	0,4	0,2	150	200	9,6	30,8
13	0,5	0,05	150	50	10,7	20,8
14	0,5	0,05	30	200	6,7	31,2
15	0,5	0,3	200	300	3,3	40,9
16	0,5	0,3	100	100	8,7	31,3

На основании приведенного исследования предложены следующие причинно-следственные многокритериальные модели двух технологических систем:

– для системы нанесения покрытия «полимер-НАДС»

$$K_1 = -1649,015 + 5,707P_1 + 15,744P_2 + 190,493P_3 + 95,240P_4 - 0,103P_1^2 - 0,146P_2^2 - 10,201P_3^2 - 28,078P_4^2 + 6,014E-04P_1^3 + 7,893E-05P_2^3 + 0,173P_3^3 + 2,063P_4^3 - 1,431E-02P_1P_2 + 7,545E-02P_1P_4;$$

$$K_2 = 44682,880 - 274,615P_1 - 988,125P_2 - 3997,108P_3 - 2474,594P_4 + 4,280P_1^2 + 21,020P_2^2 + 222,230P_3^2 + 807,463P_4^2 - 1,974E-02P_1^3 - 0,146P_2^3 - 3,828P_3^3 - 64,482P_4^3 + 0,1513P_2P_4 - 6,729P_3P_4.$$

Погрешности аппроксимации для $K_1 - 3,0 \%$; $K_2 - 2,7 \%$;

– для системы нанесения покрытия «полимер-ША-А»

$$K_1 = -52,272 + 0,947P_1 + 9,232P_2 - 9,129P_3 - 15,293P_4 - 0,171P_1^2 - 0,193P_2^2 + 0,398P_3^2 + 3,575P_4^2 + 9,037E-02P_1^3 + 1,261E-03P_2^3 - 5,476E-03P_3^3 - 0,258P_4^3 - 1,219E-04P_1P_2P_4 + 6,159E-04P_1P_3P_4;$$

$$K_2 = -1757,271 + 59,881P_1 - 30,016P_2 + 266,047P_3 - 133,461P_4 - 0,270P_1^2 + 0,947P_2^2 + 1,256P_3^2 + 15,036P_4^2 - 0,242P_1P_2 - 0,174P_1P_3 - 0,275P_1P_4 - 0,468P_2P_3 - 0,791P_2P_4 + 0,020P_1P_2P_3.$$

Погрешности аппроксимации для $K_1 - 6,1 \%$; $K_2 - 4,5 \%$.

Выбор технически оптимального режима нанесения композиционного покрытия осуществлялся в результате решения обратной многокритериальной задачи по определению номинальных значений технологических параметров P_1-P_4 и предельно возможного отклонения от номинала, при котором обеспечивается требуемое значение качества по показателям K_1-K_2 .

Выбор технически оптимального варианта технологического режима программой СИНТЕЗ МК выполняется в автоматическом режиме. По выбранному варианту предоставляется типовой набор следующих сведений: значения параметров состава материала; область допустимых значений параметров состава; режимы технологии; область допустимых значений технологических режимов; характеристики создаваемого объекта; область возможных значений характеристик; показатели качества технологического процесса, в т. ч. уровень воспроизводимости свойств объекта; область возможных значений показателей качества. Кроме этого, выполняется построение дискретных портретов пространства управляющих параметров технологической системы. Путем решения обратной задачи определяется оптимальное пространство параметров.

Пространство оптимальных параметров определено в следующих границах:

для процесса нанесения наноконпозиционного покрытия «полимер-НАДС»: концентрация наноалмазов – 0,15–0,21 масс.%; давление горючих газов – 0,15–0,25 МПа; дистанция напыления – 83–113 мм; толщина покрытия – 97–111 мкм;

для процесса нанесения наноконпозиционного покрытия «полимер-ША-А»: концентрация наноалмазов – 0,18–0,26 масс.%; давление горючих газов – 0,20–0,30 МПа; дистанция напыления – 71–101 мм; толщина покрытия – 110–134 мкм.

Составлены технологические карты процесса нанесения композиционного покрытия, режимы которого обеспечивают получение покрытий с заданными свойствами (табл. 5, 6).

Таблица 5. – Технологическая карта режимов процесса получения наноконпозиционного покрытия «полимер-НАДС»

Параметры техпроцесса	Номинальное значение	Допуск на номинал
Концентрация НАДС, масс.%	0,18	±0,03
Давление горючей смеси, МПа	0,20	±0,05
Дистанция напыления, мм	98	±15
Толщина покрытия, мкм	104	±7

Таблица 6. – Технологическая карта режимов процесса получения наноконпозиционного покрытия «полимер-ША-А»

Параметры техпроцесса	Номинальное значение	Допуск на номинал
Концентрация ША-А, масс.%	0,22	±0,04
Давление горючей смеси, МПа	0,25	±0,05
Дистанция напыления, мм	86	±15
Толщина покрытия, мкм	122	±12

Проверка адекватности разработанных экспериментально-статистических моделей процесса газотермического нанесения композиционных полимер-наноалмазных покрытий для двух вариантов наноразмерного алмазного модификатора (НАДС и ША-А) в выбранном пространстве параметров оптимизации (концентрация наноразмерного модификатора, давление горючей смеси, дистанция напыления, толщина покрытия) с различным сочетанием их значений в установленном для каждого из них диапазоне осуществлялась путем сопоставления уровня свойств натуральных образцов композиционных покрытий с результатами компьютерного эксперимента (расчета). Значения технологических параметров, принятых в компьютерном и натурном экспериментах, приведены в таблице 7.

Таблица 7. – Условия эксперимента для оценки воспроизводимости свойств

Вариант	Концентрация модификатора, масс. %	Давление горючей смеси, МПа	Дистанция напыления, мм	Толщина покрытия, мкм
Модификатор НАДС				
1	0,2	0,2	100	100
2	0,15	0,15	90	110
3	0,2	0,25	110	105
Модификатор ША-А				
4	0,25	0,3	90	130
5	0,2	0,2	80	110
6	0,2	0,25	100	120

Свойства покрытий для натуральных образцов были определены по тем же методикам, которые использовались для определения критериев работоспособности покрытий при первичном эксперименте в пространстве управляющих параметров. Установлено, что при поддержании технологических режимов в заданных оптимальных интервалах (допусках) вероятность получения годных (соответствующих требованиям ТЗ) покрытий составляет 100 %, все значения критериев работоспособности лежат внутри допустимых интервалов. Результаты испытаний приведены в таблице 8.

Таблица 8. – Показатели качества покрытий, изготовленных по режимам в пределах полей допусков

Вариант	Способ определения показателя	Адгезионная прочность, МПа	Коррозионная стойкость, сут
1	расчет	10,8	35,8
	эксперимент	12,3	39,6
2	расчет	14,6	37,7
	эксперимент	13,5	39,4
3	расчет	12,9	36,3
	эксперимент	13,5	38,9
4	расчет	11,8	39,9
	эксперимент	12,9	35,2
5	расчет	14,5	38,0
	эксперимент	13,7	39,9
6	расчет	14,6	35,3
	эксперимент	13,1	38,7

Полученные данные натурального эксперимента подтверждают, что свойства композиционных покрытий, изготовленных по технологическим картам оптимальных параметров и измеренных в соответствии с разработанными методиками, находятся внутри допустимых интервалов критериев работоспособности (адгезионная прочность – 10–15 МПа; коррозионная стойкость – 35–40 сут). Отклонения расчетных значений критериев качества от соответствующих измеренных значений для натуральных образцов не превышают 15 %.

Выводы. Разработана экспериментально-статистическая математическая модель процесса газотермического напыления композиционного полимер-наноалмазного покрытия, в которой в качестве управляющих параметров (независимых переменных) приняты следующие материаловедческие и конструктивно-технологические факторы: концентрация модификатора в исходной полимер-наноалмазной порошковой композиции (масс. %), давление горючей смеси (МПа), дистанция напыления (мм) и толщина покрытия (мкм), а критериями оптимизации (показателями качества) являются адгезионная прочность (МПа) и коррозионная стойкость (сут).

С использованием полученных уравнений регрессии рассчитаны пространства оптимальных параметров процессов газотермического нанесения композиционных полимер-наноалмазных покрытий на полиамидной матрице с различными видами наноалмазного модификатора, удовлетворяющих заданным показателям качества ($\sigma_{сц} = 10,0\text{--}15,0$ МПа, $K = 35\text{--}40$ сут), в следующих границах:

для покрытия «полимер-НАДС»: концентрация наноалмазов – 0,15–0,21 масс.%; давление горючих газов – 0,15–0,25 МПа; дистанция напыления – 83–113 мм; толщина покрытия – 97–111 мкм;

для покрытия «полимер-ША-А»: концентрация наноалмазов – 0,18–0,26 масс.%; давление горючих газов – 0,20–0,30 МПа; дистанция напыления – 71–101 мм; толщина покрытия – 110–134 мкм.

Проверка адекватности разработанной модели показала, что отклонения расчетных значений критериев качества от соответствующих измеренных значений для натуральных образцов не превышают 15 %.

Разработанная экспериментально-статистическая математическая модель процесса газотермического напыления композиционного полимер-наноалмазного покрытия применима при обработке состава и технологических режимов нанесения коррозионно-стойких покрытий на поверхности подверженных коррозии деталей мобильных машин, технологического оборудования и металлоконструкций различного функционального назначения, включающих пожарные автоцистерны, стационарные емкости для хранения огнетушащих веществ и другие средства пожарно-технического вооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Довгяло, В.А. Композиционные материалы и покрытия на основе дисперсных полимеров. Технологические процессы / В.А. Довгяло, О.Р. Юркевич. – Минск: Наука і тэхніка, 1992. – 256 с.
2. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М.Л. Кербер [и др.]; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2009. – 556 с.
3. Протасов, В.Н. Теория и практика применения полимерных покрытий в оборудовании и сооружениях нефтегазовой отрасли: монография / В.Н. Протасов. – М.: Недра, 2007. – 374 с.
4. Grainger, S. Engineering coatings: Design and application (Second edition) / S. Grainger, J. Blunt. – Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2013. – 336 p.
5. Шабанова, В.П. Химия и физика полимеров со специальными свойствами: учеб. пособие / В.П. Шабанова. – Волгоград: РПК Политехник, 2004. – Ч. 2. – 63 с.
6. Автофоретическое формирование полимерных покрытий на поверхности алюминия и его сплавов / С.С. Симунова [и др.] // Изв. вузов. Сер. Химия и хим. технол. – 2008. – Т. 51, Вып. 5. – С. 27–30.
7. Долматов, В.Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение / В. Ю. Долматов. – СПб.: СПбГПУ, 2003. – 344 с.
8. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / П.А. Витязь [и др.]; под общ. ред. П.А. Витязя. – Минск: Беларус. навука, 2013. – 381 с.
9. Белоцерковский, М.А. Исследование возможности нанесения композиционных полимерных покрытий термораспылением экструдатов / М.А. Белоцерковский, А.В. Чекулаев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Прикладные науки. – 2005. – № 6. – С. 79–83.
10. Андреева, А.В. Адгезия в полимерных композиционных материалах: метод. указания / А.В. Андреева. – Саратов: Саратовский гос. тех. ун-т, 2011. – 26 с.
11. Vityaz, P.A. Computer methodology of systematic optimization designing of technological systems «rawmaterial–technology–final material» / P.A. Vityaz, O.V. Zhilinsky, T.V. Laktiushina // International Workshop «Mesomechanics: fundamental and applications» (MESO 2003) and the VII International Conference «Computer Aided Design of Advanced Materials and Technologies» (CADAMT'2003), August 18–23, 2003. – Tomsk, Russia: Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS. – P. 174–176.

OPTIMIZATION OF THE GAS-THERMAL SPRAY PROCESS POLYMERIC COATINGS MODIFIED BY NANOALAMASE

Gennadii Varikov

Kiril Drozd

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

Victor Zhornik, Grand PhD in Technical Sciences

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

Purpose. To evaluate the optimization of the process of gas-thermal spraying of polymer coatings modified with nanodiamonds. The research task was the choice of methods for applying polymer coatings, determined by the geometric parameters of the parts and products to be coated, their design and technological features, the conditions of future operation, and the required thickness of the functional polymer layer.

Methods. When developing a mathematical model for the process of gas-thermal spraying of a nanocomposite polymer coating for the purpose of determining optimal technological conditions, a multidimensional project synthesis method was used that takes into account the features of a real nanotechnological system.

Finding. An effective method of increasing the physical, mechanical, and anticorrosion properties of applied coatings from metals, alloys, and plastics is their modification by nanoscale components.

Application field of research. The use of coating technology from thermoplastic polymers to protect against corrosion and wear is one of the effective ways to improve the durability of machine parts and structural elements. Coatings formed by dispersed polymers successfully replace paint, galvanic and obtained by gummying.

Conclusions. The experimental-statistical mathematical model of the process of gas-thermal spraying of a composite polymer-nanodiamond coating was developed where the following materials and structural and technological factors were adopted as control parameters (independent variables): modifier concentration in the initial polymer-nanodiamond powder composition (mass %), pressure (MPa), inflow distance (mm), coating thickness (μm). The optimization criteria (quality indicators) are the following coating characteristics: adhesion strength (MPa) and corrosion resistance (days).

Keywords: computer simulation, multidimensional project synthesis, polymer-nanodiamond coating, optimization, spraying conditions, quality parameters.

(The date of submitting: August 1, 2018)

REFERENCES

1. Dovgialo A.V., Yurkevich O.R. *Kompozitsionnye materialy i pokrytiya na osnove dispersnykh polimerov. Tekhnologicheskie protsessy* [Composite materials and coatings based on dispersed polymers. Technological processes]. Minsk: Navuka i tekhnika, 1992. 256 p. (rus)
2. M. L. Kerber [and al.] *Polimernye kompozitsionnye materialy: struktura, svoystva, tekhnologiya* [Polymer composite materials: structure, properties, technology]. Ed. by. A.A. Berlina. Saint Petersburg: Professiya, 2009. 556 p. (rus)
3. Protasov V.N. *Teoriya i praktika primeneniya polimernykh pokrytiy v oborudovanii i sooruzheniyakh neftegazovoy otrasli* [Theory and practice of application of polymer coatings in equipment and facilities of the oil and gas industry]. Moscow: Nedra, 2007. 374 p. (rus)
4. Grainger S., Blunt J. *Engineering coatings: Design and application (2nd ed.)*. Sawston, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2013. 336 p.
5. Shabanova V.P. *Khimiya i fizika polimerov so spetsial'nymi svoystvami: ucheb.posobie* [Chemistry and physics of polymers with special properties]: tutorial. Volgograd: RPK Politekhnik, 2004. Part 2. 63 p. (rus)
6. Simunova S.S., Gorshkov V.K., Mesnik M.O., Pavlov E.A. Avtoforeticheskoe formirovanie polimernykh pokrytiy na poverkhnosti alyuminiya i ego splavov [Autophoretic formation of polymer coatings on the surface of aluminum and its alloys]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Seriya «Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya»*, 2008. Vol. 51, Iss. 5. Pp. 27–30. (rus)
7. Dolmatov V.Yu. *Ul'tradispersnye almazy detonatsionnogo sinteza. Poluchenie, svoystva, primeneniye* [Ultradispersed diamonds of detonation synthesis. Receiving, properties, applying]. Saint Petersburg: SPbGPU, 2003. 344 p. (rus)

8. Vityaz' P.A. *Nanoalmazny detonatsionnogo sinteza: poluchenie i primeneniye* [Detonation synthesis nanodiamonds: preparation and use]. Ed. by P.A. Vityaz'. Minsk: Belaruskaya navuka, 2013. 381 p. (rus)
9. Belotserkovskiy M.A., Chekulaev A.V. Issledovanie vozmozhnosti naneseniya kom-pozitsionnykh polimernykh pokrytiy termoraspyleniemekstrudatov [Study of the possibility of applying composite polymer coatings by thermal spraying of extrudates] *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Prikladnye nauki*, 2005. No. 6. Pp. 79–83. (rus)
10. Andreeva A.V. *Adgeziya v polimernykh kompozitsionnykh materialakh. Metodicheskie ukazaniya* [Adhesion in polymer composite materials]: methodical instructions. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2011. 26 p. (rus)
11. Vityaz P.A., Zhilinsky O.V., Laktiushina T.V. Computer methodology of systematic optimization designing of technological systems «rawmaterial–technology–final material». *International Workshop «Mesomechanics: fundamental and applications» (MESO 2003) and the VII International Conference «Computer Aided Design of Advanced Materials and Technologies» (CADAMT 2003), August 18–23, 2003*. Tomsk, Russia: Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS, 2003. Pp. 174–176.

УДК 629.10.061

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Абдуллаев А.А.

Проведен анализ факторов, повышающих вероятность возникновения аварийных ситуаций на объектах магистрального трубопроводного транспорта Азербайджанской Республики. Рассмотрены механизмы развития аварий в морских условиях. Даны рекомендации по повышению устойчивости функционирования магистральных трубопроводов в ЧС.

Ключевые слова: аварийная ситуация, нефтедобывающая отрасль, повышение устойчивости функционирования, аварийный разлив нефти, морской трубопровод.

(Поступила в редакцию 15 января 2019 г.)

Введение. Нефтяная промышленность в Азербайджане является старейшей и ведущей отраслью экономики [1]. Она играет важную роль в истории развития страны, но и несет в себе огромную опасность для окружающей среды.

Предприятия промышленности имеют ряд особенностей, которые могут влиять на устойчивость функционирования в условиях чрезвычайных ситуаций:

- аварийные ситуации и катастрофы оказывают негативные, представляющие высокую опасность, последствия: пожары, взрывы, загрязнение воды нефтью, а атмосферы – газом и продуктами горения;

- функционирование нефтедобывающих и транспортирующих объектов в большей степени зависит от наличия и работы источников электроснабжения;

- сосредоточенность объектов нефтедобывающей отрасли в определенных районах является причиной распространения опасных факторов ЧС на соседние объекты;

- значительная протяженность трубопроводов от места добычи нефти до конечного потребителя;

- наземный фонд объектов предприятий нефтедобывающей промышленности практически неустойчив к воздействию различных опасных факторов чрезвычайных ситуаций.

Повышение устойчивости функционирования (ПУФ) объекта экономики в условиях ЧС требует проведения следующих мероприятий: организационных (ОМ), инженерно-технических (ИТМ) и технологических (ТМ). ОМ выполняются заблаговременно и обеспечивают предварительную подготовку и планирование состава сил и средств, организацию действий органов управления объекта при возникновении или опасности возникновения ЧС.

ИТМ предусматривают повышение физической устойчивости производства, оборудования, зданий и сооружений, а также создание необходимых условий для быстрого восстановления производства, повышение защищенности людей от опасных факторов ЧС.

ТМ обуславливают обеспечение ПУФ объекта путем оптимизации технологического процесса, исключающего возможность образования вторичных поражающих факторов.

ПУФ нефтедобывающих объектов включают следующие мероприятия:

- подключение новых буровых установок, обеспечение устойчивости оборудования к вибрации в буровых скважинах;

- размещение отсекающих клапанов в скважинах;

- проверка в подземных емкостях наличия газа;

- создание надежной системы защиты оборудования от коррозии;

- создание резерва труб и запорных устройств различного сортамента;

- постоянный мониторинг герметичности трубопровода;

- автоматизацию процесса определения утечки транспортируемых веществ с последующей остановкой компрессорных станций.

Однако выполнение данных мероприятий не исключает возможности возникновения ЧС, поэтому вопрос повышения устойчивости функционирования объектов нефтедобывающей отрасли остается актуальным.

Статистика показывает, что преобладающее количество аварийных ситуаций и значительный объем наносимого ими ущерба на объектах нефтедобывающей отрасли связан с

авариями на объектах транспортировки нефтепродуктов, в частности нефтепроводах. Причинами возникновения аварийных ситуаций на нефтепроводах являются нижеследующие:

- коррозия металла трубопроводов;
- ошибки при проведении строительно-монтажных работ;
- дефекты труб и неисправность используемого оборудования;
- нарушение целостности трубопроводов как физическими лицами, так и организациями вследствие механических повреждений.

Мероприятия ПУФ магистральных трубопроводов нефтепродуктов. Известно, что большая часть нефти, добываемой в стране, транспортируется магистральными трубопроводами.

Одной из важных областей, привлекающих внимание с точки зрения техники безопасности в нефтедобывающей промышленности, является обеспечение безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов, в частности морских трубопроводов (МТ) [2]. Это обусловлено определенными условиями эксплуатации, которые могут стать причиной аварии:

- присутствие агрессивной морской среды оказывает влияние на материал трубопроводов;
- размещение МТ под водой ограничивает диагностику состояния трубопроводов и проведения регламентных работ;
- значительная протяженность и отсутствие промежуточных компрессорных станций не позволяет в короткие промежутки времени ограничить выход нефтепродуктов из поврежденного МТ;
- воздействие волнения моря, ветровой нагрузки и подводных течений, повышенной сейсмической активности, сложного строения рельефа дна затрудняет проведение подготовительных и контрольных мероприятий трассы, а также проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР);
- сложность, а порой и невозможность использования стандартных подходов для проведения регламентных работ и т. д.

В настоящее время лазерные локаторы, установленные в аэрокосмической технике и на борту летательных аппаратов, позволяют проводить мониторинг состояния трубопроводов. Проведенные мониторинговые исследования [3] показали, что существующая трубопроводная сеть уже исчерпала свои ресурсы, и непринятие соответствующих превентивных мер приведет к резкому увеличению аварийных ситуаций.

Для повышения устойчивости транспортировки нефти необходимо осуществление комплекса следующих ОМ и ИТМ в трубопроводном транспорте:

- перестройка и сооружение стационарных нефтепроводов с учетом безопасности эксплуатации в условиях ЧС;
- по возможности исключение наземного прохождения трубопроводов в зонах с вероятностью возникновения ЧС, запрет пересечения трубопроводами автомобильных и железных дорог;
- создание и усовершенствование автоматизированных систем безопасности трубопроводов для остановки утечки нефтепродуктов и отсечение аварийных областей;
- заглубленное исполнение трассировки трубопроводов в местах с высокой вероятностью разрушения;
- разработка и внедрение в отрасль современных нефтеперекачивающих и транспортирующих средств;
- внедрение бесперебойных источников и повышение устойчивости электроснабжения компрессорных пунктов путем проведения наземных кабельных линий.

Специальными мерами обеспечения безопасности МТ являются:

- установка особого режима, связанного с ограничительными мероприятиями в судостроительстве и хозяйственной деятельности, который определяется на республиканском уровне вдоль прохождения трассы МТ в охраняемых зонах (на расстоянии до 500 м от оси трубопровода);
- разработка и обеспечение достаточной коррозионной защиты МТ, что изначально в значительной степени будет определять его надежность и безопасность;
- защита перехода сухопутного участка к МТ путем использования изолирующих соединений с системой защиты от коррозии (фланец или муфта);

- устройство дополнительной защиты при проектировании МТ с учетом всех возможных последствий механических воздействий на трубопровод: возникновение и распространение растрескивания или смятия труб и сварных швов, которые могут возникнуть при строительно-монтажных работах и эксплуатации;
- повышение прочностных свойств трубной стали;
- дополнительное крепление, обеспечивающее устойчивость при эрозии морского дна;
- дополнительная защита от возможных повреждений от ударов, наносимых по трубопроводу якорями судов или рыболовецких тралов;
- обеспечение защиты от сейсмических колебаний;
- обеспечение системами защиты, исключающими транспортировку нефтепродуктов при нарушении ее технологического процесса;
- проведение анализа протяженности и выбор допустимых пролетов при проектировании и монтаже МТ, обеспечивающих устойчивость трубопровода на дне моря, а также расчет патрубков-ограничителей, препятствующих лавинному смятию трубопровода в процессе прокладки на значительной глубине;
- выполнение заглубления МТ в дно в местах его выхода на берег на отметке, располагающейся ниже прогнозируемой глубины размыва дна акватории или берегового участка, на весь период эксплуатации;
- прокладка МТ по поверхности дна моря только при условии обеспечения его неизменного проектного положения на весь период эксплуатации, исключающая вероятность его всплытия или смещения под воздействием внешних нагрузок или повреждения рыболовецкими тралами, якорями судов, а при необходимости предварительная подготовка дна акватории либо прокладка трубопровода заглублено в траншею;
- проектирование МТ с достаточным диаметром, обеспечивающим свободный от препятствий поток транспортируемого продукта (принимая радиус изгиба не менее 10 диаметров трубопровода в случае применения кривых искусственного гнутья или фитинговых изделий, что достаточно для свободного прохождения очистных и контрольных устройств).

В период эксплуатации МТ, несмотря на принимаемые выше перечисленные меры безопасности, существуют реальные угрозы их повреждения или нарушения работоспособности. К этим угрозам относятся: дефекты трубопровода (материала, соединений), нештатные технологические процессы и режимы, чрезвычайные ситуации техногенного характера, различные природные явления (процессы и явления в геологической среде, природно-климатические и геологические факторы), действия третьих лиц при проведении научной, промышленной, военной деятельности в районах размещения МТ, а также ряд других причин.

Проведенный анализ статистических данных аварий на МТ [2, 3] указывает на то, что основными причинами являются: коррозия – 50 %, механические повреждения (воздействия якорей, тралов) вспомогательных судов и строительных барж – 20 % и повреждения, вызванные штормами, размывами дна, – 12 % (рис. 1, [2]). При этом большинство инцидентов произошло на участках МТ в непосредственной близости от платформ (в пределах ~15,0 м), в том числе на стояках.

Согласно статистическим данным по аварийности МТ [2–6] установлено, что разработанные и принятые меры для повышения их надежности и безопасности позволили снизить интенсивность аварий до пределов 0,02–0,03 в год на 1000 км протяженности.

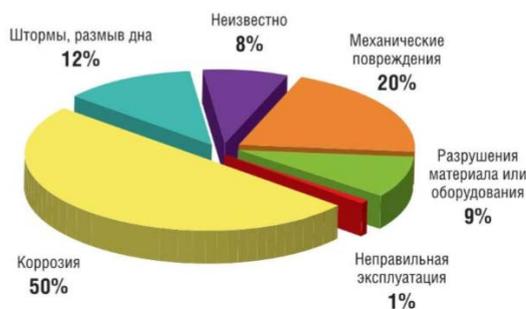


Рисунок 1. – Причины аварийных ситуаций на МТ

Аварии на МТ создают реальную опасность нарушения экологического равновесия морской и геологической сред в районах их использования.

В случае аварии на МТ экологический ущерб рассчитывается с учетом платежей за сверхнормативное загрязнение окружающей среды и стоимости работ по локализации и ликвидации аварийного разлива. В морских условиях истечения из-за отсутствия надежной системы обнаружения утечек, а также сложности проведения работ по ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов в море можно ожидать утечек с гораздо большим объемом, чем среднестатистические для наземных трубопроводов.

При авариях на МТ с нефтепродуктами происходят следующие процессы: растекание, эмульгирование, испарение, растворение [7].

Растекание нефти является основным фактором, влияющим на изменение нефтяного пятна при разливе. В начальный период разлива равномерное по всем направлениям от центра поля при спокойной воде растекание нефтепродуктов имеет наибольшую динамику. Скорость растекания нефти зависит от ее количества, вязкости, поверхностного натяжения и гидродинамических условий процесса: температуры воды, скорости ветра, волнения моря.

При разливах нефти может образоваться два вида эмульсий: «нефть в воде» (прямая эмульсия), которая составляет большую часть распределенной нефти, а также «вода в нефти» (обратная эмульсия). Несмотря на сходность условий образования эти два типа имеют существенные различия: прямая эмульсия приводит к исчезновению нефти с поверхности воды, однако при прекращении действия факторов, способствующих эмульгированию (например, при уменьшении волнения моря), нефтяное пятно имеет способность восстанавливаться, нефть всплывает на поверхность воды.

Скорость испарения зависит от химического состава и физических свойств нефти, геометрии слика, времени, температуры, ветровой нагрузки и волнения моря. Наиболее интенсивное испарение происходит в первые часы после попадания нефти в море.

По данным литературных источников [4, 7] при разливе нефти второй группы в течение 20 часов испаряется порядка $\frac{3}{4}$ ее количества. Остатки, состоящие из высокомолекулярных парафинов, в виде слика тонут. Приблизительно через 30 часов под воздействием внешних факторов (образование эмульсий и частичное погружение сликов) вязкость плавающей нефти несколько снижается.

Под растворимостью нефти в воде следует понимать растворимость ее отдельных фракций с учетом воздействия солнечной энергии, ветра, волнения моря и других факторов. Известно о слабой растворимости в целом отдельных фракций нефти в воде, причем легкие фракции растворяются в большей мере по сравнению с тяжелыми.

Учитывая высокую вероятность возникновения аварий на МТ с учетом статистических данных, анализа состояния существующих МТ, скоротечности процессов, происходящих с нефтепродуктами на поверхности морской воды, при планировании АСДНР при ликвидации аварийного разлива нефти следует принять во внимание то, что эффективность ее проведения напрямую зависит от времени реагирования.

В связи с этим необходимо решить ряд задач, таких как:

- сокращение времени принятия управленческого решения;
- постоянный мониторинг и прогнозирование развития ЧС, оценка обстановки и эффективное планирование мер по ее ликвидации с использованием точных моделей развития аварии;
- повышение уровня подготовки лица, принимающего управленческое решение, и, как следствие, эффективности решений, принимаемых в условиях стресса и высокой ответственности;
- оптимальное управление силами и средствами ликвидации ЧС с учетом скоординированности действий между службами, участвующими в ликвидации ЧС.

Учитывая тот факт, что выполнение работ по ликвидации аварийных разливов нефти требуется проводить в максимально короткий срок, необходимо совершенствовать организационные мероприятия ПУФ транспортирующих объектов нефтедобывающей отрасли республики (разработка организационно-планирующей документации ликвидации последствий аварийных разливов нефти, подготовка органов управления и сил, принимающих участие в проведении АСДНР и др.).

С целью улучшения организации и обеспечения своевременного принятия мер по ликвидации аварийных разливов нефти в республике принято решение по разработке национального плана ликвидации аварийных разливов нефти, который предусматривает алгоритм проведения АСДНР.

Заключение. Среди ЧС, происходящих на объектах нефтедобывающей отрасли, наиболее частыми и наносящими значительный ущерб окружающей среде являются аварии на МТ. В качестве мероприятий ПУФ для данных объектов предлагается совершенствовать организационные мероприятия ПУФ (разработку организационно-планирующей документации ликвидации последствий аварийных разливов нефти, подготовку органов управления и сил, принимающих участие в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ и др.).

С учетом скоротечности процессов, происходящих с нефтепродуктами на поверхности морской воды при возникновении аварий на МТ, перед руководителем ликвидации чрезвычайной ситуации стоит сложная задача организации всего перечня мероприятий по ликвидации последствий аварийных разливов нефти с учетом временных и ресурсных ограничений. Для оказания помощи руководителю ликвидации ЧС при принятии управленческих решений необходимо разработать национальный план ликвидации аварийных разливов нефти, который предусматривает алгоритм проведения АСДНР с учетом оптимизации временных интервалов на проведении мероприятий и их последовательности. В этой связи целесообразно привлечение математического аппарата, и в качестве такового может быть использован аппарат сетевого планирования, основная цель которого – сокращение до минимума продолжительности комплекса мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев, И. Каспийская нефть Азербайджана / И. Алиев. – М.: Известия, 2003. – 712 с.
2. Эксплуатация и ремонт морских трубопроводов [Электронный ресурс] // Наука и технологии. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/view/1114-Ekspluatatsiya-i-remont-morskih-truboprovodov>. – Дата доступа: 15.07.2018.
3. Лисанов, М.В. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности / М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.В. Савина [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 3. – С. 58–66.
4. Лисанов, М. Аварийность на морских нефтегазовых объектах / М. Лисанов, А. Савина, Е. Самуева, С. Сумской / Oil and Gas Journal Russia. – 2010. – № 5 (39). – С. 48–53.
5. Трубопроводы в США и Европе становятся более безопасными. Обзор иностранной прессы // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2005. – № 1. – С. 47–50.
6. Muhlbauer, W. Kent. Pipeline Risk Management Manuel / W. Kent Muhlbauer. – Gulf Publishing Company, 1992. – 256 p.
7. Маценко, С.В. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов на море и внутренних акваториях. Расчет достаточности сил и средств: методические рекомендации / С.В. Маценко, Г.Г. Волков, Т.А. Волкова. – Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2009. – 78 с.

IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF FUNCTIONING OF OBJECTS OF THE MAIN PIPELINE TRANSPORT OF THE AZERBAIJAN REPUBLIC IN EMERGENCY SITUATION

Adil Abdullaev

Crisis Management Center of the Ministry for Emergency Situations
of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

Purpose. The analysis of factors that increase the likelihood of emergency situations at the facilities of the main pipeline transport of the Azerbaijan Republic. Recommendations for improving the sustainability of the operation of trunk pipelines in emergencies.

Methods. The methods of analysis and planning have been used in the research.

Findings. The recommendations have been given to reduce the number of problems and to increase consequently the effectiveness of the response to emergency oil spill.

Application field of research. The obtained data can be used in the field of planning of management decisions.

Conclusions. Among the emergencies occurring at the oil industry facilities, accidents at sea pipelines are the most frequent and they cause a significant environmental damage. The recommendations will allow increasing the quality of response to oil spill emergencies at the main sea pipelines of the Azerbaijan Republic.

Keywords: emergency situation, oil industry, improving operational stability, emergency oil spill, sea pipeline.

(The date of submitting: January 15, 2019)

REFERENCES

1. Aliev I. *Kaspiyskaya neft' Azerbaydzhana* [Caspian oil of Azerbaijan]. Moscow: Izvestiya, 2003. 712 p. (rus)
2. Ekspluatatsiya i remont morskikh truboprovodov [Operation and repair of offshore pipelines], available at: <https://neftegaz.ru/science/view/1114-Ekspluatatsiya-i-remont-morskikh-truboprovodov> (accessed: July 15, 2018). (rus)
3. Lisanov M.V., Sumskey S.I., Savina A.V. et al. Analiz riska magistral'nykh nefteprovodov pri obosnovanii proektnykh resheniy, kompensiruyushchikh otstupleniya ot deystvuyushchikh trebovaniy bezopasnosti [Risk analysis of main oil pipelines in justifying design solutions that compensate for deviations from current safety requirements]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2010. No. 3. Pp. 58–66. (rus)
4. Lisanov M., Savina A., Samuseva E., Sumskey S. Avariynost' na morskikh neftegazovykh ob'ektakh [Accident on offshore oil and gas facilities]. *Oil and Gas Journal Russia*, 2010. No. 5. Pp. 48–53. (rus)
5. Truboprovody v SShA i Evrope stanovyatsya bolee bezopasnymi. Obzor inostrannoy pressy [Pipelines in the US and Europe are becoming safer. Foreign press review]. *Truboprovodnyy transport: teoriya i praktika*, 2005. No. 1. Pp. 47–50. (rus)
6. Muhlbauer W. Kent *Pipeline Risk Management Manuel*. Gulf Publishing Company, 1992. 256 p.
7. Matsenko S.V., Volkov G.G., Volkova T.A. *Likvidatsiya razlivov nefti i nefteproduktov na more i vnutrennikh akvatoriyakh. Raschet dostatochnosti sil i sredstv: metodicheskie rekomendatsii* [Oil and oil spill response to the sea and inland areas. Calculation of the adequacy of forces and means: guidelines]. Novorossiysk: Admiral Ushakov Maritime State University, 2009. 78 p. (rus)

УДК 614.846.63:004.94

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЦИСТЕРНЫ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ АЦ-5.0-50/4 НА БАЗЕ ШАССИ МАЗ-5337 МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ковтун В.А., Короткевич С.Г., Пасовец В.Н., Тодоров И.

Проведены исследования напряженного состояния сварных швов пожарной автоцистерны АЦ-5.0-50/4 на базе шасси МАЗ-5337 с применением подходов адаптивного компьютерного моделирования. По критерию прочности оптимизированы элементы существующей конструкции. На основе расчетов разработаны решения по модернизации конструкции цистерны пожарного автомобиля с целью повышения эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, цистерна, напряжение, коэффициент запас прочности, сварной шов, компьютерное моделирование, элементы конструкции.

(Поступила в редакцию 8 января 2019 г.)

Введение. Одной из тенденций, наблюдаемых при производстве современной техники, в том числе и пожарной аварийно-спасательной, является снижение материалоемкости при повышении нагрузочно-скоростных показателей. Так, при производстве пожарных автоцистерн получили распространение тонкостенные конструкции чехоманного сечения (рис. 1), применение которых позволило увеличить полезный объем емкости цистерны. При эксплуатации таких пожарных автомобилей, особенно в режимах разгона и торможения, а также при движении по пересеченной местности за счет перемещения жидкости относительно резервуара цистерны места сварных соединений конструктивных элементов подвергаются значительным повторно-переменным нагрузкам [1–3]. Результат действия данных нагрузок на сварные соединения проявляется в образовании и развитии трещин с последующим нарушением герметичности цистерн. Устранение указанных повреждений автоцистерны требует проведения трудоемких технологических операций, связанных с монтажно-демонтажными и сварочными работами, что ведет к длительному простоя техники и снижению боеспособности подразделения.

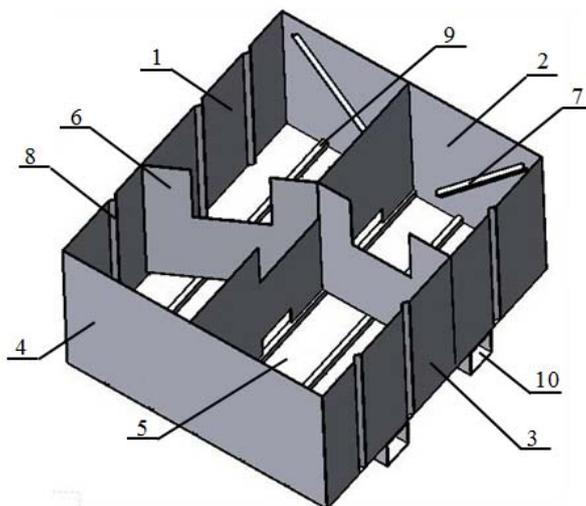


Рисунок 1. – Конструкция цистерны пожарного автомобиля (без верхней части):

- 1, 3 – передняя и задняя стенки цистерны; 2, 4 – боковые стенки цистерны, 5 – дно цистерны;
6 – волноломы (внутренние продольные и поперечные); 7, 8 – ребра жесткости;
9 – поперечные усиления в виде П-образных профилей; 10 – продольные лонжероны

Анализ записей в журналах учета технического обслуживания и ремонта техники производственно-технических центров Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, расположенных в Минске и Гомеле, за 2014–2017 гг. показал, что значительное количество пожарных автомобилей ремонтируются по причине нарушения герметичности цистерны [4]. С учетом того, что 90 % от выездов всей пожарной аварийно-

спасательной техники подразделений МЧС составляет выезд пожарных автоцистерн, можно отметить, что обеспечение эксплуатационной надежности пожарных автоцистерн является актуальным направлением исследования в целях повышения ресурса цистерн пожарных автомобилей, модернизации существующих и разработки новых конструктивных решений.

Одним из путей решения данной проблемы обеспечения необходимой эксплуатационной надежности пожарных автоцистерн является научно обоснованное изменение конструкции за счет применения дополнительных ребер жесткости. Однако определение необходимого количества ребер жесткости и выбор мест их установки при минимальном увеличении массы пожарного автомобиля является сложной технической задачей, решение которой требует значительных временных затрат.

Таким образом, цель работы состояла в повышении эксплуатационной надежности пожарных автоцистерн за счет усиления конструкции.

Методология проведения исследований. Для достижения поставленной цели работы был применен методологический подход, основанный на совокупном использовании результатов экспериментальных измерений и компьютерного моделирования. Исследование напряженно-деформированного состояния цистерны пожарного автомобиля проведено с использованием методов компьютерного моделирования. Для расчетов применялся программный продукт ANSYS. В качестве исходных параметров моделирования использовались геометрические размеры деталей цистерны, физико-механические характеристики материалов и предварительно измеренные значения ускорения, возникающего при вибрации конструктивных элементов [5].

Для проведения эксперимента был выбран пожарный автомобиль с объемом цистерны 5 м³ на базе шасси МАЗ-5337 как наиболее распространенный в эксплуатации и уже вышедший из гарантийного периода обслуживания. Порядок проведения испытаний, разработки компьютерной модели и расчета в программном продукте ANSYS описаны в статьях [6, 7].

Результаты исследования. Согласно проведенным исследованиям, опубликованным в [6], максимальные нагрузки конструкция цистерны пожарного автомобиля испытывает при движении по проселочной дороге с неровностями при максимально возможной скорости (25 ± 5) км/ч. После проведения расчетов в программном комплексе ANSYS анализ распределения полей эквивалентных напряжений по Мизесу позволил установить области, испытывающие наибольшее напряженно-деформированное состояние [8, 9]. Расчетные значения максимальных зафиксированных эквивалентных напряжений по Мизесу в конструкции цистерны пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ-5337 при данном режиме движения представлены в таблице 1. Также в таблице 1 представлены значения коэффициента запаса прочности в наиболее нагруженных местах цистерны, которыми являются сварные соединения, что позволяет судить о надежности конструкции и ее способности выдерживать нагрузки выше расчетных, а также о необходимости внесения изменений в конструкцию.

При этом необходимо отметить, что рекомендованные значения коэффициентов запаса прочности для пожарных автоцистр в литературе отсутствуют [10–13], а их выбор осуществляется на основе опыта эксплуатации аналогичных изделий и составляет 1,7–1,8. Также при определении допустимых напряжений для сварных швов используется понижающий коэффициент $\varphi = 0,8–0,85$, который учитывает, что в околошовной зоне снижаются механические характеристики основного металла [14], а доступными видами контроля сварных швов являются лишь визуальный и испытания гидростатическим давлением [15, 16].

Таблица 1. – Результаты исследования напряженного состояния сварных швов цистерны пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ-5337 в заводском исполнении

Сварные швы в конструкции цистерны	Максимальные значения эквивалентных напряжений по Мизесу, σ_{max} , МПа	Коэффициент запаса прочности, n
Угловые, соединяющие переднюю, заднюю и боковые стенки цистерны	145 ± 10	1,17
Торцевые, соединяющие волноломы со стенками цистерны	136 ± 9	1,23
Нахлесточное, крепящее ребра жесткости к боковым стенкам цистерны	148 ± 8	1,15

Исходя из вышеизложенного с целью обеспечения эксплуатационной надежности пожарных автоцистерн проведены проектные расчеты и разработаны следующие конструкторские решения. Для снижения возникающих напряжений в угловых сварных соединениях стенок цистерны пожарного автомобиля АЦ-5.0-50/4 на базе шасси МА3-5337 и сварных соединениях волноломов к стенкам предложена дополнительная установка косынок, выполненных в различных исполнениях. На рисунке 2а представлена косынка в виде полосы, которая расположена в вертикальной плоскости под углом 45° к находящимся в контакте стенкам. На рисунке 2б представлена косынка в виде уголка с аналогичным расположением.

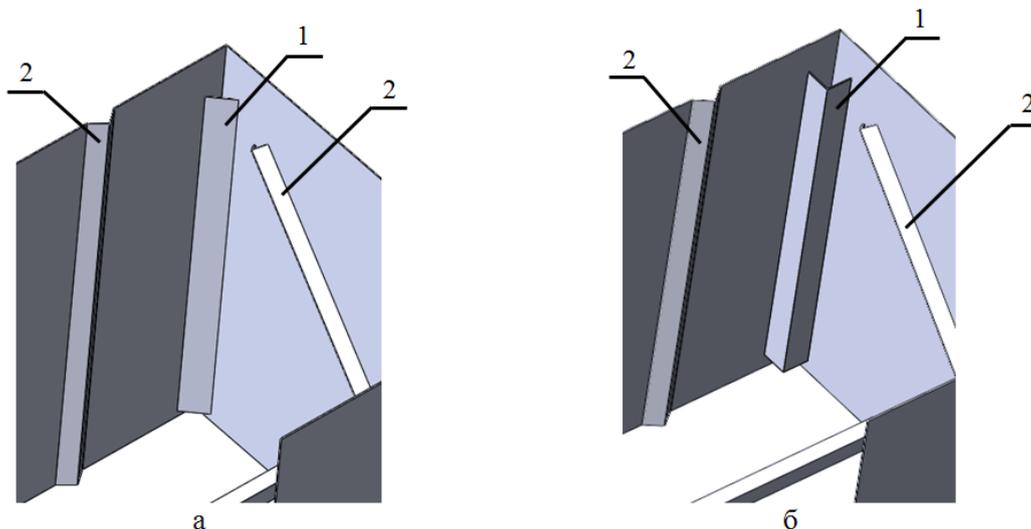


Рисунок 2. – Фрагмент углового сварного соединения боковой и задней стенок цистерны:
1 – косынка; 2 – ребра жесткости

На рисунке 3 показана зависимость возникающих при расчете значений эквивалентных напряжений по Мизесу от конструктивного исполнения косынки в виде полосы, усиливающей угловое сварное соединение цистерны. Оптимизируемыми параметрами косынки являлись длина и ширина при постоянной толщине. В результате сравнения результатов расчетов косынок в виде полосы различных размеров было установлено, что оптимальными геометрическими параметрами являются длина 900 мм и ширина 150 мм. Применение косынок данных размеров позволяет снизить напряжения в угловых сварных соединениях стенок цистерны на 21 % (29 ± 4 МПа).

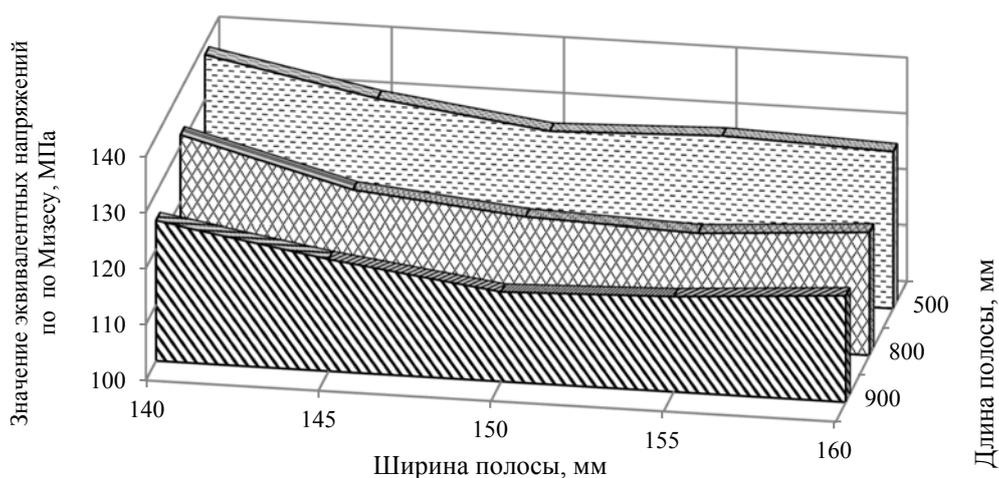


Рисунок 3. – Зависимость значений эквивалентных напряжений по Мизесу от конструктивных размеров косынки в виде полосы, устанавливаемой в угловых сварных соединениях стенок цистерны

Аналогичные расчеты, проведенные для косынки в виде уголка, показали снижение напряжений по Мизесу в угловых сварных соединениях стенок цистерны (рис. 4) только на

17 % (24 ± 4 МПа). Сравнительный анализ выполненных расчетов показал эффективность применения косынки в виде полосы.

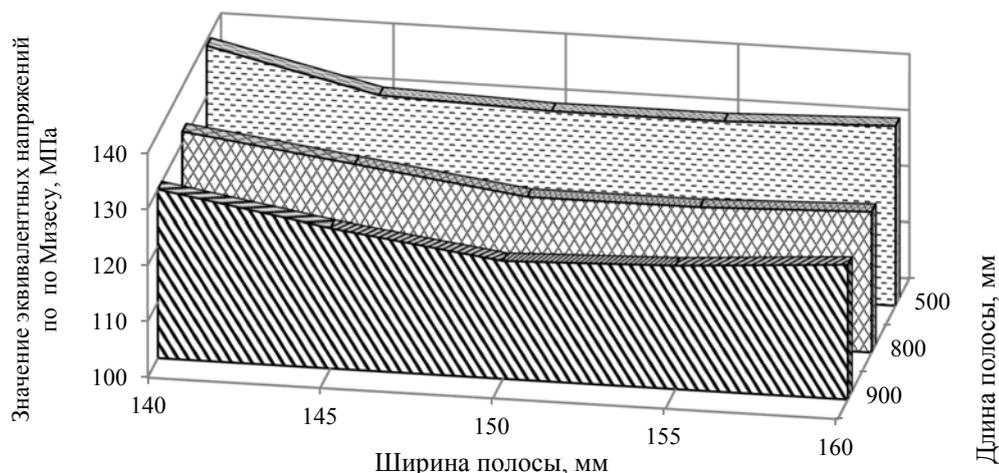
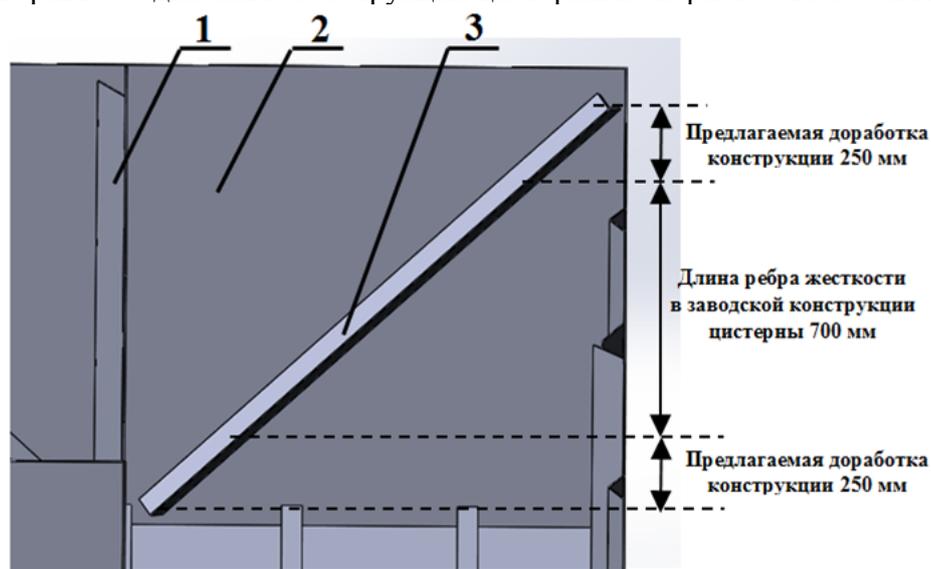


Рисунок 4. – Зависимость значений эквивалентных напряжений по Мизесу от конструктивных размеров косынки в виде уголка, устанавливаемой в угловых сварных соединениях стенок цистерны

Дальнейшие исследования влияния конструкции цистерны пожарного автомобиля АЦ-5.0-50/4 на базе шасси МАЗ-5337 на ее напряженно-деформированное состояние показали необходимость увеличения длины ребер жесткости, установленных на боковых стенках (рис. 5). Зависимость значений эквивалентных напряжений по Мизесу от длины ребра жесткости, расположенного на боковых стенках цистерны, представлена на рисунке 6.

В результате проведенных расчетов было установлено, что увеличение длины ребра жесткости с 700 мм (заводское исполнение) до максимальной величины 1200 мм позволяет снизить возникающие эквивалентные напряжения по Мизесу в угловых сварных соединениях стенок цистерны на 7–11 МПа, что составляет порядка 5,5 %. Также установлено, что при этом снижаются значения эквивалентных напряжений по Мизесу в сварных соединениях волноломов и стенок цистерны на 10 % (14 ± 3 МПа), а также в местах крепления концевых участков ребер жесткости к боковым стенкам цистерны на 38 % (57 ± 5 МПа). При этом необходимо отметить, что при уменьшении длины ребра жесткости наблюдается резкое повышение значений эквивалентных напряжений по Мизесу в угловых сварных соединениях конструкции цистерны пожарного автомобиля.



1 – поперечный волнолом; 2 – боковая стенка цистерны; 3 – ребро жесткости

Рисунок 5. – Фрагмент внутреннего расположения ребра жесткости на передней и задней стенке цистерны

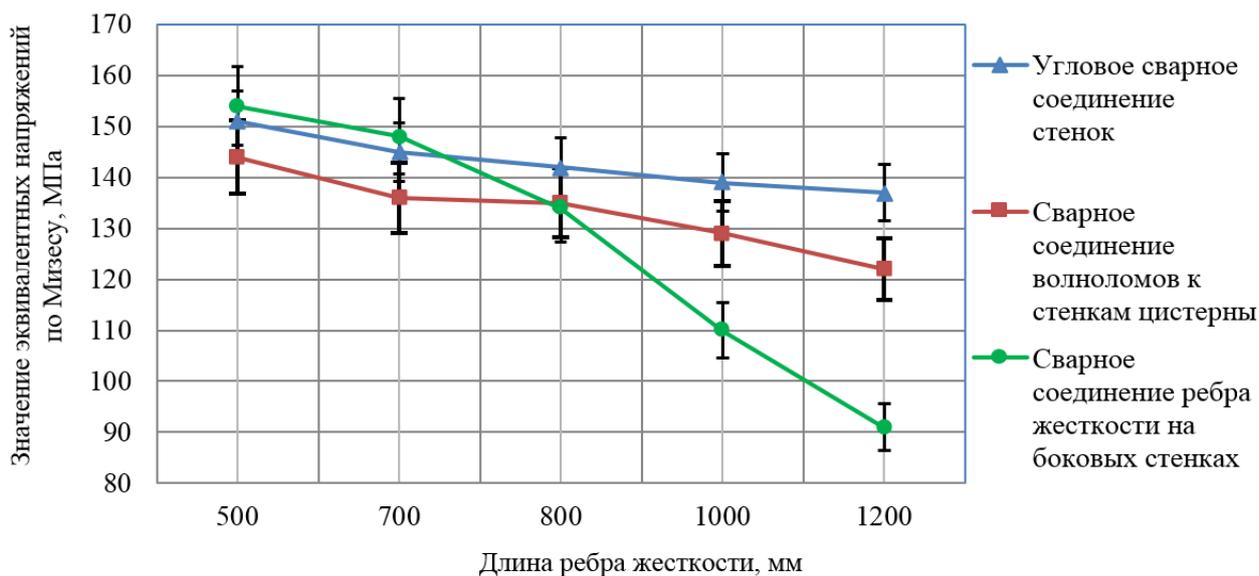


Рисунок 6. – Зависимость значений эквивалентных напряжений по Мизесу от длины ребра жесткости, установленного на боковых стенках цистерны

Результаты анализа расчетов напряженного состояния сварных швов исходной конструкции цистерны пожарного автомобиля (табл. 1) и модернизированной конструкции (табл. 2) показывают значительное снижение возникающих эквивалентных напряжений по Мизесу и, как следствие, повышение коэффициента запаса прочности. Проведенные исследования позволили разработать новые конструкторские решения для цистерн пожарных автомобилей, защищенные патентом Республики Беларусь [17].

Таблица 2. – Результаты исследования напряженного состояния сварных швов модернизированной цистерны пожарного автомобиля на базе шасси МАЗ-5337

Сварные швы в конструкции цистерны	Максимальные значения эквивалентных напряжений по Мизесу, σ_{max} , МПа	Коэффициент запаса прочности, n
Угловые, соединяющие переднюю, заднюю и боковые стенки цистерны	108 ± 6	1,56
Торцевые, соединяющие волноломы со стенками цистерны	122 ± 5	1,39
Нахлесточное, крепящее ребра жесткости к боковым стенкам цистерны	91 ± 5	1,87

Заключение. Методами компьютерного моделирования исследовано напряженное состояние сварных швов цистерны пожарного автомобиля. Установлены закономерности влияния размерных факторов конструктивных элементов на прочностные характеристики цистерны пожарного автомобиля и возникающее напряженно-деформированное состояние. На основе проведенных расчетов оптимизированы размеры деталей, усиливающих конструкцию цистерны пожарного автомобиля. Показано, что модернизация конструкции пожарной автоцистерны АЦ-5.0-50/4 на базе шасси МАЗ-5337 позволяет повысить коэффициент запаса прочности на 25–30%. Таким образом, внедрение на практике результатов проведенных исследований позволит повысить эксплуатационную надежность пожарных автоцистерн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести / Н.И. Безухов. – Минск: Высшая школа, 1993. – 512 с.
2. 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 л.
3. Механические и технологические свойства металлов. Справочник / А.В. Бобылев. – М.: Металлургия, 1980. – 296 с.
4. 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. / Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России. – М., 2017. – Ч. 2. – С. 437–439.
5. Методика динамического моделирования напряженно-деформированного состояния элементов и узлов конструкций оболочечного типа. – Введ. 24.07.2017. – Гомель: Гомельский фил. УГЗ МЧС Беларуси, 2017. – 8 с.
 6. Ковтун, В.А. Компьютерное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / В.А. Ковтун, С.Г. Короткевич, В.А. Жаранов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 81–90.
 7. Короткевич, С.Г. Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / С.Г. Короткевич, В.А. Ковтун // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2017. – № 4 (25). – С. 45–51.
 8. Елисеев, К.В. Вычислительный практикум в современных САЕ-системах / К.В. Елисеев, Т.В. Зиновьева. – СПб.: СПбГПУ, 2008. – 112 с.
 9. 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.
 10. Пояркова, К.В. Оценка дефектности структуры сварных соединений по наличию неметаллических включений [Электронный ресурс] / К.В. Пояркова, И.Р. Кузеев, К.Л. Забелин // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2017. – № 2 (5). – С. 32–35. – Режим доступа: <http://www.indust-engineering.ru/issues/2017/2017-2.pdf>. – Дата доступа: 04.01.2019.
 11. Мяченков, В.И. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: справочник / В.И. Мяченков [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 520 с.
 12. Хренов, К.К. Сварка, резка и пайка металлов: справочник / К.К. Хренов. – М.: Машгиз, 1952. – 384 с.
 13. Бенерджи, П.В. Методы граничных элементов в прикладных науках / П.В. Бенерджи, Р.И. Батгерфилд. – М.: Мир, 1984. – 494 с.
 14. Детали машин в примерах и задачах: учеб. пособие / С.Н. Ничипорчик, М.И. Корженцевский, В.Ф. Калачев; под ред. С.Н. Ничипорчик. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 1981. – 186 с.
 15. Воропай, В.С. Экспериментальные исследования технического состояния вагонов-цистерн / В.С. Воропай // Сб. науч. работ ДонИЗТ. – 2010. – № 23. – С. 76–85.
 16. Головченко, В.И. Проверка прочности элементов крепления цистерны к шасси автотопливозаправщика от смещения при действии продольной нагрузки / В.И. Головченко, Н.Л. Иванина // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 1 (975) – С. 22–35.
 17. Пожарная цистерна: полез. модель ВУ 11787 / В.А. Ковтун, С.Г. Короткевич, В.Н. Пасовец. – Оpubл. 30.10.2018.

OPTIMIZATION OF THE FIRE TRUCK'S TANK AC-5.0-50/4 BASED ON THE CHASSIS MAZ-5337 BY THE METHOD COMPUTER MODELING

Vadim Kovtun, Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Gomel Branch of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Gomel, Belarus

Siarhei Korotkevich

Vladimir Pasovets, 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

Ivan Todorov, Grand PhD, Associate Professor

Academy of the Ministry of Internal Affairs of Bulgaria, Sofia, Bulgaria

Purpose. One of the most relevant areas for research is the upgrade of existing and development of new structural solutions of the fire truck's tanks with the purpose of their operational safety improvement in fire rescue equipment.

Methods. The problem of determining the emerging stress-strain state in the construction of the fire truck's tank is solved by developing a calculated computer model and adapting it to operational modes of motion.

Findings. The dependence of the dimensional factors influence of structural elements installed in the fire truck's tank on the stress-strain state that occurs during operation was fixed. The optimum dimensions of the structural elements components were identified. The recommendations for the structural addition of fire truck's tanks AC-5.0-50/4 on the basis of the chassis MAZ-5337 were developed.

Application field of research. The presented results of the research were obtained in the field of strength properties of containers for the transportation of liquids and can be used in the repair and upgrading works of the relevant contractures.

Conclusions. The integration and practical complex implementation of the recommendations has improved the operational reliability of the fire truck's tank AC-5.0-50/4 on the basis of the chassis MAZ-5337 by more than 30 %, thereby increasing its overhaul period.

Keywords: fire truck, tank, dynamics, deformation, computer simulation, design, safety factor.

(The date of submitting: January 8, 2019)

REFERENCES

1. 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)
2. 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.: 05.22.07. Moscow, 2000. 427 p. (rus)
3. Bobylev A.V. *Mekhanicheskie i tekhnologicheskie svoystva metallov* [Mechanical and technological properties of metals]: handbook. Moscow: Metallurgiya, 1980. 296 p. (rus)
4. 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. «Goreniye i problemy tusheniya pozharov»*, Moscow, Juny 5, 2017. In 2 parts. Moscow: FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia, 2017. Part 2. Pp. 437–439. (rus)
5. *Metodika dinamicheskogo modelirovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya elementov i uzlov konstruktsiy obolochekhnogo tipa* [Methods of dynamic modeling of stress-strain state of elements and assemblies of shell type structures]. Gomel: Gomel branch UCP, 2017. p.8. (rus)
6. Kovtun V.A., Korotkevich S.G., Zharanov V.A. Komp'yuternoe modelirovanie i issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya konstruktsiy tsistern pozharnykh avtomobiley [Computer simulation and research of the stress-strain state of fire tank truck construction]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MChS Belarusi*, 2018. No. 1. Pp. 81–90. (rus)

7. Korotkevich S.G., Kovtun V.A. Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya konstruktivnykh tsistern pozharnykh avtomobiley [The research of strain-stress state of fire apparatus tanks construction]. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii*, 2017. No. 4 (25). Pp. 45–51. (rus)
8. Eliseev K.V., Zinov'eva T.V. *Vychislitel'nyy praktikum v sovremennykh CAE-sistemakh* [Computational practice in modern SAE Systems]: tutorial. Saint Petersburg: Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, 2008. 112 p. (rus)
9. Kaplun A.B., Morozov E.M., Olfer'eva MA. *ANSYS v rukakh inzhenera: Prakticheskoe rukovodstvo* [ANSYS in the hands of an engineer]: tutorial. Moscow: Editorial URSS, 2003. 272 p. (rus)
10. Pojarkova K.V., Kuzeev I.R., Zabelin K.L. Otsenka defektnosti struktury svarnykh soedineniy po nalichiyu nemetallicheskiy vklyucheniy [Evaluation of defects in the structure of welded joints due to the presence of nonmetallic inclusions]. *Mashinostroenie: setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2017. No. 2 (5). Pp. 32–35, available at: <http://www.indust-engineering.ru/issues/2017/2017-2.pdf> (accessed: January 4, 2019). (rus)
11. Mjachenkov V.I. et al. *Raschety mashinostroitel'nykh konstruktivnykh metodom konechnykh elementov* [Calculations of engineering structures by the finite element method]: reference book. Moscow: Mashinostroenie, 1989. 520 p. (rus)
12. Hrenov K.K. *Svarka, rezka i payka metallov* [Welding, cutting and soldering of metals]: reference book. Moscow: Mashgiz, 1952. 384 p. (rus)
13. Benerdzhii P.V., Batterfild R.I. *Metody granichnykh elementov v prikladnykh naukakh* [Boundary element methods in applied sciences]. Moscow: Mir, 1984. 494 p. (rus)
14. Nichiporchik S.N., Korzhentsevskiy, M.I., Kalachev V.F. *Detali mashin v primerakh i zadachakh*: [Machine parts in examples and tasks]: tutorial. Ed. by S.N. Nichiporchik. Moscow: Vyssh. shkola, 1981. 186 p. (rus)
15. Voropay V.S. Eksperimental'nye issledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya vagonov-tsistern [Experimental studies of the technical condition of tank wagons] *Sbornik nauchnykh rabot DonIIZT*, 2010. No. 23. Pp. 76–85 (rus)
16. Golovchenko V.I., Ivanina N.L. Proverka prochnosti elementov krepleniya tsisterny k shassi avtotoplivozapravshchika ot smeshcheniya pri deystvii prodol'noy nagruzki [Verification of the strength of the tank fastening elements to the chassis of the refueller against displacement under the action of a longitudinal load]. *Visnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universitetu «KhPI»*, 2012. No. 1 (975). Pp. 22–35 (rus)
17. Kovtun V.A., Korotkevich S.G., Pasovets V.N. *Pozharnaya tsisterna* [Fire tank]: utility model BY 11787. Published October 30, 2018. (rus)

УДК 62-233.3/9

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОХОДИМОСТЬ ПОЖАРНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ

Гончаров И.Н., Смиловенко О.О.

Проанализированы причины задержек движения пожарных подразделений к месту вызова. Установлено, что задержки движения, связанные с преодолением участков с неусовершенствованным дорожным покрытием и сложными погодными условиями, составляют до 40 % от общего количества. Задачей исследований было обеспечение достаточной проходимости пожарных аварийно-спасательных автомобилей с целью быстрого прибытия к месту чрезвычайной ситуации при изменяющихся условиях движения, состоянии опорной поверхности, характеристиках автомобиля и колесных движителей.

Выполнен системный анализ факторов, влияющих на опорную проходимость пожарных аварийно-спасательных автомобилей. Они разделены на три группы: характеристики автомобиля и движителя, свойства дорожного покрытия, режим движения. Обоснована разработка устройства повышения проходимости полуавтоматического действия, что позволит предотвратить буксование и повысит проходимость автомобиля за счет изменения конфигурации пятна контакта колеса с опорной поверхностью.

Ключевые слова: пожарный аварийно-спасательный автомобиль, проходимость автомобиля, системный анализ факторов, сцепление шины с дорогой, опорная поверхность, устройство повышения проходимости.

(Поступила в редакцию 10 января 2019 г.)

Введение. Одним из важнейших факторов успешного выполнения пожарными подразделениями своих функций является возможность быстрого прибытия пожарных расчетов к месту вызова. Вместе с тем статистические данные показывают, что по ряду причин с момента получения сообщения о пожаре до подачи средств пожаротушения прибывшими пожарными подразделениями проходит сравнительно много времени. Нередки случаи, когда к прибытию первого пожарного подразделения весь объем помещения, в котором возник пожар, охвачен огнем и заполнен продуктами горения и войти в такое помещение становится невозможным.

Кроме того, в Республике Беларусь существует достаточное количество малых сельских поселений (с населением менее 200 чел.), где в силу организационно-технической невозможности и экономической нецелесообразности обеспечить полное выполнение требований в части нормирования дислокации пожарных депо от пространственного критерия не представляется возможным.

Анализ статистических данных показал, что время движения пожарных подразделений к месту вызова в зависимости от условий и места сбора данных существенно отличается при равной длине маршрута следования (в городе – 3 км, в сельской местности – 10 км).

Так, например, время движения подразделений в г. Минске в зимний период времени в час пик не превышает 10 мин. При схожих условиях аналогичную по длине дистанцию подразделений пожарной охраны в малом городе преодолели с максимальным временем в 7 мин. В свою очередь время движения подразделений в сельской местности в зимний период времени не превысило 19 мин, в летний период времени – 17 мин.

Таким образом, максимальное значение времени движения пожарных подразделений до наиболее удаленных объектов, расположенных в пределах нормативного радиуса выезда, составило: в городе – 10 мин, в сельской местности – 19 мин. Вместе с тем имеют место случаи, когда в силу определенных причин время движения пожарных подразделений до наиболее удаленных объектов, расположенных в пределах нормативного радиуса выезда, может превышать максимальное значение, установленное при выполнении экспериментальных исследований.

Основными причинами задержки движения пожарных подразделений к месту вызова являются:

- дорожно-транспортные происшествия с участием пожарных автомобилей (7 %);
- поломка пожарного автомобиля в пути при следовании к месту вызова (4 %);
- сложные погодные условия (сильный снегопад, туман, гололед и т. д.) (26 %);

– внезапные препятствия на маршруте следования пожарных подразделений (дорожно-транспортное происшествие, в результате которого движение по маршруту следования на определенное время блокируется, проведение дорожных работ, блокирование полотна движения деревьями в результате непогоды и т. д.) (21 %);

– наличие проблемных участков на маршрутах следования пожарных подразделений (железнодорожные переезды с частым движением составов, разлив реки, автомобильные пробки, неусовершенствованное дорожное покрытие и т. д.) (37 %);

– иные причины (5 %) [1].

В климатических условиях нашей республики состояние дорожного покрытия часто оказывает неблагоприятное влияние на проходимость пожарной аварийно-спасательной техники, поэтому актуальными являются исследования, связанные с оценкой проходимости и ее повышением.

В осенне-зимний период на территории страны часто наблюдаются осадки в виде снега, с которым в городе достаточно успешно справляются коммунальные службы. Но все улицы и проезды не могут быть очищены сразу, поэтому при поступлении вызова пожарной аварийно-спасательной машины (ПАСА) будет двигаться по снежной целине, ледяной корке, укатанному или тающему снегу. Такое состояние дорожного покрытия снижает скорость движения и увеличивает время прибытия подразделений на ликвидацию ЧС.

Если рассматривать зимний период 2018–2019 гг., то снег в объемах, затрудняющих движение по дорогам, в г. Минске выпадал около 10 раз. Кроме снижения проходимости автомобилей, неблагоприятные погодные условия увеличивают потенциальный риск дорожно-транспортных происшествий, что подтверждается и статистическими данными. Выявлены закономерности: неожиданные осадки после продолжительного сухого периода вызывают резкое увеличение риска ДТП, а затяжные осадки способствуют постепенной адаптации водителей к сложным погодным условиям.

Основная часть. Проходимость автомобиля – комплексное свойство, характеризующее его подвижность с учетом экономических показателей, связанное со способностью выполнять транспортную работу в заданных дорожных условиях. В свою очередь, подвижность автомобиля – способность к самопередвижению в заданных условиях. Различают профильную и опорно-сцепную проходимость [2, 3]. Профильная проходимость зависит в основном от геометрических параметров автомобиля и наличия специфических препятствий, которые необходимо преодолеть транспортному средству – крутые уклоны, съезды, брусчатки, бревна, завалы и т. д. Для ПАСА, работающих в городах, профильная проходимость имеет меньшее значение, чем опорно-сцепная, и ее показатели предусматривают при проектировании автомобиля с учетом его назначения.

Опорно-сцепная проходимость определяется не только конструктивными параметрами, но и условиями движения, состоянием покрытия и субъективным фактором – квалификацией водителя. На рисунке 1 приведена блок-схема, отражающая системный анализ факторов, влияющих на опорно-сцепную проходимость ПАСА. Они разделены на три группы:

– относящиеся к автомобилю, при этом отдельно выделено влияние движителя (колеса);

– характеризующие состояние дорожного покрытия и его свойства;

– характеризующие режим движения, который зависит от того, кто и как управляет транспортным средством, а также от конфигурации трассы и условий дорожного движения.

Рассмотрим первую группу факторов. Размеры и вес автомобиля, несомненно, влияют на проходимость. Так, коэффициент сцепления представляет собой отношение силы сцепления между шинами транспортного средства и поверхностью дороги к весу этого транспортного средства [4]. На первый взгляд получается, чем больше вес автомобиля, тем выше проходимость. Однако распределение веса автомобиля по осям может оказаться различным в зависимости от колесной формулы, количества осей (в т. ч. ведущих). Существенное влияние на проходимость транспортного средства оказывает мощность двигателя, т. к. от этой характеристики зависит крутящий момент на колесе, создающий окружную силу, которая является движущей.

Взаимодействие колесной машины с опорной поверхностью характеризуется соотношением следующих сил: касательной силы тяги, зависящей от крутящего момента на двигателе; силы сопротивления движению, обусловленной энергозатратами на деформацию шины и поверхности дороги; силой тяги, характеризующей сцепление шины с опор-

ной поверхностью [5, 6]. На дорогах с твердыми покрытиями коэффициент сцепления определяется возникающим трением между шиной и дорогой. На деформируемых дорогах коэффициент сцепления зависит от сопротивления грунта срезу и, следовательно, от внутреннего трения в грунте. Ведущее колесо погружается в грунт, деформирует и уплотняет его, увеличивая сопротивление срезу, но потом начинается разрушение этого уплотненного грунта, и коэффициент сцепления падает.



Рисунок 1. – Системный анализ факторов, влияющих на опорно-сцепную проходимость ПАСА

При смачивании твердого покрытия коэффициент сцепления резко падает из-за образования скользкой пленки из грунта, смешанного с водой (учитывается еще и масляная пленка на дороге), в результате чего трение между шиной и дорогой снижается. Однако эта скользкая пленка при сильном и продолжительном дожде смывается, и величина сцепления на такой мокрой дороге приближается к значениям, характерным для сухого покрытия. С увеличением скорости движения автомобиля, а следовательно, угловой скорости колеса и линейной скорости периферийных точек шины, коэффициент сцепления обычно уменьшается. Большое влияние на коэффициент сцепления оказывает рисунок протектора. При истирании выступов протектора сцепление шины с дорогой ухудшается. Сцепление шины с дорогой зависит и от других факторов, таких, например, как качество подвески, давление в шинах.

Как было показано выше, на коэффициент сцепления шины с дорогой влияет тип сопрягаемых поверхностей. Например, сцепление шины с асфальтом гораздо лучше, чем со снегом, даже уплотненным, а уж тем более со льдом. При одном и том же покрытии на коэффициент сцепления большое влияние окажут характеристики шины и протектора. Каждый автолюбитель знает – на зимних шинах автомобиль лучше «держит» дорогу, лучше «прилипает» к ней, чем на летних. Главное отличие зимних шин от летних заключается в составе резины и рисунке протектора. Бывают мягкие и жесткие шины, что определяется рецептурой и технологией изготовления резины, рисунков протектора известно множество.

Существенное влияние на величину коэффициента сцепления оказывают скорость и динамика движения автомобиля, а также его траектория. Вес автомобиля распределен между четырьмя, шестью или восемью шинами неравномерно из-за различного расположения и массовых характеристик агрегатов транспортного средства. При изменении скорости и траектории движения автомобиля распределение веса изменяется: какие-то шины нагружаются, какие-то разгружаются. В ПАСА неравномерность распределения веса автомобиля по осям (шинам, двигателям) связана еще и с наличием жидкости (огнетушащих веществ) в цистерне. В начале разгона и торможения, при движении по криволинейной траектории вес машины смещается на переднюю или заднюю ось, на колеса правого или левого борта (при повороте), нагружая одни шины, а следовательно, повышая для них коэффициент сцепления с дорогой, и разгружая другие, из-за чего уменьшается данный коэффициент.

Кроме того, на перераспределение веса влияет такой субъективный фактор, как манера вождения, что в большой степени определяет динамику движения автомобиля. При аккуратном вождении, когда водитель избегает резких ускорений и торможений, поворотов и перестроений, коэффициент сцепления с дорогой максимален, т. е. шины находятся достаточно далеко от перехода в состояние полного скольжения или буксования. Перемещение педалей газа и тормоза, а также руля можно совершать по-разному: резко и быстро или постепенно, по нарастающей. Резкое нажатие на педаль и поворот руля приведут к перераспределению веса по шинам и изменению коэффициентов их сцепления [7]. Однако водитель ПАСА не всегда может выполнить рекомендации по плавному вождению, т. к. автомобиль должен прибыть к месту ЧС максимально быстро.

На величину коэффициента сцепления, а следовательно, на проходимость автомобиля влияет большое количество факторов. На основе экспериментальных исследований [8] получены данные о том, что коэффициент сцепления зависит даже от температуры дорожного покрытия. Имеются также данные об изменении коэффициента сцепления при движении по «чистому» и «грязному» асфальту.

Задержки движения из-за снижения проходимости проблемных участков с неусовершенствованным дорожным покрытием и сложных погодных условий составляют до 40 % от общего количества. Это соотношение может быть существенно изменено за счет повышения проходимости ПАСА, что позволит быстрее преодолевать проблемные участки дорог, в том числе и ставшие такими в силу погодных условий.

Ставится задача обеспечения достаточной проходимости ПАСА с целью быстрого прибытия к месту ЧС при изменяющихся условиях движения, состоянии опорной поверхности, характеристиках автомобиля и колесных движителей.

Наиболее влиятельным из перечисленных параметров (рис. 1) является контакт и взаимовлияние опорной и периферийной поверхностей движителей, т. к. трение, сцепление и буксование происходит именно здесь, в пятне контакта шины с дорогой при учете действия остальных анализируемых факторов.

Свойства и состояние опорной поверхности зависят от степени ее подготовленности к движению транспортных машин – от волока, проложенного на лесной вырубке, до гладкого асфальтобетонного полотна городских проспектов и междугородних шоссе [9]. Осадки в виде дождя, снега, града, особенно при температурах воздуха ниже нуля, существенно изменяют свойства опорной поверхности в худшую сторону и снижают проходимость колесной техники.

При неожиданно выпавшем снеге, укатанном потоком транспорта на шоссе, большегрузные автомобили вынуждены стоять на обочине, особенно перед подъемами, даже с небольшим уклоном. Затем либо приезжает дорожная техника, которая расчищает дорогу от слоя укатанного снега и обрабатывает ее специальной смесью, либо меняется температурный режим, что приводит к таянию снега. В этом случае увеличивается время доставки груза.

Когда речь идет об оперативном выезде ПАСА, такие длительные простои по причине потери проходимости недопустимы. Увеличение времени прибытия подразделения к месту вызова даже на несколько минут может стоить жизни человеку, нуждающемуся в помощи, а также привести к значительным пагубным последствиям от чрезвычайной ситуации. Для минимизации подобных последствий необходимо разработать способы и устройства повышения проходимости именно для специальных автомобилей оперативно-тактического назначения.

Цепи противоскольжения являются одними из наиболее эффективных способов для преодоления обледеневших, грязевых или заснеженных участков. Шинные протекторы на снегу или в грязи быстро забиваются, образуя на шине гладкий ровный слой, который препятствует дальнейшему движению и ведет к заносам и пробуксовке. Цепи устанавливаются на шины ведущих осей автомобиля, образуя вокруг них выступы – грунтозацепы, которые, в отличие от протектора, не забиваются снегом, тем самым восстанавливается проходимость автомобилей.

Анализ существующих устройств повышения проходимости [10] выявил их общий недостаток – невозможность введения в действие мгновенно при снижении сцепления шины с дорогой и угрозе буксования. Для установки цепей, грунтозацепов или съёмных гусениц необходимо остановить автомобиль и затратить некоторое время (иногда до 40 минут) на их «надевание», что для ПАСА недопустимо. Устанавливать такие устройства предва-

нительно, учитывая прогноз изменения погоды, не представляется возможным, т. к. при движении с цепями существенно снижается скорость автомобиля, повреждается дорожное покрытие, а также значительно увеличивается износ самих цепей, если прогноз не оправдался и не появилась мягкая «прокладка» в виде снега между цепями и асфальтом.

Заключение. В климатических условиях нашей республики состояние дорожного покрытия часто оказывает неблагоприятное влияние на проходимость пожарной аварийно-спасательной техники. Повышение проходимости ПАСА позволит быстрее преодолевать проблемные участки дорог, в том числе и ставшие такими в силу погодных условий.

При наличии грунтозацепов на шинах влияние многих из проанализированных факторов снижается или убирается совсем. Соотношение сил в пятне контакта, возникающих при движении колеса, меняется кардинально, обеспечивается гарантированное сцепление шин с дорогой, повышается проходимость автомобиля.

В настоящее время в стадии разработки находится устройство повышения проходимости полуавтоматического действия, т. е. при ухудшении состояния опорной поверхности, снижении сцепления шин с дорогой оно будет приводиться в действие нажатием кнопки из кабины водителя. После прохождения сложного участка устройство можно будет отключить и ехать на обычном протекторе. Таким образом, при необходимости цепи (грунтозацепы) на движителе будут «надеть», а затем «снять» без привлечения человека и остановки движения ПАСА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследовать возможность перехода от пространственного нормативного параметра при размещении пожарных депо к временному: отчет о НИР (заключ.) / НИИ ПБиЧС; рук. Т.В. Зарубицкая. – Минск, 2016. – 240 с. – Инв. № 227/2016.
2. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобилей / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
3. Смирнов, Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
4. Котович, С.В. Движители специальных транспортных средств. Ч. I: учеб. пособие / С.В. Котович. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
5. Хусаинов, А.Ш. Теория автомобиля. Конспект лекций/ А.Ш. Хусаинов, В.В. Селифонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 121 с.
6. Вольская, Н.С. Разработка методов расчета опорно-тяговых характеристик колесных машин по заданным дорожно-грунтовым условиям: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.03 / Н.С. Вольская; Моск. гос. индустриальный ин-т. – М., 2008. – 40 с.
7. Зезюлин, Д.В. Разработка методики выбора конструкционных параметров движителей, обеспечивающих эффективность движения колесных машин по снегу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Д.В. Зезюлин; Нижегородский гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. – 28 с.
8. Ботвинева, Н.Ю. Исследование влияния погодных условий на величину коэффициента сцепления шин с дорожным покрытием / Н.Ю. Ботвинева, И.С. Буракова, Т.Н. Стрельцова, А.В. Нестерчук // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11–3. – С. 407–411.
9. Пищов, С. Н. Применение движителя комбинированного типа для повышения тягово-сцепных свойств лесных погрузочно-транспортных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / С.Н. Пищов; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2008. – 20 с.
10. Гончаров, И.Н. Анализ изменения показателей проходимости автомобиля при применении различных типов движителей / И.Н. Гончаров, О.О. Смилоненко, Ю.И. Шавель, В.А. Казябо // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2016. – № 2 (40). – С. 105–114.

SYSTEM ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING CROSS-COUNTRY ABILITY OF EMERGENCY-RESCUE VEHICLE

Igor Goncharov

The Establishment «Scientific-research Institute of Fire Safety and Emergencies»
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Olga Smilovenko, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

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

Purpose. The research aim is an increase of cross-country ability of an emergency-rescue vehicle.

Methods. The system analysis of the factors influencing basic cross-country ability of fire rescue vehicles is executed.

Findings. Wheel lugs are among the most effective methods for overcoming of icing or snowbound areas. In the presence of lugs on tires, the influence of many of analyzed factors is reduced or eliminated. The ratio of forces in the contact patch, which occurs when the wheel moves, changes dramatically, ensures the grip of the tires with the road, and the vehicle's cross-country ability increases. The drawbacks of the existing lugs have been revealed: the impossibility of instantaneous installation in case of reducing of tire adhesion and the risk of slipping; and the inefficiency of the preset mounting.

Application field of research. The use of research results will allow minimizing delays associated with overcoming areas with an uncertain road surface and difficult weather conditions when the rescue vehicle moves to the accident site.

Conclusions. A semi-automatic device for improving cross-country ability is under development, which will enable and disable the lugs by pressing a button from the driver's cab, depending on driving conditions.

Keywords: emergency-rescue vehicle, cross-country ability of emergency-rescue vehicle, system analysis of the factors, coupling of tire with a road, device of increase of cross-country ability.

(The date of submitting: January 10, 2019)

REFERENCES

1. Zarubitskaya T.V. et al. *Issledovat' vozmozhnost' perekhoda ot prostranstvennogo normativnogo parametro pri razmeshchenii pozharnykh depo k vremennomu* [Investigate the possibility of moving from a spatial regulatory parameter when placing fire stations to temporary]: report (final). The Establishment «Scientific-research Institute of Fire Safety and Emergencies» of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk, 2016. 240 p. No. 227/2016. (rus)
2. Ageykin Ya.S. *Prokhozimosti avtomobiley* [Passableness of cars]. Moscow: Mashinostroenie, 1981. 232 p. (rus)
3. Smirnov G.A. *Teoriya dvizheniya kolesnykh mashin* [Theory of motion of the wheeled machines].— Moscow: Mashinostroenie, 1990. 352 p.(rus)
4. Kotovich S.V. *Dvizhiteli spetsial'nykh transportnykh sredstv* [Movers of the special transport vehicles]: textbook. Part I. Moscow: Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, 2008. 161 p. (rus)
5. Khusainov A.Sh., Selifonov V.V. *Teoriya avtomobilya* [Theory of car]: lecture notes. Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2008. 121 p.(rus)
6. Vol'skaya N.S. *Razrabotka metodov rascheta oporno-tyagovykh kharakteristik kolesnykh mashin po zadannym dorozhno-gruntovym usloviyam* [Development of methods of calculation of descriptions of the wheeled machines on the set road-ground terms: abstract of thesis of dissertation on the competition of graduate degree of doctor of engineering sciences]. Grand PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.05.03. Moscow Polytechnic University. Moscow, 2008. 40 p. (rus)
7. Zezyulin D.V. *Razrabotka metodiki vybora konstruktsionnykh parametrov dvizhiteley, obespechivayushchikh effektivnost' dvizheniya kolesnykh mashin po snegu* [Development of method of choice of construction parameters of wheels, providing efficiency of motion of the wheeled machines on snow]: PhD tech. sci. diss.: 05.05.03. Nizhny Novgorod State Technical University. N.Novgorod, 2013. 28 p. (rus)
8. Botvineva N.Yu., Burakova I.S., Strel'tsova T.N., Nesterchuk A.V. *Issledovanie vliyaniya pogodnykh usloviy na velichinu koeffitsienta stsepleniya shin s dorozhnym pokrytiem* [Research of influence of

- weather terms on the size of coefficient of rolling friction of tires with travelling coverage]. *The Fundamental researches*, 2013. No. 11–3. Pp. 407–411. (rus)
9. Pishchov S.N. *Primenenie dvizhitelya kombinirovannogo tipa dlya povysheniya tyagovo-stsepnnykh svoystv lesnykh pogruzochno-transportnykh mashin* [Application of mover of the combined type for the increase of hauling-coupling properties of forest scooptrams]. PhD tech. sci. diss. Synopsis: 05.21.01. Belarusian State Technological University. Minsk, 2008. 20 p. (rus)
 10. Goncharov I.N., Smilovenko O.O., Shavel' Yu.I., Kazyabo V.A. Analiz izmeneniya pokazateley prokhodimosti avtomobilya pri primenении razlichnykh tipov dvizhiteley [Analysis of change of indexes of passableness of car at application of different types of movers]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2016. No. 2 (40). Pp.105–114. (rus)

УДК 614.841.52

ВЫБОР ПЕРИОДА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ**Абрамов Ю.А., Кальченко Я.Ю.**

Рассмотрен метод определения частотных характеристик тепловых пожарных извещателей, основанный на использовании временной характеристики. Аппроксимация временной характеристики осуществляется с использованием функции Хевисайда в дискретные моменты времени. Получены оценки величины погрешности, возникающей при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей класса А1. Установлено, что выбор интервала дискретизации во времени при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей зависит от величины их постоянной времени. Приведены рекомендации по определению интервала дискретизации при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей класса А1, в основе которых лежит использование допустимых значений погрешностей аппроксимации этих характеристик.

Ключевые слова: тепловые пожарные извещатели, динамические характеристики, период дискретизации, погрешность.

(Поступила в редакцию 12 декабря 2018 г.)

Введение. Эффективность определения возгораний зависит от ряда факторов, одним из которых является надежность систем пожарной сигнализации. Процесс эксплуатации этих систем состоит из технических и организационных мероприятий. Одним из этапов технических мероприятий является проверка работоспособности пожарных извещателей. Согласно нормативным документам [1, 2] она осуществляется на специальных установках, где температура воздействия на извещатель линейно возрастает. При осуществлении проверки работоспособности тепловых пожарных извещателей таким методом определяется время и температура их срабатывания, а такая характеристика, как постоянная времени, которая нормируется этими нормативными документами, не определяется. В нормативных документах США [3], Великобритании [4], Франции [5] и Германии [6] регламентируются методы проведения проверки работоспособности тепловых пожарных извещателей непосредственно на объекте, которые осуществляются по принципу «сработал – не сработал». Исходя из этого динамические характеристики извещателей определяются только во временной области и не определяются в частотной. Определение динамических характеристик тепловых пожарных извещателей в частотной области позволяет осуществлять их проверку более качественно, поскольку она может проводиться без срабатывания устройств, а на основании полученных данных можно вычислить и другие их динамические характеристики.

Классический метод определения частотных характеристик заключается в формировании гармоничного сигнала на извещатель и измерения амплитуды выходного сигнала на каждой частоте [6]. Техническая реализация такого метода достаточно проблематична, поскольку на извещатель необходимо создать тепловое воздействие, температура которого изменяется по гармоническому закону, и измерять выходной сигнал извещателя на каждой частоте, что делает процесс достаточно длительным. В этой связи появилась необходимость разработки новых методов определения частотных характеристик тепловых пожарных извещателей. В [7] был предложен метод определения частотных характеристик тепловых пожарных извещателей, основанный на использовании переходной функции. Применение этого метода оставляет открытым вопрос о выборе периода дискретизации при аппроксимации переходной функции теплового пожарного извещателя.

Цель работы – выбор периода дискретизации при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей.

Основная часть. Метод определения частотных характеристик тепловых пожарных извещателей, приведенный в [7], осуществляется следующим образом. Температуру среды, в которой находится тепловой пожарный извещатель, скачкообразно во времени увеличивают от начальной величины T_0 до величины T_1 . При таком воздействии температура чув-

ствительного элемента устройства $T(t)$ относительно начальной величины T_0 изменится на величину $\theta(t) = T(t) - T_0$, как это показано на рисунке 1.

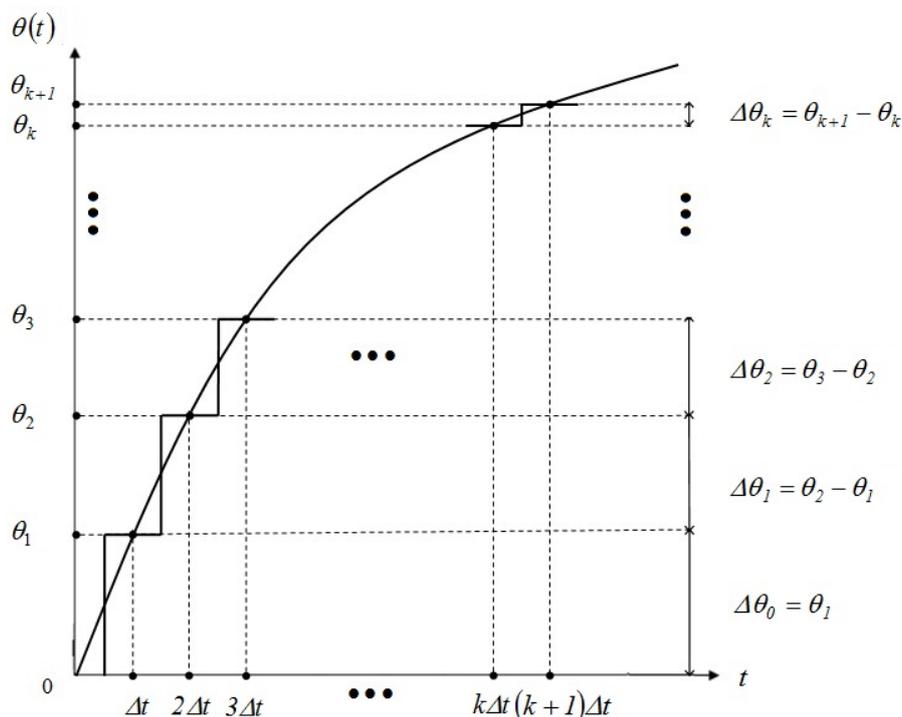


Рисунок 1. – Температура чувствительного элемента теплового пожарного извещателя относительно начального значения T_0 при воздействии на него скачкообразным изменением температуры

Затем через одинаковый интервал времени Δt – период дискретизации, измеряется приращение $\Delta\theta_k = \theta_{k+1} - \theta_k$ температуры чувствительного элемента относительно предыдущего момента времени, что дает возможность получить полную информацию об изменении температуры $\theta(t)$ при скачкообразном тепловом воздействии на тепловой пожарный извещатель.

Наличие массива данных $\Delta\theta_0, \Delta\theta_1, \dots, \Delta\theta_k, \Delta\theta_{k+1}, \Delta\theta_n$ позволяет аппроксимировать функцию $\theta(t)$ следующим образом:

$$\theta(t) = \sum_{k=0}^n \Delta\theta_k \cdot 1(t - (k + 0,5)\Delta t), \quad (1)$$

где $1(\cdot)$ – функция Хевисайда.

Применим к выражению (1) интегральное преобразование Лапласа, после чего получим

$$\theta(p) = \int_0^{\infty} \theta(t) \exp(-pt) dt = p^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta\theta_k \cdot \exp[-p(k + 0,5)\Delta t]. \quad (2)$$

Для данного случая передаточную функцию теплового пожарного извещателя можно представить в виде

$$W(p) = \frac{\theta(p)}{\Delta T(p)}, \quad (3)$$

где $\Delta T(p)$ – изображение по Лапласу от функции, которая описывает тепловое воздействие на чувствительный элемент теплового пожарного извещателя:

$$\Delta T(p) = (T_1 - T_0)p^{-1}. \quad (4)$$

С учетом (2) и (4) выражение для передаточной функции можно представить в виде

$$W(p) = (T_1 - T_0)^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta \theta_k \cdot \exp[-p(k + 0,5)\Delta t]. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что амплитудно-фазовая частотная характеристика теплового пожарного извещателя будет описываться выражением

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= W(p) \Big|_{p=j\omega} = (T_1 - T_0)^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta \theta_k \cdot \exp[-j\omega(k + 0,5)\Delta t] = \\ &= (T_1 - T_0)^{-1} \sum_{k=0}^n \Delta \theta_k [\cos[\omega(k + 0,5)\Delta t] - j\sin[\omega(k + 0,5)\Delta t]], \end{aligned} \quad (6)$$

где j – мнимая единица; ω – круговая частота.

Амплитудно-частотная $A(\omega)$ и фазово-частотная $\phi(\omega)$ характеристики связаны с амплитудно-фазовой частотной характеристикой $W(j\omega)$ следующим образом:

$$\begin{aligned} A(\omega) &= \text{mod } W(j\omega); \\ \phi(\omega) &= \text{arg } W(j\omega). \end{aligned} \quad (7)$$

В этой связи можно записать выражения для определения амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик теплового пожарного извещателя:

$$A(\omega) = (T_1 - T_0)^{-1} \left[\left(\sum_{k=0}^n \Delta \theta_k \cdot \cos[\omega(k + 0,5)\Delta t] \right)^2 + \left(\sum_{k=0}^n \Delta \theta_k \cdot \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t] \right)^2 \right]^{0,5}; \quad (8)$$

$$\phi(\omega) = -\text{arctg} \frac{\sum_{k=0}^n \Delta \theta_k \cdot \sin[\omega(k + 0,5)\Delta t]}{\sum_{k=0}^n \Delta \theta_k \cdot \cos[\omega(k + 0,5)\Delta t]}. \quad (9)$$

Из выражений (8) и (9) следует, что величина погрешности при определении амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик теплового пожарного извещателя приведенным способом во многом зависит от величины интервала дискретизации Δt .

Величину Δt можно определить по теореме Котельникова:

$$\Delta t = 0,5 f_m^{-1}, \quad (10)$$

где f_m – максимальная частота спектральной характеристики функции $\theta(t)$.

Такой подход определения периода дискретизации имеет ряд трудностей, связанных с выбором максимальной частоты спектральной характеристики. В частности, имеет место неопределенность в выборе величины спектральной плотности, которой соответствует максимальная частота спектральной характеристики.

В этой связи можно определить период дискретизации исходя из допустимого уровня погрешности, который согласно [1] принимается равным 5 %.

Погрешности при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей будут определяться выражениями:

$$\delta_A(\omega) = \left| \frac{A(\omega) - A_0(\omega)}{A_0(\omega)} \right|; \quad (11)$$

$$\delta_\phi(\omega) = \left| \frac{\phi(\omega) - \phi_0(\omega)}{\phi_0(\omega)} \right|, \quad (12)$$

где $A(\omega)$, $\phi(\omega)$ определяются по формулам (8) и (9), а $A_0(\omega)$ и $\phi_0(\omega)$ – образцовые амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики соответственно, выражения для которых имеют вид:

$$A_0(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}}; \quad (13)$$

$$\phi_0(\omega) = -\arctg \omega \tau. \quad (14)$$

Рассмотрим тепловые пожарные извещатели класса А1, постоянная времени которых согласно [1] $\tau \leq 20$ с, а их минимальная температура срабатывания равна 54°C . Построим зависимость погрешности при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей класса А1 от периода дискретизации и величины постоянной времени извещателя при скачкообразном изменении температуры среды, в которой он находится, с 25 до 54°C . Графики этих зависимостей представлены на рисунках 2 и 3.

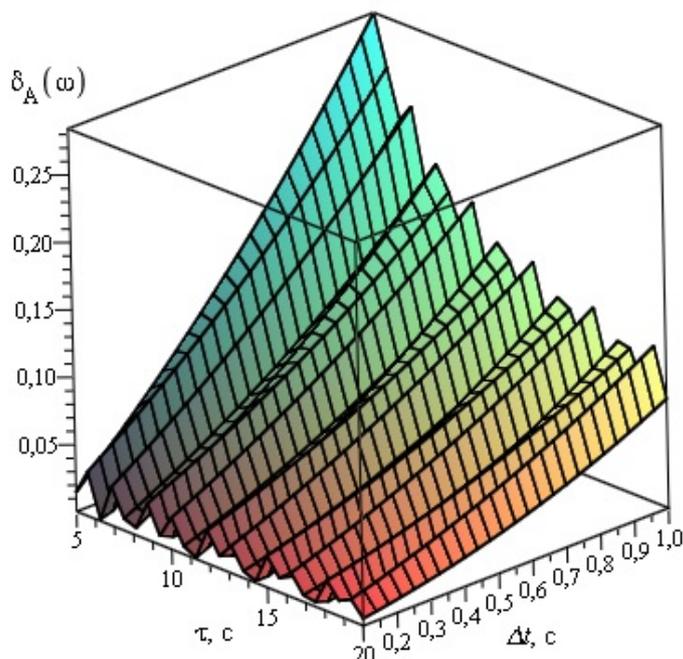


Рисунок 2. – Зависимость погрешности при определении амплитудно-частотной характеристики теплового пожарного извещателя класса А1 от постоянной времени и периода дискретизации

Как следует из рисунка 2, с увеличением периода дискретизации погрешность при определении амплитудно-частотной характеристики извещателя возрастает. Максимальная величина погрешности при определении амплитудно-частотных характеристик тепловых пожарных извещателей при интервале дискретизации $\Delta t = 1$ с для извещателей с постоянными времени $\tau = (20; 10; 5)$ с соответственно составляет 8,2; 17,1 и 28,4 %. Т. к. допустимый уровень погрешности не должен превышать 5 %, то для извещателей с постоянной времени $\tau = 20$ с целесообразно выбрать интервал дискретизации $\Delta t = 0,73$ с, с постоянной времени $\tau = 10$ с – $\Delta t = 0,30$ с, а для извещателей с постоянной времени $\tau = 5$ с – $\Delta t = 0,24$ с.

Анализ зависимости на рисунке 3 свидетельствует о том, что с увеличением периода дискретизации погрешность определения фазо-частотной характеристики, как и в случае с амплитудно-частотной характеристикой, возрастает. Максимальная погрешность при определении фазо-частотных характеристик тепловых пожарных извещателей при интервале дискретизации $\Delta t = 2$ с для извещателей с постоянной времени $\tau = (5; 10; 20)$ с соответственно будет 5,2; 3,3 и 1,2 %, поэтому для извещателей с постоянной времени $\tau = (10; 20)$ с, целесообразно выбрать интервал дискретизации $\Delta t = 2$ с, а для извещателей с постоянной времени $\tau = 5$ с – $\Delta t \leq 1,97$ с.

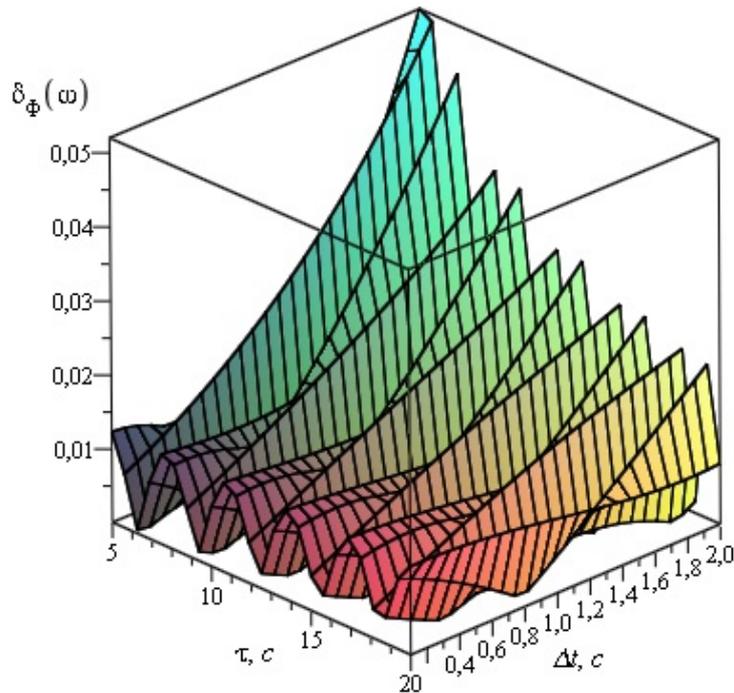


Рисунок 3. – Зависимость погрешности при определении фазо-частотной характеристики теплового пожарного извещателя класса А1 от постоянной времени и периода дискретизации

Выводы. Определены допустимые периоды дискретизации при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей класса А1 с постоянной времени $\tau \leq 20$ с. Показано, что выбор периода дискретизации при определении частотных характеристик тепловых пожарных извещателей во многом зависит от величины их постоянных времени. При определении амплитудно-частотной характеристики извещателя с постоянной времени $\tau = 20$ с с допустимым уровнем погрешности 5 % интервал дискретизации должен быть $\Delta t \leq 0,73$ с, а для извещателя с постоянной времени $\tau = 5$ с – $\Delta t \leq 0,24$ с. При определении фазо-частотной характеристики теплового пожарного извещателя погрешность не так сильно зависит от постоянной времени извещателя, как при определении амплитудно-частотной характеристики, поэтому для извещателя с постоянной времени $\tau = 20$ с с допустимым уровнем погрешности 5 % интервал дискретизации должен быть $\Delta t \leq 2$ с, а для извещателя с постоянной времени $\tau = 5$ с – $\Delta t \leq 1,97$ с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Системи пожежної сигналізації. Ч. 5. Сповісшувачі пожежні теплові точкові. (EN 54-5: 2000, IDT): ДСТУ EN 54-5:2003 – Введ. 16.12.2003. – Київ: Держспоживстандарт України, 2004. – 162 с.
2. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний: ГОСТ Р 53325-2012. – Введ. 01.01.2014. – М.: Стандарт-информ, 2012. – 270 с.
3. NFPA 72 National Fire Alarm and Signaling Code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/72/72-13ROPDraft.pdf>. – Дата доступа: 12.12.2018.
4. BS 5839-1:2017 Fire detection and fire alarm systems for buildings. Code of practice for design, installation, commissioning and maintenance of systems in non-domestic premises [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nioec.com/Training/%D8%B7%D8%B1%D8%A7%D8%AD%D9%8A%20%D8%B3%D9%8A%D8%B3%D8%AA%D9%85%20%D9%87%D8%A7%D9%8A%20%D8%A7%D8%B9%D9%84%D8%A7%D9%85%20%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D9%82/BS5389-1.pdf>. – Дата доступа: 12.12.2018.
5. Rule APSAD R7 – Automatic Fire Detection. – Введ. 01.03.2014. – Vertou: CNPP Editions, 2007. – 113 с.
6. DIN 14675:2003-11 Fire detection and fire alarm systems – Part 1: Design and operation. – Affirmed 01.04.2018. – German: Benth Verlag GmbH, 2018. – 80 с.
7. Спосіб визначення динамічних характеристик теплових пожежних сповісшувачів: пат. UA № 111447 / Ю.О. Абрамов, Я.Ю. Кальченко, В.О. Собина. – Опубл. 10.11.2016.

SELECTION OF THE SAMPLING INTERVAL IN DETERMINING THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THERMAL FIRE DETECTORS

Yuriy Abramov, Grand PhD in Technical Sciences, Professor

Yaroslav Kalchenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Purpose. A method for determining the frequency characteristics of thermal fire detectors, which is based on the use of time characteristics, is considered.

Methods. The transition function is approximated by local Heaviside functions, which allows, using the integral Laplace transforms, to go to approximate expressions for the transfer function of the heat fire detector.

Findings. The recommendations for determining the sampling interval in determining the frequency characteristics of heat fire detectors class A1 are given. The basis of these recommendations is the use of permissible values of the approximation error of these frequency characteristics.

Application field of research. The values obtained can be used to test thermal fire detectors by determining their frequency characteristics.

Conclusions. The permissible sampling intervals in determining the frequency characteristics of thermal fire detectors class A1 have been determined. It is shown that the choice of the sampling interval in determining the frequency characteristics of thermal fire detectors depends largely on the magnitude of their time constants.

Keywords: fire detectors, dynamic characteristics, sampling interval, error.

(The date of submitting: December 12, 2018)

REFERENCES

1. *Sistemi pozhezhnoi signalizatsii. Chastina 5. Spovishchuvachi pozhezhni teplovi tochkovi (EN 54-5: 2000, IDT): DSTU EN 54-5:2003* [Fire alarm systems. Part 5. Detectors fire thermal points (EN 54-5: 2000, IDT): DSTU EN 54-5:2003]. Affirmed December 16, 2003. Kiev: State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy, 2004. 162 p. (ukr)
2. *Tekhnika pozharnaya. Tekhnicheskie sredstva pozharnoy avtomatiki. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy: GOST R 53325-2012* [Fire equipment. Technical means of fire automatics. General technical requirements and test methods: Russian standard 53325-2012]. Affirmed January 01, 2014. Moscow: Standart inform, 2012. 270 p. (rus)
3. *NFPA 72 National Fire Alarm and Signaling Code*, available at: <https://www.nfpa.org/Assets/files/AboutTheCodes/72/72-13ROPDraft.pdf> (accessed: December 12, 2018).
4. *BS 5839-1:2017 Fire detection and fire alarm systems for buildings. Code of practice for design, installation, commissioning and maintenance of systems in non-domestic premises*, available at: <http://www.nioec.com/Training/%D8%B7%D8%B1%D8%A7%D8%AD%D9%8A%20%D8%B3%D9%8A%D8%B3%D8%AA%D9%85%20%D9%87%D8%A7%D9%8A%20%D8%A7%D8%B9%D9%84%D8%A7%D9%85%20%D8%AD%D8%B1%D9%8A%D9%82/BS5389-1.pdf> (accessed: December 12, 2018).
5. *Rule APSAD R7. Automatic Fire Detection*. Affirmed March 3, 2014. Vertou: CNPP Editions, 2007. 113 p.
6. *DIN 14675:2003-11 Fire detection and fire alarm systems. Part 1: Design and operation*. Affirmed April 1, 2018. German: Benth Verlag GmbH, 2018. 80 p.
7. Abramov YU.O., Kal'chenko YA.YU., Sobina V.O. *Sposib viznachennya dinamichnikh kharakteristik teplovikh pozhezhnikh spovishchuvachiv* [Method for determining the dynamic characteristics of thermal fire detectors]: patent UA No. 111447. Published November 10, 2016. (ukr)

УДК 614.8.084:614.876:351.861:517.977.5

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА ДЕЙСТВИЙ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА БЕЛОРУССКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Худолеев А.Ф., Акулич И.П., Тихонов М.М., Акулич С.В.

Рассмотрены возможности метода сетевого планирования для оценки эффективности комплекса мероприятий по ликвидации чрезвычайной ситуации на Белорусской атомной электростанции. Описан подход к составлению сетевого графика на основе алгоритма действий должностных лиц, участвующих в ликвидации чрезвычайной ситуации, описаны выражения для расчета временных параметров сетевого графика, а также подход к оценке эффективности алгоритма действий на основе метода критического пути.

Ключевые слова: сетевое планирование, оценка эффективности, чрезвычайная ситуация, критический путь, ранний (поздний) срок наступления событий, резерв времени, БелАЭС.

(Поступила в редакцию 17 декабря 2018 г.)

Введение. Обоснованность и профессиональный уровень принимаемых решений определяют эффективность действий любого должностного лица. Необходимость учета большого количества факторов, что особенно характерно при ликвидации чрезвычайной ситуации (ЧС) в целом и на Белорусской атомной электростанции (БелАЭС) в частности, значительно усложняет задачу выбора правильного варианта решения.

Основной целью ликвидации ЧС на БелАЭС является максимальное уменьшение последствий (ущерба), наносимых всем сферам и видам деятельности нашего государства, а также сведение к минимуму потерь: людских и других видов ресурсов, задействованных при ликвидации ЧС.

В таком сложном процессе, как проведение мероприятий по ликвидации ЧС, перед руководителем стоит сложная задача организации всего перечня мероприятий с учетом временных и ресурсных ограничений.

Основное содержание. В задачах поддержки принятия решений любых сфер деятельности используется научный подход, который заключается в построении математической модели управляемой системы и последующем ее анализе. Взаимодействие этапов принятия решений представлено на рисунке 1 [1].

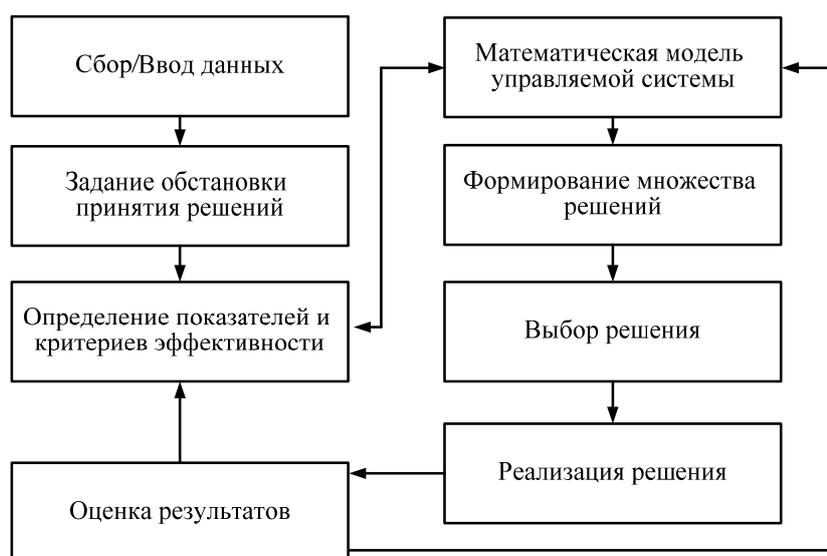


Рисунок 1. – Схема взаимодействия этапов принятия решений

Выработка и реализация решений подчиняются определенным закономерностям и принципам. Существуют определенные технологии принятия решения, помогающие ускорить этот процесс, что особенно важно в экстремальных ситуациях.

В связи с необходимостью проведения мероприятий по ликвидации ЧС на БелАЭС в кратчайшие сроки в качестве математического аппарата оценки алгоритма действий предложен к использованию аппарат сетевого планирования, основная цель которого – сокращение до минимума продолжительности комплекса мероприятий [2].

Сетевое планирование – один из методов, широко применяемых в исследовании проблем организации крупномасштабных мероприятий, использующий идею графического отображения связей между выполняемыми работами [3]. Удобство зрительного восприятия, возможность выявить главное, относительная простота вычислений делают рассматриваемый метод пригодным для анализа систем различной природы.

Метод сетевого планирования позволяет решать как прямые, так и обратные задачи исследования операций. Первые связаны с оценкой последствий выбора вполне определенного решения, вторые – с поиском наилучших решений [4]. Это расширяет области применения метода и делает его эффективным средством совершенствования целенаправленной деятельности.

На основе сетевых моделей разработано множество методов планирования, составления временных расписаний и управления проектами [5]. Для решения задачи ликвидации ЧС на БелАЭС используется метод критического пути. Критический путь – это наиболее продолжительный из всех полных путей сетевого графика: минимальное время выполнения всех работ [4]. Выполнение работ, не лежащих на критическом пути, можно замедлить или сместить по времени, и это не отразится на сроке завершения всех работ. В этом методе проводится анализ предлагаемых мероприятий для составления временных графиков распределения фаз комплекса мероприятий.

На первом этапе определяются отдельные задачи, составляющие комплекс мероприятий, их отношения последовательности (т. е. какая задача должна предшествовать другой) и длительность. Перечень и последовательность (алгоритм) действий должностных лиц, а также их временные параметры при ликвидации ЧС на БелАЭС регламентированы нормативно-правовыми актами (табл. 1) [6]. Особенность таких сложных комплексов мероприятий в том, что они состоят из отдельных работ, выполнение части которых не может быть начато раньше, чем завершены другие.

Далее комплекс мероприятий представляется в виде сети, показывающей последовательность задач, из которых он состоит. На третьем этапе на основе построенной сети выполняются вычисления, в результате чего составляется временной график реализации комплекса мероприятий.

Графическое изображение заданного комплекса выполняемых работ по ликвидации ЧС отражает их логическую последовательность, существующую взаимосвязь и планируемую продолжительность. Оно обеспечивает дальнейшую оптимизацию разработанного графика на основе экономико-математических методов и компьютерной техники с целью его использования для управления ходом работ.

Представление комплекса мероприятий ликвидации ЧС на БелАЭС с использованием сетевой модели позволяет использовать возможности частной оптимизации сетевого графика, такие как:

- минимизация времени выполнения комплекса работ при заданной его стоимости;
- минимизация стоимости комплекса работ при заданном времени выполнения.

Комплексная оптимизация сетевого графика позволяет найти оптимальное соотношение стоимости (в качестве стоимости могут рассматриваться не только финансовые затраты, но и затраты всех возможных ресурсов) и сроков выполнения проекта в зависимости от условий ЧС.

Таблица 1. – Выборочные мероприятия из перечня действий должностных лиц при ликвидации чрезвычайной ситуации на БелАЭС

№	Защитная мера или задача	Показатель времени реагирования	Примечание
1	Выделение канала связи для органа управления, оповещения и информирования населения	<30 мин	Первое мероприятие
2	Оповещение населения и выдача рекомендаций по осуществлению срочных защитных мер для населения	<30 мин	После выделения канала связи
3	Первоначальное предупреждение и информирование населения	<1 ч	После выделения канала связи
4	Сбор комиссии по чрезвычайным ситуациям	30–60 мин	
...			
8	Выдвижение подразделений МЧС на ликвидацию ЧС	10 мин	Возможно только после оповещения органов управления и сил ГСЧС
9	Организация разведки в зоне ЧС	10 мин	Только после прибытия подразделений МЧС
...			
15	Определение места сбора и посадки населения и безопасного района	<1 ч	Возможно только после оповещения органов управления и сил ГСЧС, первоначального предупреждения и информирования населения
16	Организация временного отселения населения в безопасный район	<1 ч	
17	Проведение эвакуации или обеспечение укрытия для населения	До выброса или в течение 1 часа после выброса	
18	Обеспечение транспортом эвакуируемых	<1 ч	Возможно только после оповещения органов управления и сил ГСЧС
19	Контроль эвакуированного населения и определение необходимости в проведении дезактивации или медицинской помощи	<1 ч В процессе и после окончания эвакуации	
...			
30	Регулирование дорожного движения, организация пропускного режима	< 1 ч	Возможно только после оповещения органов управления и сил ГСЧС
31	Обеспечение питанием, одеждой и обувью эвакуируемых	<2 ч	По прибытию населения в контрольно-распределительный пункт
32	Защита с/х животных и растений	<4 ч	Возможно только после оповещения органов управления и сил ГСЧС
33	Защита продукции животноводства и растениеводства	<4 ч	
34	Обеззараживание территорий, зданий и сооружений	24 ч	После ликвидации ЧС
...			

Исходя из существующего алгоритма действий, рассматриваемого на данный момент в качестве основного при ликвидации ЧС на БелАЭС, составлен сетевой график (рис. 2).

Главными элементами сетевой модели (рис. 2) являются работы (на сетевом графике отмечены в виде дуг) и события (отображаются в виде кружков с цифрой, соответствующей номеру мероприятия в перечне действий при ликвидации ЧС).

Событие не имеет временной длительности, является результатом одной или нескольких работ (т. е. это результат действий должностных лиц на каждом из этапов алгоритма), после которой можно начинать одну или несколько последующих работ.

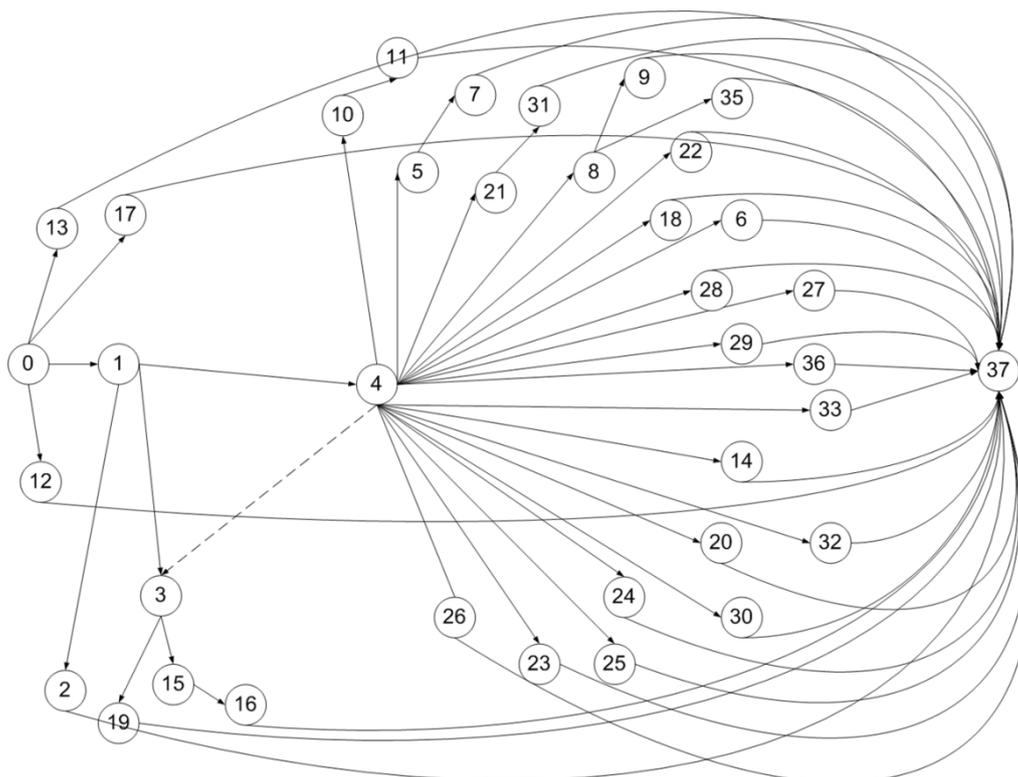


Рисунок 2. – Сетевой график комплекса работ ликвидации чрезвычайной ситуации

Сетевой график может быть составлен с помощью Microsoft Project, в которой описывается содержание работ (рис. 3).

Для каждого события (вершины) графика рассчитаны временные параметры:

– ранний срок наступления j -го события $t_p(j)$ – момент времени, к которому завершаются все работы, предшествующие этому событию. Время его наступления определяется при движении по сети слева направо и равно продолжительности максимального по времени предшествующего пути (путь – это последовательность работ между событиями), соединяющего начальное событие с j -м. Ранний срок наступления j -го события вычисляется по формуле

$$t_p(j) = \max_{\forall i: \exists A_{ij}} \{ t_p(i) + t(i, j) \}, \quad (1)$$

где A_{ij} – работа, ведущая от i -го события к j -му;

$t_p(i)$ – ранний срок наступления i -го события;

$t(i, j)$ – длительность работы A_{ij} ;

– поздний срок наступления i -го события $t_n(i)$ – такой предельный момент, после которого остается столько времени, сколько необходимо для выполнения всех работ, следующих за этим событием. Он определяется при движении по сети справа налево как разность между продолжительностью критического пути и наибольшей из продолжительностей путей, следующих за данным событием:

$$t_n(i) = \min_{\forall j: \exists A_{ij}} \{ t_n(j) - t(i, j) \}; \quad (2)$$

– резерв времени i -го события $R(i)$ показывает, на какой срок может задержаться i -е событие без изменения конечного срока выполнения всего комплекса работ:

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i). \quad (3)$$

	ⓘ	Название задачи	Длительность
1		Выделение канала связи для органа управления, оповещения и и	0,02 дней
2		Оповещение населения и выдача рекомендаций по осуществлению срочных защитных мер для населения	0,02 дней
3		Первоначальное предупреждение и информирование населения	0,04 дней
4		Оповещение органов управления и сил ГСЧС	0,07 дней
5		Сбор КЧС	0,04 дней
6		Организация работы ситуационного штаба УЛЧС	0,04 дней
7		Оперативная группа	0,04 дней
8		Выдвижение подразделений МЧС на ликвидацию ЧС	0,02 дней
9		Организация разведки в зоне ЧС	0,02 дней
10		Развертывание информационного центра на базе республикански	0,17 дней
11		Взаимодействие с ССКЦ	0,17 дней
12		Раздача препаратов стабильного йода в зонах с целью блокиров	0,25 дней
13		Проведение мониторинга объектов окружающей среды вблизи А	0,04 дней
14		Привлечение учреждений организаций (СНЛК)	0,25 дней
15		Определение места сбора и посадки населения и безопасного ра	0,04 дней
16		Организация временного отселения населения в безопасный рай	0,04 дней
17		Проведение эвакуации или обеспечение укрытия для населения	0,04 дней
18		Обеспечение транспортом эвакуируемых	0,04 дней
19		Контроль эвакуированного населения и определение необходи	0,04 дней
20		Оказание МП в районе аварии	0,02 дней
21		Организация контрольно-распределительного пункта	0,04 дней
22		Подготовка дополнительных койко-мест	0,02 дней
23		Оказание медицинской помощи в безопасном районе	0,25 дней
24		Оказание помощи при проведении работ по обеззараживанию те	0,25 дней
25		Оцепление зоны заражения	0,04 дней
26		Охрана порядка в зоне заражения	0,04 дней
27		Охрана порядка на маршрутах эвакуации	0,04 дней
28		Охрана порядка в месте сбора и посадки населения на транспор	0,04 дней
29		Оповещение населения, проживающего на территории, не охвач	0,04 дней
30		Регулирование дорожного движения, организация пропускного ре	0,04 дней
31		Обеспечение питанием и одеждой, обувью эвакуируемых, питан	0,08 дней
32		Защита с/х животных и растений	0,17 дней
33		Защита продукции животноводства и растениеводства	0,17 дней
34		Обеззараживание территорий, зданий и сооружений	0,25 дней
35		Локализация и ликвидация ЧС, обеззараживание	0,25 дней
36		Обеспечение ГСМ техники, участвующей в ликвидации ЧС и эвак	0,25 дней

Рисунок 3. – Сетевая модель, разработанная с использованием Microsoft Project

Событие может наступить только тогда, когда закончатся все работы, предшествующие ему по сетевому графику. Для всех непосредственно предшествующих событию работ оно является конечным, а для всех непосредственно следующих за ним – начальным. Фиктивная работа (указывает на зависимость между работами, т. е. что выполнение какой-либо работы не может быть начато до завершения ряда других) изображается пунктирной линией (рис. 2).

Анализ сетевого графика (рис. 2) и временных параметров (1)–(3), рассчитанных методом критического пути для каждого события, позволяет обосновать целесообразность выбора работ, степени их расчленения, а также необходимость корректировки действий должностных лиц и сил, задействованных в ликвидации ЧС на БелАЭС.

Сетевой график с учетом предлагаемых изменений последовательности действий должностных лиц, а также исключения некоторых мероприятий из перечня (табл. 1) представлен на рисунке 4.

Критический путь является самым напряженным, определяющим продолжительность всего комплекса работ. Срыв срока выполнения хотя бы одной из работ критического пути приводит к нарушению сроков завершения всего комплекса работ. У событий критического пути резерв времени (3) равен 0. Результаты расчетов критического пути позволяют внести корректировки в алгоритм действий должностных лиц, исключить из перечня те

мероприятия, которые не влияют на эффективность комплекса проводимых мероприятий, а также изменить последовательность и взаимосвязь между выполняемыми работами.

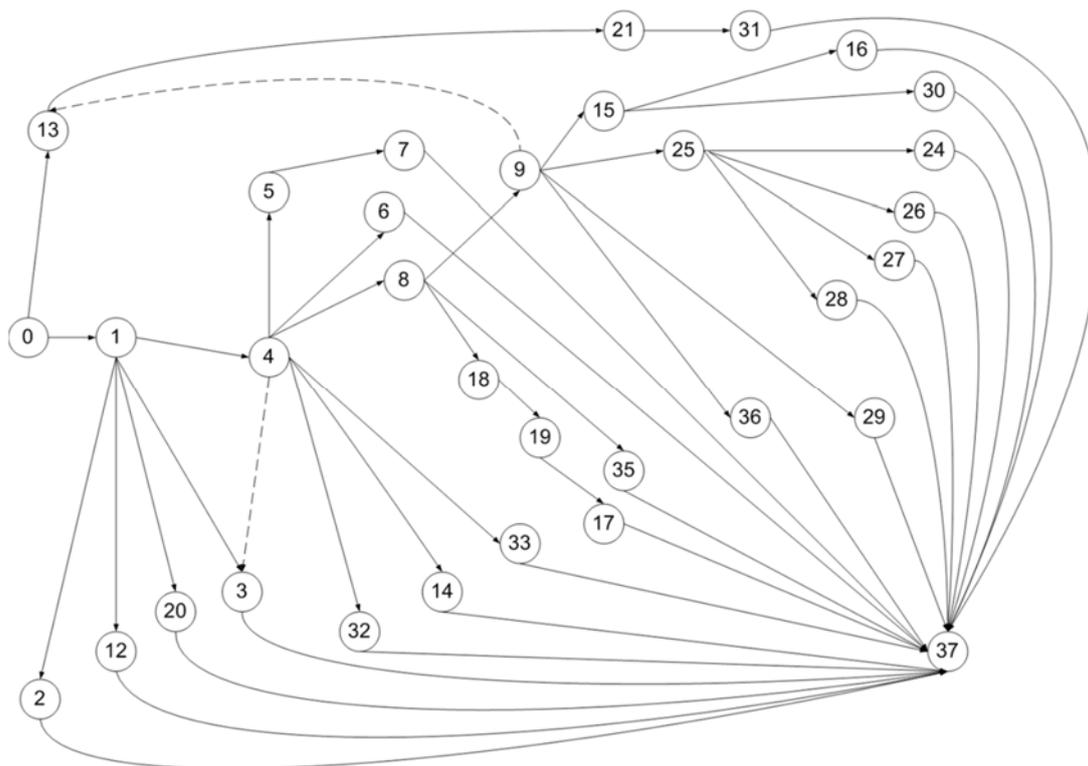


Рисунок 4. – Сетевой график ликвидации чрезвычайной ситуации после внесенных изменений

Заключение. Ликвидация ЧС на БелаЭС является сложным комплексом мероприятий, выполнение которых требует четкой последовательности действий, выделения требуемого количества ресурсов. Причем все эти действия должны быть выполнены в минимальные сроки.

Алгоритм действий должностных лиц (табл. 1), участвующих в ликвидации ЧС на БелаЭС, был проанализирован с использованием метода критического пути сетевого планирования. Внесение изменений в алгоритм действий должностных лиц позволит сократить время, рассчитанное для сетевого графика (рис. 4) на проведение мероприятий ликвидации ЧС на БелаЭС, на 33 % ($t_{кр} = 7$ ч 58 мин) по отношению к расчетному времени ($t_{кр} = 12$ ч) на проведение комплекса мероприятий, рассчитанного для сетевого графика (рис. 2).

В качестве изменений в алгоритме предлагается следующее:

1. Исключить из алгоритма действий мероприятия:

– не влияющие на эффективность выполнения алгоритма действий по ликвидации ЧС на БелаЭС и допускающие параллельное проведение: 10 (Развертывание информационного центра на базе республиканского унитарного предприятия «Белорусское телеграфное агентство» и проведение брифинга для новостных СМИ, ССКЦ), 11 (Взаимодействие с ССКЦ);

– проводимые в безопасном районе и не влияющие на время проведения комплекса мероприятий по ликвидации ЧС на БелаЭС: 22 (Подготовка дополнительных койко-мест), 23 (Оказание медицинской помощи в безопасном районе);

– проводимое непосредственно после ликвидации ЧС: 34 (Обеззараживание территорий, зданий и сооружений).

2. Изменить порядок действий и проведения отдельных мероприятий в соответствии с рисунком 4.

3. Алгоритм действий рассматривать для различных вариантов развития ЧС (степени сложности в соответствии с табл. 1).

В качестве направления дальнейших исследований предлагается:

– использование графика Ганта, который даст возможность руководителю определить, какие работы имеют место в любой момент, а также требуемые ресурсы в конкретные

моменты времени в течение выполнения проекта. Ресурсы, как правило, отображаются в виде гистограммы, что может помочь руководителю проанализировать варианты их распределения при возникновении проблем с выполнением запланированного графика;

– дробление и оценка эффективности отдельных мероприятий, включенных в перечень. Так, предлагается провести оценку эффективности мероприятий со следующими номерами:

8 (Выдвижение подразделений МЧС на ликвидацию ЧС), 15 (Определение места сбора и посадки населения и безопасного района), 16 (Организация временного отселения населения в безопасный район), 18 (Обеспечение транспортом эвакуируемых), 36 (Обеспечение ГСМ техники, участвующей в ликвидации ЧС и эвакуации). В качестве решения данной задачи возможно применение метода оптимизации транспортных задач по критерию минимума стоимости или времени (в зависимости от имеющихся ресурсов);

17 (Проведение эвакуации или обеспечение укрытия для населения). Оценка эффективности данной задачи может осуществляться с использованием метода динамического программирования, для установления условного и безусловного выигрышей возможно привлечение экспертов и обработка экспертных оценок;

21 (Организация контрольно-распределительного пункта). Оценка эффективности данной задачи возможна с использованием метода динамического программирования, для установления условного и безусловного выигрышей возможно привлечение экспертов и обработка экспертных оценок, а выбор места контрольно-распределительного пункта требуется выполнять с учетом решения оптимизации транспортной задачи по критерию минимума стоимости или времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулич, И.П. Поддержка принятия решений при организации противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования: дис. ... канд. техн. наук: 20.02.12 / И.П. Акулич. – М., 2017. – 183 л.
2. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель. – 4-е изд. – М.: Дрофа, 2006. – 206 с.
3. Миненко, С.Н. Экономико-математическое моделирование производственных систем: учеб.-метод. пособие / С.Н. Миненко, О.Л. Казаков, В.Н. Подзорова. – М.: ГИНФО, 2002. – 128 с.
4. Новицкий, Н.И. Сетевое планирование и управление производством / Н.И. Новицкий. – М.: Новое знание, 2004. – 159 с.
5. Гонтарева, И.В. Управление проектами: учеб. пособие / И.В. Гонтарева, Р.М. Нижегородцев, Д.А. Новиков. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 384 с.
6. Об утверждении Положения об условиях и порядке разработки аварийных планов [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 27 авг. 2010 г., № 1242 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

APPLICATION OF THE METHOD OF NETWORK SCHEDULING FOR ASSESSMENT OF EFFECTIVENESS OF THE ALGORITHM OF ACTIONS OF OFFICIALS AT EMERGENCY RESPONSE ON THE BELARUSIAN NUCLEAR POWER STATION

Alexander Hudoleev

Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Inna Akulich, PhD in Technical Sciences

The Educational Establishment «Military academy of Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Maxim Tikhonov, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

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

Sergey Akulich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The Educational Establishment «Military academy of Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. Evaluation of the effectiveness of the emergency response measures at the Belarusian NPP. Reducing to a minimum the time of their execution.

Methods. The method of network scheduling was used to the optimization of work duration.

Findings. An approach to drawing up the network schedule on the basis of actions algorithm of the officials involved in elimination of emergency situation is described, the expressions for calculation of time parameters of the network schedule and also the approach to assessment of effectiveness of actions algorithm on the basis of critical path method are presented.

Application field of research. The results of the study can be used for the correction of actions for elimination of emergency situation on the Belarusian nuclear power station.

Conclusions. Decision support, evaluation of decisions effectiveness, correction of actions based on the analysis of the obtained estimates is a complex task. Making proposed changes to the algorithm of actions of officials will allow a 33 % reduction in the estimated time for carrying out a set of measures to eliminate emergency situations at the Belarusian NPP.

Keywords: network scheduling, effectiveness assessment, emergency situation, critical path, BelNPP.

(The date of submitting: December 17, 2018)

REFERENCES

1. Akulich I.P. *Podderzhka prinyatiya resheniy pri organizatsii protivodeystviya sredstvami radiokatsionnoy razvedki kosmicheskogo bazirovaniya* [Decision-making support in organization of the counteraction against space-based radar reconnaissance means]. PhD tech. sci. diss.: 20.02.12. Moscow, 2017. 183 p. (rus)
2. Venttsel E.S. *Issledovaniye operatsiy. Zadachi, printsipy, metodologiya* [Operations research. Tasks, principles, methodology]: textbook. Moscow: Bustard, 2006. 206 p. (rus)
3. Minenko S.N., Kazakov O.L., Podzorova V.N. *Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye proizvodstvennykh sistem* [Economic-mathematical model operation of production systems]: textbook. Moscow: GINFORM, 2002. 128 p. (rus)
4. Novitsky N.I. *Setevoye planirovaniye i upravleniye proizvodstvom* [Network scheduling and production management]. Moscow: Novoe znanie, 2004. 159 p. (rus)
5. Hontareva I.V. *Upravleniye proyektami* [Project management]: textbook. Moscow: LIBROKOM, 2009. 384 p. (rus)
6. *Ob utverzhenii Polozheniya ob usloviyakh i poryadke razrabotki avariynyykh planov* [About the adoption of the Provision on conditions and an order of development of the emergency plans]: *Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, August 27, 2010, No. 1242*. ETALON: Legislation of the Republic of Belarus. National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)

УДК 159.937.52

ВОСПРИЯТИЕ ДОРОЖНОЙ СИТУАЦИИ КАК ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Булышко О.В.

Проанализированы психофизиологические свойства, влияющие на способность водителя воспринимать дорожную информацию. Раскрываются факторы, определяющие поведение участника дорожного движения и обусловленные его психическим состоянием в данный момент времени. Дана подробная характеристика психических процессов и явлений, влияющих на состояние участников дорожного движения, таких как: особенности восприятия пространства и времени, время реакции, внимание, мышление. Рассмотрены причины и условия возникновения иллюзорных восприятий. Эмпирическим путем выявлены наиболее значимые психофизиологические параметры восприятия, непосредственно влияющие на надежность профессиональной деятельности водителя автотранспортного средства.

Ключевые слова: безопасность, реакция, восприятие, внимание, мышление, глазомер, иллюзии, психическое состояние.

(Поступила в редакцию 24 октября 2018 г.)

Введение. Для водителей, пешеходов, сотрудников ГИБДД важную роль играет такой когнитивный процесс, как восприятие, который может стать серьезной проблемой в процессе дорожного движения. Уровень безопасности на дорогах вытекает из эффективности работы наших органов чувств.

Изучая психофизиологические характеристики, следует определить способность водителя воспринимать дорожную информацию, осмысливать ее, принимать решения и своевременно выполнять действия по управлению транспортным средством.

Сам же процесс восприятия многообразен и включает в себя зрительные, слуховые, обонятельные, двигательные, вибрационные, кожные и другие ощущения [1]. Информацию об окружающей среде человек получает именно от органов восприятия. Она является источником представления об окружающем мире. К примеру, количество ДТП будет обратно пропорционально возможности получения достоверной информации о дорожной ситуации. Это подтверждается статистическими данными: несмотря на то, что в темное время суток интенсивность движения снижена до 10–15 % от дневной величины, большинство ДТП (до 60 %) происходит именно в это время, когда восприятие водителя ограничено [2].

В итоге действия водителя автотранспортного средства в определенный промежуток времени являются результатом его психического состояния, которое полностью подчиняется влиянию факторов восприятия. Следовательно, психическое состояние, при котором наиболее быстро и оптимально качественно протекает процесс восприятия информации, зависит именно от факторов, моделирующих восприятие личности, и от того, насколько хорошо водитель может сохранять данные показатели положительно стабильными. Если личность не может абстрагироваться от негативных факторов, затрудняющих процесс восприятия и переработки информации и происходят отклонения от нормального психического состояния, то вероятность ошибочных действий водителя возрастает.

Нельзя забывать, что психические свойства людей не одинаковы, и каждый по-своему будет реализовывать влияние различных факторов восприятия в своей деятельности. Однако стоит отметить, что, помимо диффузных процессов восприятия внутри нервной системы, огромное влияние на нее извне оказывает окружающая среда, изменяя при этом глубину и скорость протекания психических процессов. Все это в совокупности, несомненно, сказывается на картине восприятия участником движения окружающей дорожной обстановки.

Основная часть. Восприятие по сравнению с ощущением намного более сложный психофизиологический процесс, который ориентирует нас в окружающем мире. Главное отличие между этими процессами в том, что ощущения дают нам информацию о качествах и свойствах предметов в отдельности, а при восприятии происходит психическое отраже-

ние действительности в виде совокупности этих же качеств и свойств, создающее целостный образ.

В сущности, благодаря процессу восприятия мы имеем представление о целостной картине мира, а также об отдельных ее предметах и явлениях в частности. Так и при управлении автомобилем необходимо фиксировать огромное количество отдельных звуковых, зрительных, вибрационных раздражителей, а также дорожную обстановку в целом. Качественные же показатели восприятия (точность, быстрота, полнота) прямо пропорциональны опыту и знаниям водителя. Они обуславливают различную результативную картину восприятия у опытного водителя и новичка. Однако причинная обусловленность наших действий все равно определяется психофизиологическими показателями.

В процессе вождения в основе положительного водительского расчета лежит такое качество восприятия, как умение правильно и быстро оценивать пространство и время. Наиболее важна оценка удаленности водителя от предметов, а также расстояния между ними.

Известно, что водитель автотранспортного средства в среднем охватывает своим вниманием не более трех объектов, не считая опасного. Поэтому в процессе вождения он пытается фиксировать попутные и встречные автомобили, наличие пешеходов и проезжую часть в целом.

При движении автомобиля на больших скоростях решающим значением в обеспечении безопасности является точная оценка временных интервалов, иногда вплоть до микроинтервалов. Ведь именно восприятие скорости движущихся автотранспортных средств лежит в основе динамического глазомера, который определяет уровень мастерства водителя. Если глазомер дает искаженную картину восприятия временного интервала, чаще всего создается аварийная ситуация на дороге из-за излишней поспешности или запаздывающих действий, резких приемов управления. Как правило, негативные последствия при обгоне возникают в связи с некорректной оценкой временных микроинтервалов. Основное значение при выполнении опасных маневров играет не только знание о расстоянии до другого транспортного средства, но и умение сопоставить данную информацию с величиной тормозного пути или пути маневра, который необходимо осуществить при данной скорости в данной дорожной ситуации. Когда происходит искажение восприятия временных интервалов, водителю кажется, что времени для маневрирования будет достаточно, а на самом деле это не так, возникают напряженные ситуации на дорогах. Но исправить ошибку и ее последствия очень часто уже невозможно [3].

Итак, правильное восприятие времени – важнейшее профессиональное качество водителя. Данное качество является результативным в обеспечении безопасности на дорогах, дает как положительную характеристику уровню динамического глазомера водителя, так и возможность распознать нарушение оценки временного интервала, вследствие которого происходят ошибочные маневры или другие аварийные приемы управления автотранспортным средством.

Человек воспринимает пространство как трехмерное, восприятие предметов для него оправданно различно: удаленные видны под меньшим углом, чем более близкие, с теми же размерами. А т. к. восприятие дает целостную картину мира, то для водителя информация о габаритах предметов, чаще всего встречающихся при управлении автотранспортным средством, является наиболее важной. И, чтобы эта информация была достоверной, необходимо систематически тренировать глазомер в определении расстояний.

Более сложной для восприятия является оценка расстояний как между самими объектами, так и до двигающихся объектов (пешеходов, автомобилей и пр.).

Цветовая гамма имеет огромное влияние на оценку расстояния до предметов. Известно, что переоценивается, т. е. кажется дальше, расстояние до движущего автотранспортного средства, окрашенного в темные тона (в черный или синий цвет), а светлые тона (желтый, оранжевый) способствуют более приближенному восприятию объекта.

В результате искажений реальной картины мира имеет место неправильное восприятие в виде иллюзий. Причин для возникновения иллюзий может быть много, но чаще всего они появляются на высоких скоростях, когда при контрастности восприятия или при особенностях перспективы значительно искажается соотношение пропорций между предметами в меняющемся рельефе. Например, начинает казаться, что дорога, по которой он едет, более узкая, чем в действительности, и водитель непроизвольно меняет траекторию в сторону осевой линии. Круговые кривые начинают в плане восприниматься эллипсоидной формы, в результате чего крутизна поворотов увеличивается, а длина кривых, наоборот,

кажется уменьшенной. Соответственно, пологие подъемы за длинными спусками воспринимаются более крутыми [4].

Естественно, иллюзорные восприятия опасны для всех участников дорожного движения. Так, например, иллюзорное восприятие встречного автомобиля, пешехода впереди или какого-либо препятствия, как правило, вызывает неправильную реакцию водителя: экстренное торможение, резкий поворот или другие неадекватные действия.

Благоприятными условиями для возникновения иллюзий у водителя могут являться: утомление, ослабление внимания, состояние алкогольного опьянения, отрицательные эмоции (неуверенность, страх) или просто индивидуальные особенности человека. И успех управления автотранспортным средством будет зависеть от способности водителя преодолевать эмоциональное напряжение, чувство страха и неуверенность в действиях.

Следует помнить, что иллюзии не имеют ничего общего с галлюцинациями. При иллюзиях водитель хоть и воспринимает информацию об окружающей среде искаженно, но объект при этом всегда существует. А при галлюцинациях визуальная и аудиальная информация поступает в сознание личности от объекта, которого нет в реальности.

В большинстве случаев водитель оценивает условия дорожного движения преимущественно через визуальные каналы, а не через аудиальные. Благодаря опорным точкам он вырисовывает пространственный коридор своей траектории движения. При этом его взгляд скачкообразно перебрасывается с одного объекта на другой. А при высокой скорости данные психофизиологические манипуляции делать сложнее. Следовательно, водитель должен помимо соблюдения правил дорожного движения предъявлять высокие требования к состоянию своего зрения и учитывать физиологию его работы при выборе режима движения в различных условиях.

Поэтому обладание знаниями об особенностях восприятия дорожного движения и возможных иллюзиях в данном процессе помогает человеку создать реалистичный прогноз дорожной обстановки в целом. Помимо психофизиологических особенностей восприятия как основного фактора безопасности дорожного движения человек должен знать собственные личностные показатели в виде времени реакций, стараться тренировать их и по возможности снижать время выполнения базовых действий по управлению автомобилем.

Не стоит забывать, что к личностным показателям восприятия относится такой психофизиологический процесс, как внимание. В литературных источниках внимание трактуется как направленность и сосредоточенность психической деятельности на чем-либо определенном [5]. Оно является важнейшим показателем надежности водителя автотранспортного средства. И если внимание сосредотачивается на других вещах, не связанных с управлением, то дорожную ситуацию должен постоянно контролировать такой психический процесс, как мышление. Мышление водителя совершенствуется при непрерывной практической деятельности, оказывает организующее влияние и отражается в его профессиональных действиях в опасных ситуациях и различных дорожных условиях. Более глубокие знания об особенностях своего восприятия необходимы как опытному водителю, так и начинающему для более продуктивного процесса мышления. Однако человек не сможет качественно распорядиться своими знаниями для обеспечения эффективного мышления, если только они не будут подкрепляться его специальными знаниями и опытом управления автотранспортным средством.

Экспериментальная часть. Колебания показателей уровня восприятия, по сути, представляют собой индикатор личностной и профессиональной надежности водителей автотранспортных средств. Для проведения экспериментального исследования динамики данных показателей было организовано теоретическое и эмпирическое изучение параметров, представляющих интерес для анализа психологических и психофизиологических механизмов надежности профессиональной деятельности. Исследование проводилось в три этапа с 2013 по 2016 год.

На первом этапе был проведен методологический анализ по заданной тематике. Определена цель, выбраны предмет и объект исследования, выдвинуты предполагаемые гипотезы исследования и распланированы этапы. Поставлены задачи, выбраны методы и методики исследования, а также в составлена программа экспериментального исследования.

В число испытуемых вошли люди, имеющие водительское удостоверение категории «В» и различный стаж вождения. В исследовании участвовали 151 человек от 18 до 61 года. Из общего числа обследованных 63,8 % составляли лица в возрасте 18–30 лет. В мень-

шем количестве были представлены возрастные категории 31–45 лет (20,8 %) и 46–61 лет (15,4 %).

На основе данной выборки была создана контрольная группа из 48 испытуемых: 30 мужчин (62,5 %) и 18 женщин (37,5 %). В таблице 1 представлены ее характеристики. Показатели данной группы были включены в анализ для сравнения с нормативными значениями, что позволило получить развернутую картину отобранных признаков надежности на стартовом этапе исследования.

Таблица 1. Распределение испытуемых контрольной группы по возрасту и полу

Пол	Возраст, лет			Всего
	от 18 до 30	от 31 до 45	от 46 до 61	
Мужчины	12 (40 %)	15 (50 %)	3 (10 %)	30 (100%)
Женщины	3 (16,67 %)	11 (61,11 %)	4 (22,22 %)	18 (100%)
Итого	15 (31,25 %)	26 (54,17 %)	7 (14,58 %)	48 (100%)

На втором этапе было проведено психодиагностическое обследование и тестирование 151 респондента с помощью универсального психодиагностического комплекса УПДК-МК [6], который позволил провести периодические психофизиологические обследования, определить личностные особенности испытуемых и осуществить первичный профессиональный психофизиологический отбор. Также аппаратный комплекс позволил отследить динамику функционального состояния (изменение психофизиологических параметров) испытуемых на различных этапах исследования, что помогло в дальнейшем разработать коррекционную программу по развитию профессионально важных психофизиологических качеств.

Проведен сравнительный, корреляционный и факторный анализ. В результате при помощи данных методов были систематизированы показатели, влияющие на восприятие, а значит, и на поведение водителей в различных ситуациях на дороге, и осуществлена выборка определяющих психодиагностических показателей. Выявлены достоверно значимые различия между нормативными показателями, определяющими группу профессиональной пригодности, и итоговыми результатами нормативных показателей контрольной группы по индивидуально-психологическим и психофизиологическим параметрам личности и поведения. Все остальные отличия от нормативных показателей послужили основанием в описании симптомокомплекса индивидуально-психологических и психофизиологических особенностей водителей автотранспортных средств, а также комплекса профессионально значимых индивидуально-психологических и психофизиологических показателей надежности профессиональной деятельности водителей, т. е. уровня показателей восприятия. Полученные результаты, не соответствующие нормативным, предопределили потребность разработки программы коррекции, применение которой позволит улучшить показатели уровня восприятия, что повлияет на надежность профессиональной деятельности водителей.

На третьем этапе с целью повышения профессионального роста респондентов, качества их профессиональной деятельности, снижения неблагоприятных последствий, связанных с безопасностью труда, высоким травматизмом, аварийностью, совершением ошибочных действий, под руководством тренера (исследователя) применена программа коррекции и совершенствования показателей надежности профессиональной деятельности. После данных мероприятий респондентам была выдана определенная инструкция проведения самостоятельной тренировки в практических условиях. После 6 месяцев проведения всего цикла занятий, направленных на коррекцию и совершенствование показателей надежности профессиональной деятельности водителей, была осуществлена повторная диагностика на аппаратно-программном комплексе УПДК-МК. Полученные результаты подвергнуты математической обработке, проведен сравнительный анализ показателей до и после эксперимента, сформулированы выводы по результатам исследования и выработаны конкретные практические рекомендации.

В итоге исследования эмпирическим путем выявлены психофизиологические параметры наиболее значимых свойств восприятия. Удалось определить характеристики восприятия, непосредственно влияющие на надежность профессиональной деятельности водителя автотранспортных средств. На основе полученных результатов было разработано 5 методик, направленных на оптимальность определения и совершенствование уровня восприятия личности:

1) для оценки уровня восприятия расстояний и скоростей движущихся объектов психофизиологическим способом применялся тест на определение уровня

восприятия скорости движения и расстояния до объектов в быстро меняющейся дорожной ситуации;

2) для **оценки распределения внимания** использовался тест на выявление способности водителя одновременно контролировать и при необходимости быстро и точно выполнять наиболее важные действия при вождении без потери контроля над другими значимыми аспектами дорожной ситуации (общение с пассажирами, манипулирование органами управления, оценка дорожной ситуации и т. д.);

3) для **оценки эмоциональной устойчивости** осуществлялось тестирование с целью определения способности водителя действовать при наличии отрицательных эмоциональных факторов и помех;

4) для **оценки сложной двигательно-моторной реакции** использован тест на определение способности водителя принимать правильное решение в быстро меняющейся дорожной обстановке;

5) для **оценки склонности к риску** применялся тест, позволяющий прогнозировать вероятность совершения рискованных действий во время дорожного движения, а также личностно-индивидуальную склонность к риску. В данном случае имеется в виду риск, реализация которого ставит под угрозу удовлетворение какой-либо достаточно важной потребности. Ибо ситуация риска основана на выборе из двух альтернативных вариантов поведения: с одной стороны, связанного с возможной неудачей, с другой – надеждой хотя бы на минимальное сохранение уже достигнутого результата. При этом выбор рискованного поведения не всегда обусловлен более высокой ценностью достигаемого результата. Часто проявляется тенденция к бескорыстному, немотивированному риску, который воспринимается как самостоятельная ценность.

Каждый человек отличается целым рядом особенностей, совокупность которых составляет его индивидуальность. Отрицательные черты личности затрудняют деятельность водителя, ведут к ошибкам и ДТП. Водители, допускающие наименьшее количество нарушений, имеют высокий уровень восприятия, характеризуются не только высокой дисциплинированностью, но и уравновешенностью, рассудительностью, находчивостью, более широкими интересами, высокими нравственными и моральными качествами. Воспитание этих качеств у водителей должно быть первостепенной задачей руководителей всех учебных и автотранспортных предприятий.

Усвоение правил дорожного движения и запоминания последовательности действий в различных ситуациях будет тем успешнее, чем больше водитель будет связывать правила и действия с конкретными дорожными ситуациями. При освоении учебного материала хорошо воспринимается и запоминается эмоционально насыщенный. Все, с чем сталкивается человек в повседневной жизни, вызывает у него определенное отношение. Он не только воспринимает окружающие предметы и явления, но и взаимодействует с внешней средой. Поэтому упор на практическую сторону при обучении в автошколах имеет первостепенную значимость.

Данное исследование позволяет не ограничиваться регистрацией выявляемых фактов, а через использование специальных техник и средств раскрывать механизмы, тенденции, динамику психического развития изучаемых особенностей личности испытуемых, а также организовать коррекционную программу, определив возможности повышения надежности их профессиональной деятельности.

Заключение. Эмпирическим путем выявлены психофизиологические параметры наиболее значимых свойств восприятия, которые, в свою очередь, непосредственно влияют на надежность профессиональной деятельности водителя автотранспортного средства: уровень восприятия расстояний и скорости движущихся объектов, распределение внимания, эмоциональная устойчивость, сложная двигательно-моторная реакция, склонность к риску, на основе чего разработано 5 методик, направленных на оптимальность определения и развития уровня восприятия личности.

Инструменты психодиагностики на базе программного комплекса УПДК-МК позволили выявить и достоверно описать индивидуально-психологические и психофизиологические особенности испытуемых, определяющие уровень восприятия личности и выступающие как показатель надежности профессиональной деятельности. Комплекс методик является адекватным инструментом для проведения по заявленным параметрам сравнительного, корреляционного, кластерного и факторного анализа данных.

Для надежности профессиональной деятельности водителей автотранспортных средств, несомненно, важно, какой человек сидит за рулем, что он представляет собой как личность. Поэтому для безопасности дорожного движения необходимы не только коррекция определенных индивидуально-психофизиологических параметров работающих водителей автотранспортных средств, но и модернизация на более ранних этапах коренных принципов обучения в автошколах, где должны проводиться тестирование и определение психофизиологических характеристик будущих водителей, профилактика данных показателей, а также необходимый отсев обучаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность дорожного движения: учеб. пособие для подготовки и повышения квалификации кадров автомобильного транспорта / В.В. Амбарцумян [и др.]; под ред. чл.-корр. Рос. акад. наук проф. В.Н. Луканина. – М.: Машиностроение, 2008. – 304 с.
2. Дорожно-транспортные происшествия: нормативные акты, материалы судебной практики, образцы документов / под ред. М.Ю. Тихомирова. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Изд. Тихомирова М.Ю., 2008. – 284 с.
3. Коноплянко, В.И. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения: учеб. пособие / В.И. Коноплянко, В.В. Зырянов, Ю.В. Воробьев. – М.: Высш. шк., 2005. – 271 с.
4. Берлова, И.С. Психологические особенности участников дорожного движения как фактор безопасности / И.С. Берлова // Ученые записки. – 2010. – Т. 1, № 2 (60). – С. 32–36.
5. Гуревич, П.С. Психологический словарь / П.С. Гуревич. – М.: ОЛМАПРЕСС Образование, 2007. – 800 с.
6. Комплекс универсальный психодиагностический УПДК-МК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.neurocom.ru/ru2/psych/updk_mk.html. – Дата доступа: 30.06.2015.

PERCEPTION OF THE TRAFFIC SITUATION AS THE FACTOR OF SAFETY

Olga Bulynko

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Purpose. The purpose of the article is to analyze the psycho-physiological characteristics, which show the driver's ability to perceive traffic information, interpret it, make decisions and timely perform actions to manage the transport standard. One of the main tasks is to consider the particularities of perception, which is the main source of information about the human environment during the movement.

Findings. The psycho-physiological properties of a person, affecting the ability of the driver to perceive traffic information have been analyzed. The factors that determine the behavior of a person in traffic conditions and are determined by his mental state at a given time are disclosed. A detailed description of mental processes and phenomena affecting the condition of road users is given, such as: space and time perception, reaction time, attention, thinking. The causes and conditions of occurrence of illusory perceptions are considered. Empirically, the most significant psychophysiological parameters of perception were revealed that directly affect the reliability of professional activity of a driver: the level of perception of distances and speed of moving objects, attention distribution, emotional stability, complex motor reaction, risk inclination.

Application field of research. Based on the identified significant perceptual properties that affect the reliability of professional activity of the driver, 5 techniques have been developed, aimed at the optimal definition and development of the level of person's perception. These techniques will find their application in driving schools, where testing and determination of psycho-physiological characteristics of future drivers, as well as the necessary dropout of trainees should be carried out.

Conclusions. For road safety personal qualities of the driver are very important. Negative personality traits impede the activity of the driver, leading to errors and accidents. And the positive ones, on the contrary, contribute to the correct behavior of the driver. Therefore, in educational institutions it is necessary to introduce a course on educating positive qualities among drivers, and this should be the primary task of the leaders of all educational and road transport enterprises.

Keywords: safety, reaction, perception, attention, thinking, eye, illusions, mental condition.

(The date of submitting: October 24, 2018)

REFERENCES

1. Ambartsumyan V.V., Babanin V.N., Gujoyan O.P., Petridis A.V. *Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: podgotovka i povishenie kvalifikatsii kadrov avtomobil'nogo transporta* [Road safety: training and professional development of road transport personnel]: tutorial. Ed. by corresponding member of Russian Academy of Sciences prof. V.N. Lukanin. Moscow: Mashinostroenie, 2008. 304 p. (rus)
2. *Dorozhno-transportnye proisshestviya: normativnye akty, materialy sydebnoy praktiki, obraztsy dokumentov* [Road accidents: regulations, materials of judicial practice, sample documents]. Ed. by M.Yu. Tikhomirov. Moscow: Publishing house of Tikhomirov M.Yu., 2008. 284 p. (rus)
3. Konoplyanko V.I., Zyryanov V.V., Sparrows Yu.V. *Osnovy upravleniya avtomobilem i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya* [Fundamentals of driving and road safety]: tutorial. Moscow: Vysshaya shkola, 2005. 271 p. (rus)
4. Berlova I.S. Psychological features of road users as a safety factor. *Uchenye zapiski*, 2010. Vol. 1, No. 2 (60). Pp. 32–36. (rus)
5. Gurevich P.S. *Psihologicheskii slovar'* [Psychological dictionary]. Moscow: OLMAPRESS Obrazovanie, 2007. 800 p. (rus)
6. *Complex universal psychodiagnostic UPDK-MK*, available at: http://www.neurocom.ru/ru2/psych/updk_mk.html (accessed: June 30, 2015). (rus)

УДК 351.861

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ ЗАПРОСА НА ВЫДАЧУ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, РАЗРАБОТКУ РАЗДЕЛА «ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ» В ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА СТРОИТЕЛЬСТВО

Булва А.Д.

Выполнен анализ проблемных вопросов, возникающих в процессе подготовки запроса на выдачу технических условий, разработку проектной документации, содержащей инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций. Уточнен алгоритм работы проектных организаций, осуществляющих указанную административную процедуру, сформулирован ряд предложений по совершенствованию методологии подготовки запроса. В частности уточнены организационные аспекты категорирования по гражданской обороне, а также предложено ввести административную процедуру установления проектной категории по гражданской обороне для вновь строящихся объектов. Уточняется дополнительный перечень сведений, необходимых для качественной подготовки технических условий территориальными органами государственного надзора и контроля в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: госнадзор, гражданская оборона, запрос, инженерно-технические мероприятия, категория, проектирование, проектная документация, проектные решения, технические условия, чрезвычайные ситуации.

(Поступила в редакцию 19 октября 2018 г.)

Введение. Разработке раздела проектной документации, включающего инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций (далее – раздел ИТМ ГО и ЧС), предшествует подготовительный этап, содержащий ряд организационных процедур, в ходе которых осуществляется сбор, обработка и анализ данных, необходимых для проектирования. В соответствии с требованиями ТКП 369-2012 [1] в градостроительных проектах и проектной документации на строительство этот этап называется «Подготовка исходных данных».

Несмотря на достаточно прозрачный алгоритм работы, приведенный в указанном техническом нормативном правовом акте, существует ряд организационных моментов, которые следует учитывать как заказчику, осуществляющему запрос на получение технических условий, так и территориальному органу государственного надзора и контроля в области защиты населения и территории от ЧС (далее – органы госнадзора МЧС), эти условия формулирующему либо констатирующему факт их отсутствия. Более того, на сегодняшний день существует порочная практика, когда не только заказчик не соблюдает установленные требования к форме и содержанию запроса на получение технических условий, но и территориальный орган госнадзора МЧС игнорирует установленную форму ответа. Причина – отсутствие методологии подготовки и обобщения необходимых сведений и данных, а также понимания того, как те либо иные сведения влияют на характер проектных решений. В результате подготовленные технические условия на проектирование раздела ИТМ ГО и ЧС оказываются размытыми и малоинформативными.

Однако этап подготовки исходных данных (прописанный в разделе ИТМ ГО и ЧС) является в большинстве случаев единственным периодом в строительстве, когда осуществляется взаимодействие проектной организации и территориального органа МЧС по вопросам ГО и предупреждения ЧС. Поэтому данный этап должен быть максимально эффективным и предельно однозначным для всех участников рассматриваемой административной процедуры.

Основная часть. Как уже отмечалось, начальным этапом в разработке раздела ИТМ ГО и ЧС является сбор исходных данных и получение технических условий территориальных органов госнадзора МЧС. От того, насколько эффективно и качественно он будет выполнен, зависит эффективность и целесообразность принимаемых проектных решений.

Исходя из процессуального порядка, приведенного в [1], для получения технических условий заказчик должен подготовить запрос в территориальные органы госнадзора МЧС.

Форма запроса определяется требованиями приложения Б для объектов строительства жилищно-гражданского, производственного назначения, инженерной инфраструктуры и приложения Г для градостроительных проектов [1].

Содержательной основой запроса является информация, характеризующая объект проектирования и включающая:

- место расположения намечаемого строительства с указанием района (или районов), населенного пункта (или пунктов), данные о природно-климатических условиях в районе (или районах) расположения объекта;

- основание и намечаемые сроки строительства (с указанием очередности);

- технологические характеристики объекта: выпускаемая продукция, проектная мощность, энергопотребление, собственные энергозапасы, имеющиеся потенциально опасные и вредные технологические установки, процессы, вещества и материалы;

- категорию объекта по ГО (в случае, если она определена заказчиком в установленном порядке);

- ориентировочную численность работающих, в том числе продолжающих работать в военное время (наибольшей работающей смены, дежурного и линейного персонала, обеспечивающего жизнедеятельность объекта);

- наличие существующих защитных сооружений ГО и характер их использования в мирное время (для реконструируемых и технически перевооружаемых объектов), намечаемый характер использования в мирное время проектируемых защитных сооружений;

- возможность возникновения на объекте аварийных ситуаций исходя из технологии работы в процессе эксплуатации и технического обслуживания агрегатов и коммуникаций, вывода объекта из эксплуатации (с указанием видов воздействия и поражающих факторов).

Данные о природно-климатических условиях в районе расположения объекта включают температуру наружного воздуха в зимний и летний периоды, высоту снежного покрова, ветровую нагрузку, глубину сезонного промерзания грунта и уровень грунтовых вод, количество осадков в зимний и летний период, их возможную интенсивность и т. д.

Приведенную информацию заказчик либо проектная организация могут получить в областных филиалах государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», а также из требований технических нормативных правовых актов и других документов:

- СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология»;

- СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»;

- ТКП EN 1991-1-3-2009 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки»;

- ТКП EN 1991-1-4-2009 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–4. Общие воздействия. Ветровые воздействия»;

- ТКП EN 1991-1-5-2009 «Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–5. Общие воздействия. Температурные воздействия».

При этом следует учесть, что выбор системы норм проектирования (Еврокоды с национальными приложениями либо только национальные нормы) осуществляет генеральный проектировщик совместно с заказчиком, а их решение отражается в задании на проектирование и в договоре [2].

Для определения уровня грунтовых вод проводятся инженерно-геологические изыскания, результатом которых является техническое заключение, на основании чего в запросе формулируются соответствующие сведения.

Анализ запросов и выданных технических условий свидетельствует о том, что технологические характеристики целесообразно приводить не только для объекта проектирования, но и в целом для всего предприятия, на территории которого будет расположена строительная площадка. Например, в случае проектирования деревообрабатывающего цеха на действующем предприятии лесозаготовительного комплекса отдельно должны быть приведены проектные технологические сведения как в отношении проектируемого объекта (в данном случае – тип продукции, планируемой для размещения на складе; количество продукции; пожаро-, взрывоопасные характеристики веществ и материалов, их химическая и токсическая опасность; планируемая механизация складских операций и процессов; проектное потребление тепла, электроэнергии, воды; планируемое количество работников, обслуживающих помещения склада в наиболее загруженную смену, и пр.), так и ряд данных, характеризующих все предприятие – наиболее опасные эксплуатируемые технологические

установки, их удаленность от проектируемого объекта, вид и количество опасных веществ и материалов в технологическом процессе, давление, температура, расход веществ и материалов, сведения о максимальном количестве работников на предприятии в мирное и военное время. Здесь же целесообразно отразить вопросы о возможности возникновения на объекте аварийных ситуаций исходя из технологии работы, процесса технического обслуживания агрегатов и коммуникаций, вывода объекта из эксплуатации. Это позволит территориальным органам госнадзора МЧС более взвешенно подойти к подготовке технических условий на проектирование раздела ИТМ ГО и ЧС.

Следует также отметить, что ряд сведений, содержащихся в запросе о предприятии, источниках возможных ЧС, имеется у заказчика в разработанной эксплуатационной документации, например, декларации промышленной безопасности, паспорте пожарной безопасности, плане предупреждения и ликвидации ЧС, плане ГО, плане ликвидации аварийных ситуаций и пр. [3].

Некоторые сложности могут возникнуть в определении категории по ГО проектируемому объекту.

В Республике Беларусь порядок отнесения организаций (объектов) к соответствующим категориям по ГО определяется действующим законодательством, в котором ряд нормативных правовых актов имеет гриф ограниченного доступа. Соответственно, и содержание как отдельных, так и сводных данных, полученных в результате работы с документами, имеющими эти ограничительные грифы, также не является открытым, а для получения этих сведений необходимо иметь допуск по соответствующей форме, выдаваемый органами государственной безопасности [4–5].

Вместе с тем категория по ГО – это один из важнейших показателей организации, который должен определять перечень и объем планируемых и реализуемых защитных мероприятий от опасностей, возникающих, прежде всего, в военное время. Анализ действующих требований технических нормативных правовых актов в области ГО показал, что четкая взаимосвязь, существовавшая между предлагаемым объемом инженерно-технических мероприятий ГО для проектируемого объекта и его категорией по ГО, на каком-то из этапов трансформации технических нормативных правовых актов в области ГО советского периода в национальные нормы проектирования истончилась и стала почти самостоятельной, практически независимой характеристикой. В настоящее время это выражается в том, что основной функциональной связью между инженерно-техническими мероприятиями по ГО и их отсутствием является только факт наличия категории. При этом совершенно не имеет значения, к какой именно категории объект относится.

Согласно требованиям ст. 6 Закона [6] Совет Министров Республики Беларусь определяет порядок и критерии отнесения территорий к соответствующим группам по ГО и организаций к соответствующим категориям по ГО, а также утверждает перечень государственных органов и других организаций, подлежащих переводу на работу в условиях военного времени.

В настоящее время полномочия по подготовке и утверждению перечней организаций, продолжающих работу в условиях военного времени и имеющих категорию по ГО, делегированы МЧС Республики Беларусь. С целью актуализации соответствующих перечней ведомство каждые два года (периодичность сложилась в практике деятельности МЧС Республики Беларусь) обобщает предложения республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов об отнесении организаций к категориям по ГО в соответствии с порядком, установленным Советом Министров, и уточняет перечень организаций, продолжающих деятельность в условиях военного времени.

Однако сегодня отсутствуют четкие критерии, утвержденные нормативными правовыми актами, позволяющие однозначно установить возможность функционирования организаций в условиях военного времени. При этом государственные органы и другие организации эти объекты должны определять исходя из перечня и объема задач, направленных на обеспечение режима военного положения, в том числе на проведение мероприятий территориальной и гражданской обороны. Например, общеобразовательные школы, профессионально-технические училища, техникумы, школы-интернаты, санатории, дома отдыха, пансионаты, туристические базы и кемпинги, гостиницы и мотели, детские оздоровительные лагеря, базы отдыха, административные здания и клубы, расположенные в безопасных районах. Можно планировать для развертывания на их базе в военное время организаций здравоохранения (п. 8.1.22 [7]). Эти же объекты, а также организации здравоохранения реабили-

литационного профиля, санатории, туристические базы и приюты, спортивные и молодежные лагеря круглогодичного и кратковременного функционирования, дачные кооперативы, садоводческие товарищества могут быть использованы в военное время для размещения отселяемого населения и развертывания лечебных учреждений с учетом их нахождения в безопасных районах (п. 8.1.21 [7]).

Возможность использования указанных объектов должна определяться на основании плана ГО республики, отраслевых планов ГО республиканских органов государственного управления и иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, территориальных (местных) планов ГО местных исполнительных и распорядительных органов, планов ГО организаций (п. 9, [8]).

По результатам обобщения сведений, представляемых республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами, МЧС Республики Беларусь направляет выписки из утвержденного перечня объектов в заинтересованные министерства, местные исполнительные и распорядительные органы и иные организации, в том числе – подчиненные территориальные органы.

Таким образом, проектировщику для уточнения категории по ГО проектируемого объекта, если последний является частью существующей более крупной организации, например, цех или административный корпус на действующем предприятии, следует обратиться с запросом к заказчику, а последнему, при отсутствии соответствующей информации, – в вышестоящий ведомственный орган.

Более сложным является случай, когда планируется новое строительство целого предприятия. Проектируемый объект может иметь критерии, позволяющие отнести его к категории по ГО, но в утвержденном списке категорированных организаций и продолжающих работу в условиях военного времени он будет отсутствовать.

Тем не менее, согласно требованиям, установленным в ст. 1 Закона [6] и п. 3.14 [7], «организации, отнесенные к соответствующим категориям по ГО – действующие, строящиеся, реконструируемые и проектируемые объекты промышленности, транспорта, энергетики и электросвязи, научные и научно-исследовательские и иные объекты, которым в установленном порядке присвоена категория по ГО». Категорию по ГО также могут иметь и проектируемые организации. Однако не существует установленного алгоритма присвоения этой категории, позволяющего определить ее на стадии разработки проектной документации. В итоге и проектные организации, и заказчики, и органы госнадзора МЧС игнорируют требование о присвоении категории по ГО проектируемому объекту, констатируя лишь факт ее отсутствия. Более сложная ситуация складывается с установлением возможности функционирования объекта в условиях военного времени еще на стадии проектирования. Для проектируемого объекта не установлены мобилизационные задания и иные задачи, связанные с обеспечением режима военного положения. В то же время и заказчик, и проектировщик, и должностное лицо территориальных органов госнадзора МЧС интуитивно понимают, что проектируемый объект все же может продолжать функционировать и в период нарастания военной угрозы, и в условиях военного времени, выполняя те же задачи и функции, что и в мирное время, например, административные здания судов, органов прокуратуры, милиции, исполнительных и распорядительных органов и др.

Решением указанных проблем может стать разработка и введение процедуры установления проектной категории по ГО для вновь строящихся объектов, которую осуществляют территориальные органы госнадзора МЧС. Для этой процедуры предлагается проектную категорию присваивать исходя из критериев, установленных Правительством Республики Беларусь. Для определения возможности функционирования проектируемого объекта в условиях военного времени и определения перечня выполняемых задач необходимо проводить детальный анализ содержания плана ГО и плана заблаговременной подготовки к ведению ГО, на основании которых полученные сводные данные формулировать в технических условиях территориальных органов госнадзора МЧС. Более того, нет никаких очевидных препятствий, чтобы снять ограничительные грифы в нормативных правовых актах, устанавливающих критерии отнесения организаций к категориям по ГО, что позволит осуществлять деятельность в области проектирования ИТМ ГО и ЧС более продуктивно, т. к. станут более четкими исходные положения.

В дальнейшем, после введения объекта в эксплуатацию, уточняющие сведения предлагается вносить в соответствующие планы ГО, а также в республиканский перечень объектов, продолжающих работу в условиях военного времени. При этом сводные данные по про-

ектным категориям ГО, а также по объектам, продолжающим работу в условиях военного времени, предлагается аккумулировать в территориальных органах госназдора МЧС.

В вопросах установления численности работающих в мирное время обычно проблем не возникает, чего нельзя сказать про военный период, для которого численность работающих должна определяться исходя из наличия у организации либо оборонного заказа, либо мобилизационного задания, либо установленной организационно-штатной структуры республиканского органа государственного управления на военное время, а также объема задач по обеспечению режима военного положения, например, развертывание на базе объекта санитарно-обмывочного пункта, станции обеззараживания одежды, пункта приема личного состава, больничного коллектора и т. д. При этом очевидно, что на стадии проектирования полностью нового объекта в мобилизационных планах экономики он еще отсутствует, а у проектировщика нет представления о возможной роли и месте проектируемого объекта в обеспечении обороноспособности государства. Поэтому уточняющая информация должна формулироваться также в технических условиях. Например, территориальному органу госназдора МЧС следует указывать, что проектируемый объект согласно плану ГО планируется использовать в военное время в качестве станции обеззараживания техники. Это, в свою очередь, потребует не только соответствующих инженерно-технических решений (в данном случае предусмотренных в [9]), но и системы организационных мер, реализуемых в ходе эксплуатации объекта. Например, для рассматриваемого случая с целью обеспечения работы станции обеззараживания техники потребуется создать гражданские формирования ГО [10], а также произвести бронь необходимого персонала в военкомате для укомплектования формирования по обеспечению работы станции, выполнить ее оснащение табельными средствами и имуществом, организовать проведение тренировок, занятий и т. д.

Для уточнения наличия оборонного заказа или мобилизационного задания полагается возможным обращение заказчика в вышестоящую организацию, осуществляющую мобилизационную работу, а копию ответа прилагать к запросу в территориальные органы госназдора МЧС для выработки более взвешенных и аргументированных требований.

Для получения сведений о наличии существующих защитных сооружений ГО и характере их использования в мирное время рекомендуется учитывать данные, содержащиеся в паспортах защитных сооружений ГО на объекте заказчика [11]. Кроме сведений, содержащих информацию об имеющихся защитных сооружениях, следует также приводить данные об имеющихся на территории предприятия сооружениях двойного назначения (СДН), которые могут быть использованы для укрытия людей в случае возможных ЧС. В этом случае основные сведения обобщаются из «расчетных ведомостей по приспособлению встроенных помещений под СДН» согласно [12, 13]. Также целесообразно проектной организации (заказчику) прикладывать к запросу копии указанных документов (паспортов, расчетных ведомостей).

В случае проектирования защитных сооружений ГО следует в запросе отразить намечаемый характер их использования в мирное время. При этом следует учесть, что согласно [11] помещения защитных сооружений ГО запрещается использовать под овощехранилища, склады тяжелых и крупногабаритных изделий, ядохимикатов, сыпучих и легковоспламеняющихся материалов, а также под жилье.

Важным аспектом подготовки запроса на выдачу технических условий, разработку раздела ИТМ ГО и ЧС является включение в перечень представляемых материалов дополнительной информации, которая может быть востребована территориальными органами госназдора МЧС при подготовке технических условий, но отсутствует в требованиях к содержанию самого запроса.

К такой информации относятся сведения, предоставляемые другим государственными органами и организациями, прежде всего:

- задание на проектирование;
- технические условия на инженерно-техническое обеспечение объекта (теплоснабжение, электрификацию, внешнее электроснабжение, наружное освещение, газоснабжение, водоснабжение, канализацию, ливневую канализацию, телефонизацию).

Последнее обстоятельство вызвано тем, что технические условия на разработку раздела ИТМ ГО и ЧС являются также требованиями (техническим заданием) для подготовки других разделов проектной документации, о чем очень часто забывают и проектные организации, и органы государственной экспертизы. Другими словами, требования органов

госнадзора МЧС должны дополнять и уточнять технические условия, подготовленные другими органами и организациями на инженерно-техническое обеспечение объекта строительства, что в последствии должно найти свое отражение не только в разделе ИТМ ГО и ЧС, но и в разделе проектной документации «Инженерное оборудование, сети и системы» [14].

В практике нередки случаи, когда проектная документация близка к завершению, а технические условия для разработки раздела ИТМ ГО и ЧС только готовятся. При этом могут иметь место ситуации, когда требования других органов и организация на инженерно-техническое обеспечение объекта вступают в противоречие с требованиями органов госнадзора МЧС, что в последствии может привести к необходимости переработки принятых ранее проектных решений.

Приведенные обстоятельства, в свою очередь, определяют еще один важный организационный аспект рассматриваемой административной процедуры – очередность обращения в государственные и иные организации за получением исходных данных на проектирование. Очевидно, что территориальные органы госнадзора МЧС должны замыкать список этих организаций.

Заключение. Текущие тенденции и перспективы развития ГО Республики Беларусь, как отмечается в работах [15–17], определяют необходимость в оптимизации и переработке требований целого ряда технических нормативных правовых актов в области защиты населения и территорий от ЧС, в частности концептуальных с точки зрения проектирования и разработки ИТМ ГО и ЧС - 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».

Полагаем, что при переработке указанных технических нормативных правовых актов должны быть учтены и методологические аспекты подготовки запроса на выдачу технических условий, на разработку раздела ИТМ ГО и ЧС, изложенные в настоящей статье. Это позволит систематизировать работу как проектных организаций, так и должностных лиц территориальных органов госнадзора МЧС при выработке взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга проектных решений в области обеспечения защиты населения и территории от ЧС, планирования мероприятий ГО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций в градостроительных проектах и проектной документации на строительство = Парадак распрацоўкі і склад раздзела «Інжынерна-тэхнічныя мерапрыемствы грамадзянскай абароны. Мерапрыемствы па папярэджанні надзвычайных сітуацый» у горадабудаўнічых праектах і праектнай дакументацыі на будаўніцтва: ТКП 369-2012. – Введ. 10.01.12. – Минск: МЧС, 2012. – 27 с.
2. О введении в действие европейских стандартов и норм в области проектирования и строительства: письмо МАиС, Департамента надзора и контроля за строительством Респ. Беларусь от 03 мар. 2010 г. № 06-2-05/1345 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
3. Еремин, А.П. Гражданская защита: учебник / А.П. Еремин, А.Д. Булва. – Минск: РИВШ, 2013. – 420 с.
4. Об информации, информатизации и защите информации: Закон Респ. Беларусь от 10 нояб. 2008 г. № 455-3 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.
5. О государственных секретах: Закон Респ. Беларусь от 19 июл. 2010 г. № 170-3 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.
6. О гражданской обороне: Закон Респ. Беларусь от 27 нояб. 2006 г. № 183-3 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
7. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны = Інжынерна-тэхнічныя мерапрыемствы грамадзянскай абароны: ТКП 112-2011. – Введ. 22.12.11. – Минск: МЧС, 2011. – 27 с.
8. Об утверждении Положения о порядке строительства и содержания объектов гражданской обороны: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 янв. 2008 г. № 134 // Консультант

- Плюс: Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
9. Приспособление объектов коммунально-бытового назначения для санитарной обработки людей, специальной обработки одежды и подвижного состава автотранспорта = Прыстасаванне аб'ектаў камунальна-бытавога прызначэння для санітарнай апрацоўкі людзей, адмысловай апрацоўкі вопраткі і рухомага складу аўтаатранспарту: ТКП 260-2010. – Введ. 22.09.10. – Минск: МЧС, 2010. – 25 с.
 10. Булва, А.Д. Станция обеззараживания техники: назначение и организация работы / А.Д. Булва // Служба спасения 01. – 2011. – № 10. – С. 45–48.
 11. Инструкция о порядке эксплуатации защитных сооружений гражданской обороны: постановление МЧС Респ. Беларусь от 24 фев. 2005 г. № 22 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://do.ucp.by/file.php/64/NPA/ot_24.02.2005_No_22_INSTRUKCIJA_o_porjadke_ehkspluatacii_z_ashchitnykh_sooruzhenii_GO_.doc. – Дата доступа: 17.10.2018.
 12. Безносик, Е.А. Методика оценки возможности приспособления инженерных сооружений для укрытия населения при чрезвычайных ситуациях / Е.А. Безносик, А.П. Еремин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 87–93
 13. Методика по оценке возможности приспособления инженерных сооружений для укрытия населения при чрезвычайных ситуациях: утв. Министром по ЧС Респ. Беларусь, 27 июня. 2016 г. – Минск: МЧС Респ. Беларусь, 2016. – 39 с.
 14. Булва, А.Д. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций в составе проектной документации / А.Д. Булва, В.А. Панасевич // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 256–268.
 15. Булва, А.Д. Система оповещения Республики Беларусь: проблемы и пути решения / А.Д. Булва, П.Н. Гоман, А.Ю. Кононюк // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – 2015. – Вып. 2 (60). – 10 с.
 16. Булва, А.Д. Методические аспекты проектирования мероприятий гражданской защиты / А.Д. Булва // Национальная стратегия по снижению рисков ЧС в Республике Беларусь на 2019–2030 годы: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27 сент. 2018 г. / УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2018. – С. 10–12.
 17. Булва, А.Д. Концептуальные предпосылки проектирования и разработки инженерно-технических мероприятий гражданской обороны / А.Д. Булва // Национальная стратегия по снижению рисков ЧС в Республике Беларусь на 2019–2030 годы: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27 сент. 2018 г. / УГЗ МЧС Беларуси. – Минск, 2018. – С. 7–10.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE PREPARATION OF THE REQUEST FOR ISSUANCE OF TECHNICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SECTION «TECHNICAL MEASURES FOR CIVIL DEFENSE. MEASURES FOR EMERGENCIES PREVENTION» IN CONSTRUCTION PROJECT DOCUMENTATIONS

Alexander Bulva

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

Purpose. The paper is devoted to improving the administrative procedure for the preparation of a request for the issuance of technical conditions, the development of project documentation containing engineering and technical measures for civil defense and measures for prevention of emergencies.

Methods. Observation, comparison, analysis, and general logical.

Findings. Proposals were made to improve the methodology for the preparation of the request. In particular, the organizational aspects of the categorization of civil defense were clarified, and it was proposed to introduce an administrative procedure for the establishment of the project category of civil defense for newly constructed facilities.

Applications field of research. The field of the research is the normative legal basis of civil defense.

Conclusions. The results of the study can be used in the preparation of the request for issuance of technical conditions for the development of section «Technical measures for civil defense. Measures for prevention of emergencies».

Keywords: state supervision, civil defense, request, engineering activities, category, design, project documentation, design solutions, technical conditions, emergencies.

(The date of submitting: October 19, 2018)

REFERENCES

1. *Poryadok razrabotki i sostav razdela «Inzhenerno-tekhnicheskie meropriyatiya grazhdanskoy oborony. Meropriyatiya po preduprezhdeniyu chrezvychaynykh situatsiy» v gradostroitel'nykh proektakh i proektnoy dokumentatsii na stroitel'stvo: TKP 369-2012* [The order of development and composition of the section «Engineering and technical measures of civil defense. Measures to prevent emergencies» in urban development projects and design documentation for construction: Technical Code of Practice 369-2012]. Affirmed January 10, 2012. Minsk: MES, 2010. 27 p. (rus)
2. *O vvedenii v dejstvie evropejskih standartov i norm v oblasti proektirovaniya i stroitel'stva* [On the implementation of European standards and norms in the field of design and construction]: *The letter from the Ministry of Architecture and Construction, Department of Supervision and Control of Construction Republic of Belarus, March 3, 2010, No. 06-2-05/1345*. Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
3. Eremin A.P., Bulva A.D. *Grazhdanskaja zashhita: uchebnik* [The civil defense]: textbook. Minsk: RIVSh, 2013. 420 p. (rus)
4. *Ob informacii, informatizacii i zashhite informacii* [On the information, informatization and protection of information]: *Law of the Republic of Belarus, November 10, 2008, No. 455-Z*. Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
5. *O gosudarstvennyh sekretah* [On state secrets]: *Law of the Republic of Belarus, July 19, 2010, No. 170-Z*. Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
6. *O grazhdanskoy oborone* [On the civil defense]: *Law of the Republic of Belarus, November 27, 2006, No. 183-Z*. Konsul'tant Plyus, Belarus. OOO «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
7. *Inzhenerno-tekhnicheskie meropriyatiya grazhdanskoy oborony: TKP 112-2011* [Engineering and technical measures of civil defense: Technical Code of Practice]. Affirmed December 22, 2011. Minsk: MES, 2011. 27 p. (rus)
8. *Ob utverzhdenii Polozhenija o porjadke stroitel'stva i sodержanija ob'ektov grazhdanskoy oborony* [On approval of the Regulations on the procedure for construction and maintenance of civil defense facilities]: *Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, January 31, 2008, No. 134*.

- Konsul'tant Plyus, Belarus. ООО «YurSpektr», National Center of Legal Information of the Republic of Belarus. Minsk, 2018. (rus)
9. *Prisposoblenie ob'ektov kommunal'no-bytovogo naznachenija dlja sanitarnoj obrabotki ljudej, special'noj obrabotki odezhdy i podvizhnogo sostava avtotransporta: TKP 260-2010* [Adaptation of objects of household purpose for sanitary processing of people, special processing of clothes and rolling stock of motor transport: Technical Code of Practice 260-2010]. Affirmed September 22, 2010. Minsk: MES, 2010. 25 p. (rus)
 10. Bulva A.D. Stancija obezzarazhivaniya tehniki: naznachenie i organizacija raboty [The station disinfection equipment: the appointment and organization of work]. *Sluzhba spasenija 01*, 2011. No. 10. Pp. 45–48. (rus)
 11. *Instrukcija o porjadke jekspluatacii zashhitnyh sooruzhenij grazhdanskoj oborony* [The instructions on the operation of civil defense]: resolution of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, February 24, 2005, No. 22, available at: http://do.ucp.by/file.php/64/NPA/ot_24.02.2005_No_22_INSTRUKCIJA_o_porjadke_ehkspluatacii_zashchitnykh_sooruzhenii_GO_.doc (accessed: October 17, 2018). (rus)
 12. Beznosik E.A., Eremin A.P. Methods of possibility and adaptation of engineering constructions for population sheltering in case of an emergency. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2017. Vol. 1, No. 1. Pp. 87–93. (rus)
 13. *Metodika po ocenke vozmozhnosti prisposobleniya inzhenernyh sooruzhenij dlya ukrytiya naseleniya prichrezvychajnyh situacijah* [The methodology for assessing the possibility of adapting engineering structures for sheltering populations in emergency situations], approved by the Minister for Emergency Situations of the Republic of Belarus, June 27, 2016. Minsk: MES, 2016. 39 p. (rus)
 14. Bulva A.D. Engineering and technical activities of civil defense and emergency prevention activities in the composition of design documentation. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 256–268. (rus)
 15. Bulva A.D., Goman P.N., Kononjuk A.Ju. Warning system of the Republic of Belarus: problems and solutions. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti: Internet-zhurnal*, 2015. Iss. 2(60). Pp. 1–10. (rus)
 16. Bulva A.D. Metodicheskie aspekty proektirovanija meroprijatij grazhdanskoj zashchity [Methodical aspects of designing civil protection measures]. *Proc. Intern. scientific-practical conf. «Natsional'naya strategiya po snizheniyu riskov ChS v Respublike Belarus' na 2019-2030 gody»*, Minsk, September 27, 2018. University of Civil Protection. Minsk, 2018. Pp. 10–12. (rus)
 17. Bulva A.D. Konceptual'nye predposylki proektirovanija i razrabotki inzhenerno-tehnicheskikh meroprijatij grazhdanskoj oborony [Conceptual background of the design and development of civil defense engineering activities]. *Proc. Intern. scientific-practical conf. «Natsional'naya strategiya po snizheniyu riskov ChS v Respublike Belarus' na 2019-2030 gody»*, Minsk, September 27, 2018. University of Civil Protection. Minsk, 2018. Pp. 7–10. (rus)

УДК 004.4:614.842.6

О ПРИМЕНЕНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕСТИРУЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Полева И.И., Радьков И.А., Сак С.П., Чиж Л.В.,
Морозов А.А., Ропот П.П., Гнищевич А.И.

Проанализированы существующие тестирующие системы обучения и контроля знаний. Рассмотрены функциональные особенности разработанного в Университете гражданской защиты МЧС Беларуси программного обеспечения тестирующего контроля «Тактическая подготовка руководителя тушения пожара».

Ключевые слова: тестирующий комплекс, тестирование, программное обеспечение, обучение, контроль знаний.

(Поступила в редакцию 29 января 2019 г.)

Введение. В настоящее время оценка качества реализации образовательной программы обучения работников Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь является особенно актуальной в силу возросшего числа требований, предъявляемых к специалисту в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Одной из форм данной образовательной программы является самостоятельная подготовка [1]. Значительную роль в получении качественного самообразования играет дистанционное обучение благодаря своей доступности, массовости, возможности совмещения учебы и работы.

Так, например, в образовательном процессе вузов Республики Беларусь уже давно заняли свою нишу различного рода тестирующие программы и комплексы, на базе которых реализуются как функции контроля знаний обучающихся, так и функции обучающего компьютерного тренажера. Необходимо отметить, что тестирование, являясь неотъемлемой частью образовательного процесса, имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными формами оценки знаний: объективность при оценивании, одинаковые для всех тестируемых критерии, уменьшение психологического воздействия на обучающихся, трата меньшего количества времени. Тесты признаны на государственном уровне эффективным средством контроля знаний, о чем свидетельствует централизованное тестирование как элемент вступительных испытаний в вузы.

На рынке образовательных услуг существует множество тестовых систем: *ACT-Тест* [2], *OpenTEST2* [3], *UniTest System* [4], *Accusment2*, *УТК*, *MyTest X* и др. Все эти программные продукты и аналогичные им позволяют проводить тестирование off- и online, создавать как отдельные тесты, так и тестовые блоки. Многие из них состоят из администраторской и клиентской части: администраторская часть позволяет создавать и редактировать базу данных тестовых вопросов, проведение тестирования по сети с последующим выводом отчета; клиентская часть осуществляет интерактивное взаимодействие с пользователем. Однако, несмотря на ряд очевидных достоинств, перечисленные программные продукты имеют недостатки.

Так, большинство продуктов, представленных на рынке, реализованы только для операционной системы Windows, в то время как существует необходимость создания тестирующего комплекса, работающего в среде MS Windows и под управлением операционной системы Android, т. к. это значительно повысит мобильность программного продукта. Среди рассмотренного программного обеспечения система тестирования знаний *OpenTEST2* функционирует только в контрольном режиме. В ней отсутствует возможность вызова справочной информации и руководства пользователя, поэтому функция обучения не реализована в должной мере.

Многие программные продукты, представленные в интернете, являются коммерческими, требуют регистрации на сайте разработчиков, снабжены контекстной и баннерно-медийной рекламой. По этой причине из всего многообразия тестирующих систем сложно выбрать необходимый продукт, не требующий от пользователей особых навыков и позволяющий администратору самостоятельно дополнять и редактировать базу данных тестовых вопросов.

В 2018 году государственным учреждением образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» и обществом с

ограниченной ответственностью «БСВТ-новые технологии» проведена разработка и внедрение программного обеспечения тестирующего контроля «Тактическая подготовка руководителя тушения пожара» (далее – ПО) [5]. В данной работе будет впервые представлено описание программы.

Основная часть. Целью работы являлась разработка и внедрение программного обеспечения, позволяющего осуществлять контроль знаний в области ликвидации ЧС посредством проведения тестирования пользователя. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

– сформирована структура программы обучающего и контролирующего тестирования по вопросам оперативно-тактической деятельности, включающая в себя тестовые задания по 6 направлениям ежедневной деятельности начальника дежурной смены: 1) заступление на дежурство; 2) организация дежурной службы; 3) поддержание боеготовности смены; 4) организация боевых действий; 5) убытие с места ЧС; 6) прибытие в подразделение;

– разработано ПО;

– в тестовую базу ПО внесено более 900 заданий по 31 теме обучения;

– пройдена тестовая апробация ПО в учреждении «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, государственном учреждении «Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Управлении аварийно-спасательных служб и ликвидации чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, учреждении «Минское городское управление» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Разработанный программный продукт представляет собой установочный дистрибутив программы в двух конфигурациях: администраторской и пользовательской. ПО реализовано для операционной системы Android и для системы, работающей под управлением Windows 7 и выше (32- и 64-разрядной). Конфигурация ПО позволяет ее администратору создавать и редактировать базу данных тестовых заданий. Пользовательская конфигурация ПО позволяет проходить обучение и осуществлять контроль знаний посредством проведения тестирования с применением заданий открытого и закрытого типов, заданий на установление соответствия, заданий на установление правильной последовательности.

ПО предусматривает возможность обучения и контроля знаний по нескольким областям деятельности, поэтому при запуске ПО пользователю доступен выбор соответствующего блока тестирования. Выбор блока сопровождается проверкой обновлений базы данных и медиафайлов из сети Интернет.

При входе в блок тестирования ПО позволяет выбрать обучающий или контрольный режим тестирования (рис. 1).

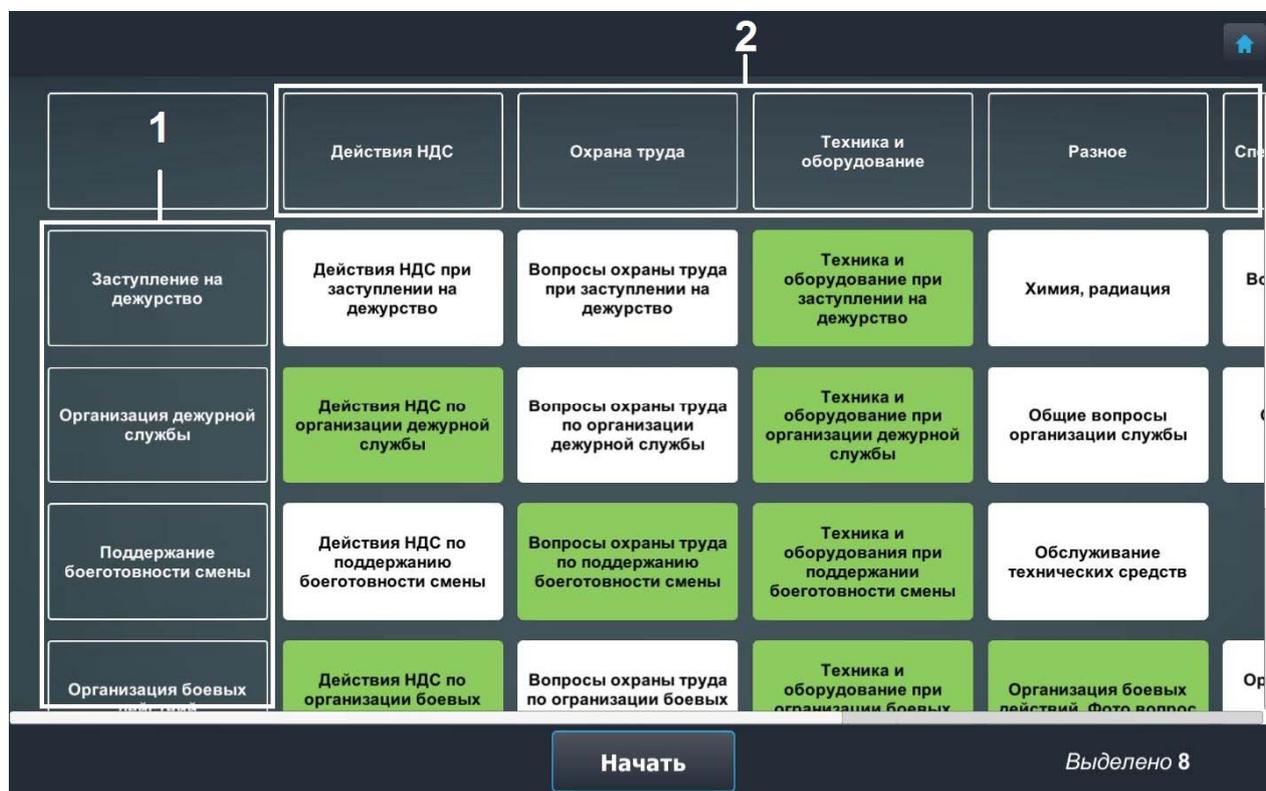


Рисунок 1. – Главное окно блока тестирования

Обучающий режим имеет следующие особенности:

- время выполнения теста не ограничено;
- после ответа на вопрос тестового задания отображаются верные и неверные варианты ответов;
- тест включает все задания выбранной темы.

В обучающем режиме тематика вопросов теста может быть выбрана одним из следующих способов: одно или несколько из 6 направлений ежедневной деятельности начальника дежурной смены (строки), один или несколько видов деятельности начальника дежурной смены (столбцы), одновременно направления и виды деятельности, а также конкретная тема теста (рис. 2).



1 – направления; 2 – виды деятельности начальника дежурной смены

Рисунок 2. – Окно выбора категорий тестирования

В контрольном режиме пользователь может выбрать количество заданий в тесте: 10 заданий – сокращенный тест; 25 заданий – оптимальный тест; 50 заданий – расширенный тест.

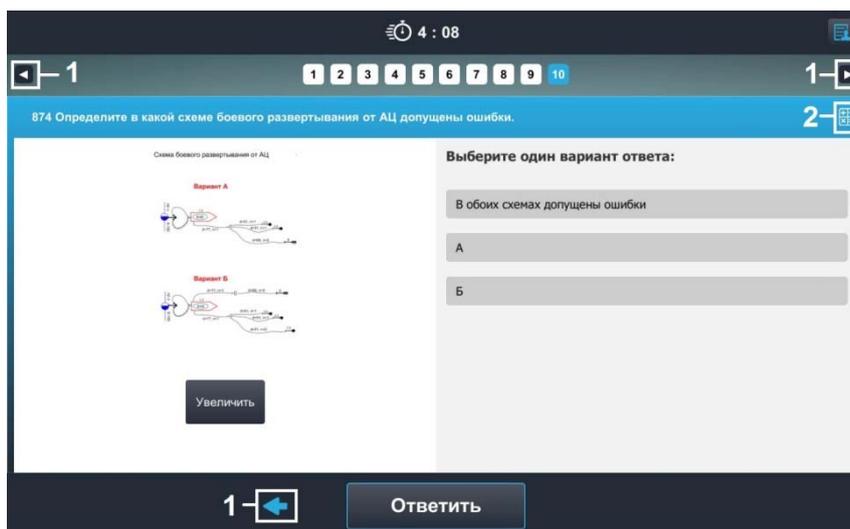
Особенности контрольного режима:

- время выполнения теста ограничено (для сокращенного – 5 минут, оптимального – 10 минут, расширенного – 25 минут);
- для успешного прохождения теста установлено допустимое количество неверных ответов (сокращенный – 1 неверный ответ, оптимальный – 2 неверных ответа, расширенный – 5 неверных ответов);
- неверные ответы отображаются после прохождения теста;
- тест формируется выбором случайных заданий из всех тем текущего блока тестирования.

На рисунке 3 представлено окно прохождения тестирования. Для проведения расчетов пользователю предоставлена возможность воспользоваться специальным формульным калькулятором (рис. 4), который представляет собой встроенный вспомогательный виджет, предназначенный для расчета геометрических параметров пожара, а также основных показателей, характеризующих тактические возможности пожарной аварийно-спасательной техники. Все формулы, необходимые для расчетов, интегрированы в калькулятор, поэтому для получения ответа пользователю достаточно ввести переменные величины в соответствующие поля виджета.

Завершение теста приводит к переходу в окно результатов, при этом все неотвеченные вопросы трактуются как неверные.

Задания, представленные в тестах, имеют различные типы, отличающиеся как отображением, так и алгоритмом ответа на них. Независимо от типа задания для подтверждения его выполнения пользователь должен нажать на кнопку «Ответить».



1 – элементы навигации по тестовым заданиям; 2 – вызов специального формульного калькулятора

Рисунок 3. – Окно прохождения тестирования

В текстовых и графических заданиях необходимо выбрать один или несколько вариантов из предложенных. Выбор варианта ответа осуществляется нажатием на соответствующий элемент, а повторное нажатие на элемент снимает выбор.

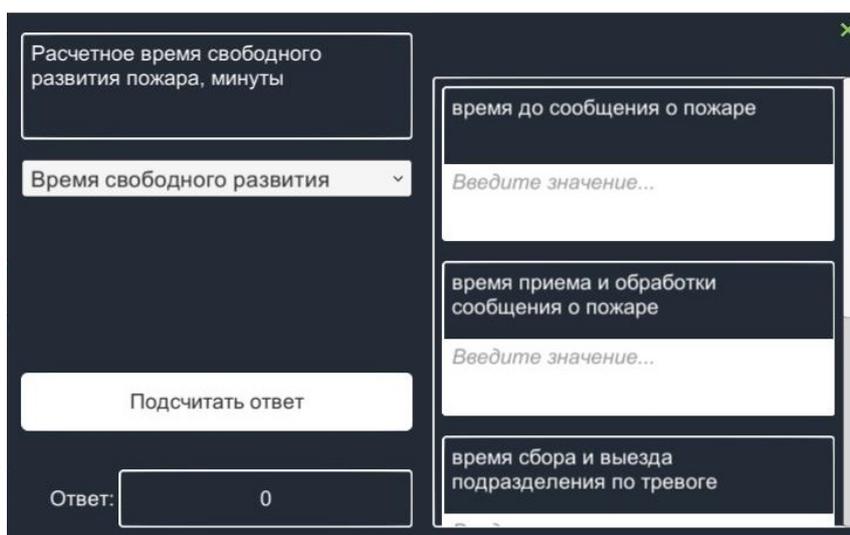


Рисунок 4. – Окно специального формульного калькулятора

В заданиях-последовательностях необходимо расставить ряд понятий или объектов в правильном порядке. Нажатие на элемент предложенного ряда добавляет его в последовательность, присваивая ему очередной порядковый номер. Повторное нажатие на выбранный элемент удаляет его из последовательности, автоматически перестраивая последовательность (рис. 5).

В задании на соответствие необходимо составить последовательность таким образом, чтобы номера элементов нижней панели верно соотносились с номерами элементов верхней панели. Последовательность номеров выстраивается так же, как при выполнении задания-последовательности (рис. 6).

В текстовых заданиях открытого типа необходимо ввести правильный ответ в соответствующее поле. В качестве разделителя дробной части может использоваться как точка, так и запятая.

По завершении выполнения теста отображается окно результатов прохождения тестирования с выводом информации о затраченном времени, количестве заданий в тесте, количестве верных и неверных ответов (рис. 7).

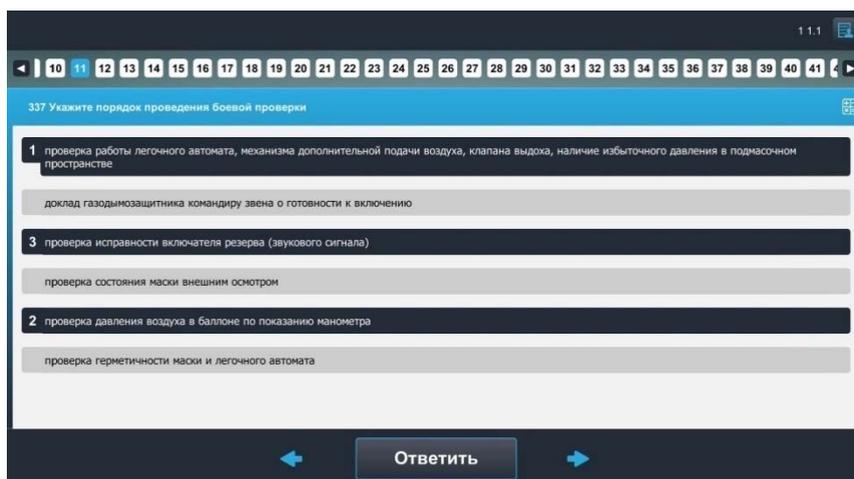


Рисунок 5. – Задание-последовательность

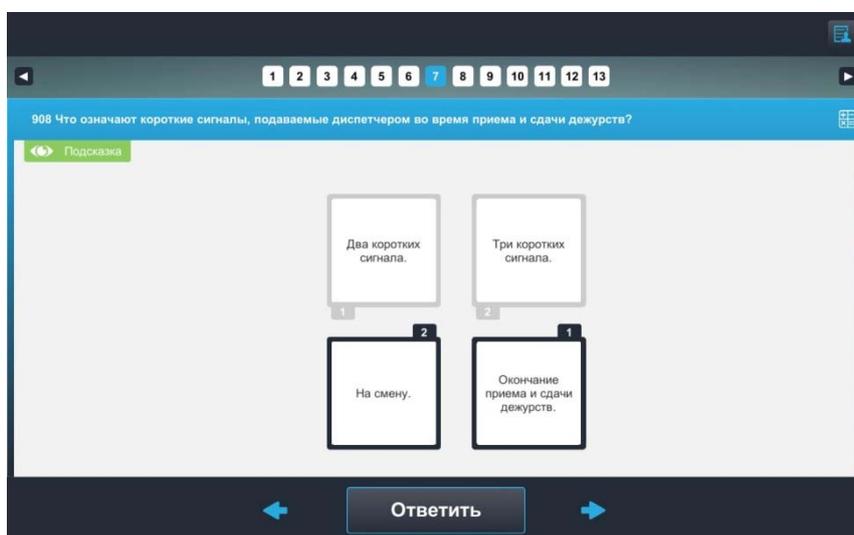


Рисунок 6. – Вопрос на соответствие

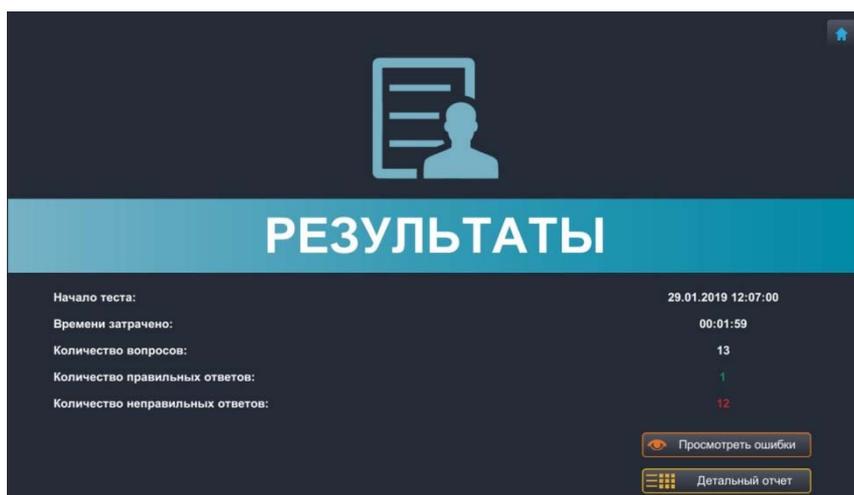
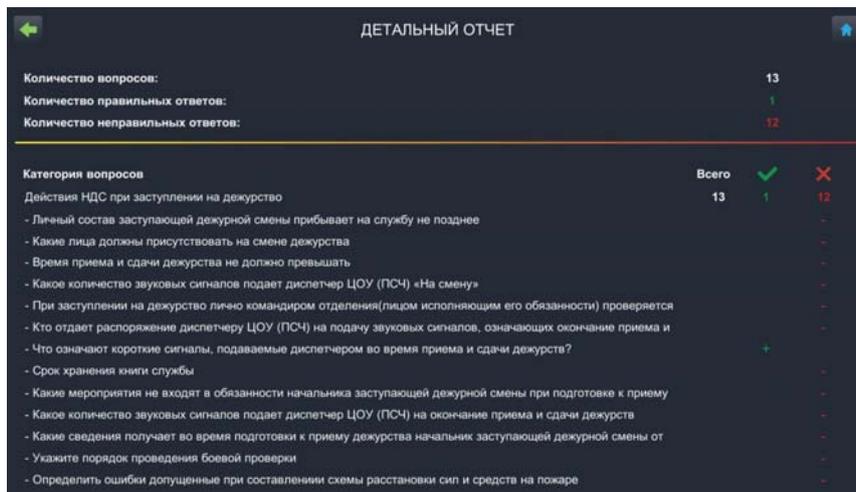


Рисунок 7. – Окно результатов

При наличии неверных ответов возможен просмотр ошибок и детального отчета. Окно просмотра неверных ответов предоставляет информацию о заданиях, в ответах к которым были допущены ошибки, с отображением правильных вариантов ответов.

Детальный отчет предоставляет информацию о заданиях по каждому направлению ежедневной деятельности начальника дежурной смены (категории), а также правильность ответов на них (рис. 8).



Категория вопросов	Всего	✓	✗
Действия НДС при заступлении на дежурство	13	1	12
- Личный состав заступающей дежурной смены прибывает на службу не позднее			
- Какие лица должны присутствовать на смене дежурства			
- Время приема и сдачи дежурства не должно превышать			
- Какое количество звуковых сигналов подает диспетчер ЦОУ (ПСЧ) «На смену»			
- При заступлении на дежурство лично командиром отделения (лицом исполняющим его обязанности) проверяется			
- Кто отдает распоряжение диспетчеру ЦОУ (ПСЧ) на подачу звуковых сигналов, означающих окончание приема и			
- Что означают короткие сигналы, подаваемые диспетчером во время приема и сдачи дежурств?			
- Срок хранения книги службы			
- Какие мероприятия не входят в обязанности начальника заступающей дежурной смены при подготовке к приему			
- Какое количество звуковых сигналов подает диспетчер ЦОУ (ПСЧ) на окончание приема и сдачи дежурств			
- Какие сведения получает во время подготовки к приему дежурства начальник заступающей дежурной смены от			
- Укажите порядок проведения боевой проверки			
- Определить ошибки допущенные при составлении схемы расстановки сил и средств на пожаре			

Рисунок 8. – Окно детального отчета

Заключение. Разработанное ПО представляет собой кроссплатформенное программное обеспечение, позволяющее проводить контроль знаний и обучение работников Министерства по чрезвычайным ситуациям по направлению оперативно-тактической деятельности.

Программа представлена в двух конфигурациях: администраторской и пользовательской. В режиме администратора программное обеспечение позволяет разрабатывать новые блоки тестирующей информации, а также актуализировать существующие. Также администратор имеет возможность разделять тестовые задания по категориям и подкатегориям. В режиме пользователя программа позволяет осуществлять обучение и контроль посредством проведения тестирования пользователя с применением заданий открытого и закрытого типов, заданий на установление соответствия, заданий на установление правильной последовательности, упорядоченному набору и т. д.

Взаимодействие пользователя с модулями программного обеспечения осуществляется посредством визуального графического интерфейса, который соответствует современным эргономическим требованиям и обеспечивает удобный доступ к основным функциям и операциям. Кроме того, все экранные формы интерфейса выполнены в едином графическом дизайне, с одинаковым расположением основных элементов управления и навигации.

Таким образом, программа имеет конечный вид и может быть использована в органах и подразделениях МЧС Республики Беларусь, учреждениях образования МЧС Республики Беларусь, а также в других учебных и научных организациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по организации профессиональной подготовки в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь: Приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 17 апр. 2013 г. № 102; с изм. и доп.: текст по состоянию на 28 янв. 2019 г. – Минск, 2017. – 45 с.
2. Независимый Центр тестирования качества обучения [Электронный ресурс] / АСТ-ТЕСТ 4 – система компьютерного адаптивного тестирования. – М., 2019. – Режим доступа: http://www.ast-centre.ru/testirovanie/ast_test. – Дата доступа: 28.01.2019.
3. Тестовый центр студентов [Электронный ресурс] / Компьютерное тестирование студентов OpenTEST 2. – Киев, 2013. – Режим доступа: <http://opentest.com.ua>. – Дата доступа: 28.01.2019.
4. Бюро по разработке программных решений [Электронный ресурс] / UniTest System – программное обеспечение для автоматизации компьютерного тестирования. – Иркутск, 2018. – Режим доступа: <https://sight2k.com/rus/unitest>. – Дата доступа: 28.01.2019.
5. Программное обеспечение по тактической подготовке руководителя тушения пожара. Формуляр. – Минск: ООО «БСВТ-новые технологии», 2018. – 4 с.

APPLICATION OF THE TESTING CONTROL SOFTWARE IN DISTANT TRAINING OF SPECIALISTS ON OPERATIONAL AND TACTICAL ACTIVITY

Ivan Palevoda, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Ihar Radz'kou

Semen Sak

Lyudmila Chizh

Artsiom Marozau

Petr Ropot

Andrey Gnitsevich

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

Purpose. Development and implementation of software that allows controlling knowledge in the field of emergency response.

Methods. The software was developed using the object-oriented programming language C# and the SQLite database management system.

Findings. The developed software allows for the control of knowledge and training of employees of the Ministry of emergency situations in the direction of operational and tactical activities.

Application field of research. Control of knowledge and training of employees of the Ministry of emergency situations in the field of operational and tactical activities.

Conclusions. The program has a final form and can be used in bodies and departments of the Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus, educational institutions of the Ministry of emergency situations of the Republic of Belarus, as well as in other educational and scientific organizations.

Keywords: testing complex, testing, software, training, knowledge control.

(The date of submitting: January 29, 2019)

REFERENCES

1. *Instruktsiya po organizatsii professional'noy podgotovki v organakh i podrazdeleniyakh po chrezvychaynym situatsiyam Respubliki Belarus'* [Instructions for the organization of vocational training in the bodies and units for emergency situations of the Republic of Belarus]. Affirmed April 17, 2013. Minsk: Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, 2013. 45 p. (rus)
2. *AST-TEST 4 – Sistema komp'yuternogo adaptivnogo testirovaniya* [AST-TEST 4 – computer adaptive testing system]. Nezavisimyy Tsentr testirovaniya kachestva obucheniya, available at: http://www.ast-centre.ru/testirovanie/ast_test (accessed: January 28, 2019). (rus)
3. *Komp'yuternoye testirovaniye studentov OpenTEST 2* [Computer testing students OpenTEST 2]. Testovyy tsentr studentov, available at: <http://opentest.com.ua> (accessed: January 28, 2019). (rus)
4. *UniTest System – programmnoye obespecheniye dlya avtomatizatsii komp'yuternogo testirovaniya* [UniTest System – software for automating computer testing]. Byuro po razrabotke programmnykh resheniy, available at: <https://sight2k.com/rus/unitest> (accessed: January 28, 2019). (rus)
5. *Programmnoye obespecheniye po takticheskoy podgotovke rukovoditelya tusheniya pozhara. Formulyar* [Software for tactical training of fire extinguisher. Formulary]. Minsk: OOO «BSVT-novyye tekhnologii», 2018. 4 p. (rus)

УДК 614.8.013:528.71

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Мурашко Н.И., Андреев А.В., Станкевич В.М.

Проведен анализ состояния Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. Дана характеристика функционирующих в Беларуси технических средств мониторинга природной среды (космического и авиационного), отмечены их достоинства и недостатки. Рассмотрены возможности созданного Объединенным институтом проблем информатики Национальной академии наук Беларуси многоканального гиростабилизированного авиационного комплекса дистанционного наблюдения АПК «Спектр». Показано, что АПК «Спектр» позволяет получать растровые снимки местности высокого пространственного разрешения в заданных спектральных (видимый, инфракрасный, включая тепловой) диапазонах, которые используются для оценки последствий пожаров в природных экосистемах, оценки зон затопления, обнаружения разливов загрязняющих веществ на поверхности водных объектов, поиска потерявшихся в лесах людей и прочих прикладных задач. Отмечены пути совершенствования Системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, система мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, дистанционное зондирование Земли, космический мониторинг, авиационный мониторинг.

(Поступила в редакцию 3 февраля 2019 г.)

Введение. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций – комплекс наблюдений за состоянием окружающей среды (атмосферы, гидросферы, иных геосфер, почвенно-растительного покрова, животного мира, промышленных объектов) с целью контроля ее состояния и охраны, а также опережающее отражение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации на основе анализа возможных причин ее возникновения, ее источника в прошлом и настоящем [1–3].

Результаты мониторинга и прогнозирования являются исходной основой для разработки долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных целевых программ, планов, а также для принятия соответствующих решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) [4].

В Республике Беларусь функции мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций возложены на Систему мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (СМП ЧС) [5].

Из трех основных задач СМП ЧС – наблюдения, оценки и прогноза – последняя самая сложная, особенно в ситуации с опасными природными процессами и природными ЧС [6].

Наиболее значимыми и требующими решения проблемами прогнозирования являются:

- оценка вероятности возникновения каждого из источников ЧС (опасных природных явлений, техногенных аварий, экологических бедствий, эпидемий, эпизоотий и т. п.);
- определение масштабов ЧС, размеров их зон;
- определение возможных длительных последствий при возникновении ЧС;
- расчет потребности сил и средств для ликвидации прогнозируемых ЧС.

Для решения задач прогнозирования необходимо наличие эффективных инструментов объективного мониторинга источников и параметров возникших ЧС, которые совместно с научно-методическим обеспечением формируют базис для моделирования и оценки рисков.

Основная часть. В Республике Беларусь сохраняется достаточно высокий уровень рисков возникновения ЧС природного и техногенного характера. В мировой практике для оперативного контроля и оценки состояния принятия мер по предупреждению и действиям в ЧС широко применяются геоинформационные технологии, использующие в качестве основных источников информации о состоянии территории материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в сочетании с эталонными данными наземных измерений [7]. Такой подход к решению проблемы позволяет значительно повысить оперативность контроля и достоверность оценки последствий ЧС при относительно небольших материально-

финансовых затратах по сравнению с традиционными наземными методами. В свою очередь это позволяет широко использовать методы прогнозирования и моделирования ситуаций природного и техногенного характера и на их основе своевременно проводить мероприятия по предупреждению и ликвидации ЧС.

В Республике Беларусь созданы и функционируют технические средства мониторинга природной среды: космические, авиационные и наземные [7].

Космические средства мониторинга предназначены в основном для выявления и уточнения обстановки, связанной с лесными пожарами, наводнениями и другими крупномасштабными, опасными природными явлениями и процессами с незначительной динамикой.

Космический мониторинг в видимом диапазоне позволяет получать панхроматические и многоканальные снимки. При этом снимок охватывает двадцатикилометровую полосу съемки в высоком разрешении и свыше 2000 км в низком разрешении.

Для обнаружения лесных пожаров используются космические снимки низкого разрешения, на которых производится поиск признаков горения древесины: дым и огонь. Температура горения древесины находится в пределах от 800 до 1000 °С. Температура нижнего пожара, включая костер, составляет около 700 °С. В пожароопасный период система обнаружения лесных пожаров по данным с космических аппаратов позволяет выявлять около 6 % всех возникающих ЧС этого вида. Особенностью такой системы является возможность обнаружения пожаров в малонаселенных районах страны, а также в непосредственной близости к государственной границе Беларуси (рис. 1).

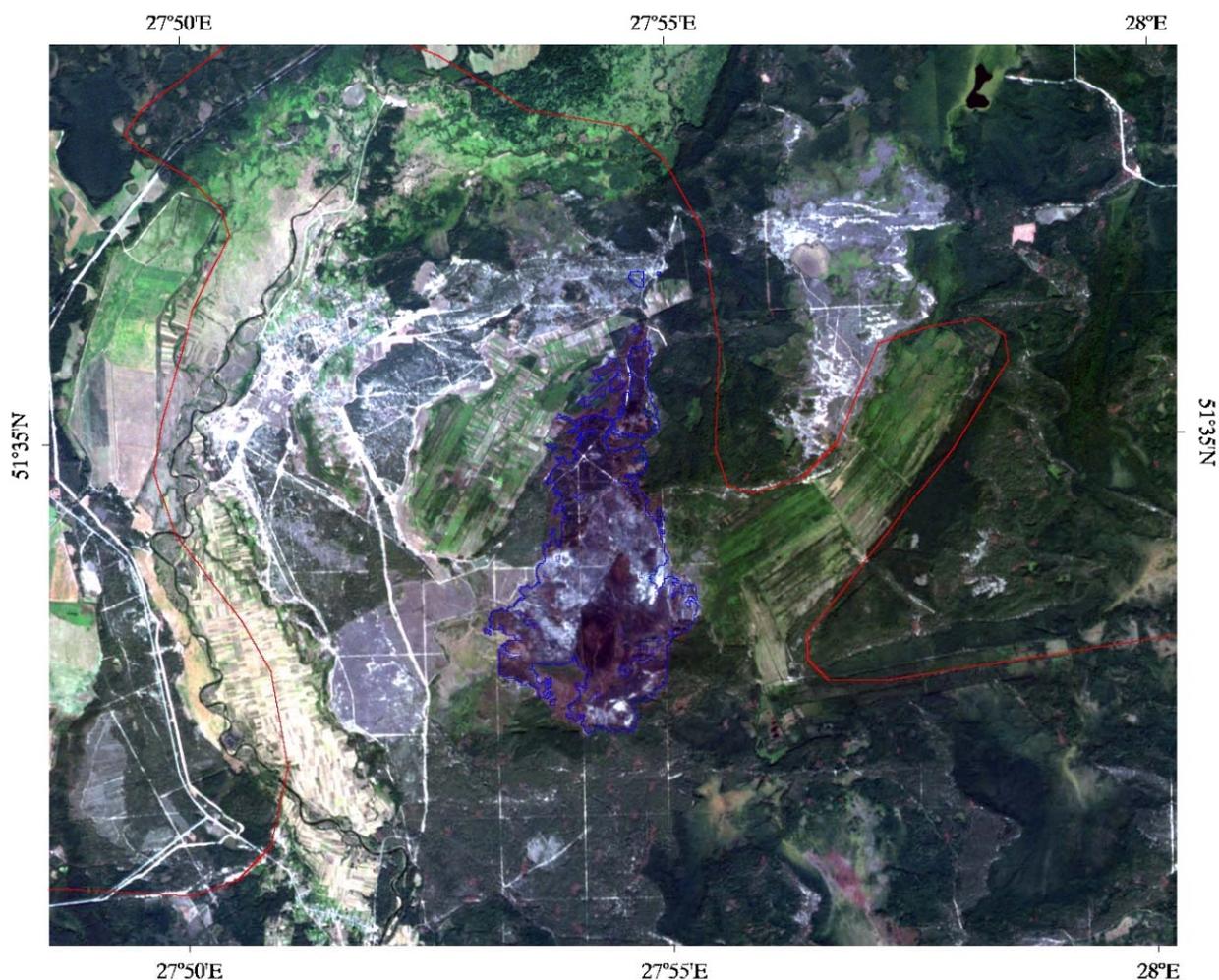


Рисунок 1. – Снимок белорусского космического аппарата с последствиями пожара на территории Украины вблизи границы Республики Беларусь 31.08.2017

В Республиканском центре управления и реагирования на чрезвычайные ситуации МЧС Республики Беларусь (РЦУРЧС) активно используются средства космического мониторинга чрезвычайных ситуаций [7].

Национальный оператор Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли в целях мониторинга чрезвычайных ситуаций представляет в РЦУРЧС информацию с системы метеорологических спутников серии NOAA и Terra, российского спутника «Канопус», а также с БКА. Полученные снимки обрабатываются и анализируются с использованием современных программных средств на предмет обнаружения тепловых аномалий.

Результаты тематической обработки космических снимков публикуются на информационном ресурсе в интернете. Работники территориальных управлений по ЧС, открыв информационный ресурс, получают информацию о тепловых аномалиях и дают указания подчиненным подразделениям на обследование этих территорий. При подтверждении факта пожара для его ликвидации высылаются силы и средства МЧС, а также привлекаются техника и работники организаций-собственников данных территорий.

К недостаткам космического мониторинга в видимом диапазоне следует отнести ограниченное количество безоблачных дней (до 60 дней) в году. При использовании одного спутника к недостаткам следует добавить то, что:

- спутник может находиться над заданной территорией один раз в четверо суток;
- спектральные каналы не могут быть изменены в процессе эксплуатации космического аппарата.

Недостатки космического мониторинга компенсируются авиационным мониторингом на базе пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов.

Авиационные средства используются для тех же целей, что и космические, а также для получения данных о состоянии радиационной обстановки, обстановки в зонах широко-масштабных разрушений, состоянии магистральных трубопроводов и другой обстановки (дорожной, снежной, ледовой и т. п.). Они имеют более широкие возможности, по сравнению с космическими средствами, как по составу объектов наблюдения, так и по оперативности и поэтому находятся на оснащении целого ряда соответствующих мониторинговых подразделений с учетом сфер ответственности последних. Это:

- авиационный аппаратно-программный комплекс оперативного контроля за состоянием лесов (ВСК-2). Создан научно-исследовательским учреждением «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета в 2000 г. в интересах унитарного предприятия «Белгослес»;

- аэрофотосъемочная аппаратура РС-30 швейцарской фирмы «Leica». Используется для решения задач геодезии и картографии в республиканском дочернем аэрофотогеодезическом унитарном предприятии «БелПСХАГИ» Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь.

Новым шагом в вопросе совершенствования системы оперативного мониторинга источников чрезвычайных ситуаций по данным качественно меняющейся информации ДЗЗ является созданный Объединенным институтом проблем информатики Национальной академии наук Беларуси многоканальный гиостабилизированный авиационный комплекс дистанционного наблюдения АПК «Спектр» [8, 9].

АПК «Спектр» включает в себя представленные на рисунке 2 авиационную спектрально-зональную систему «АВИС», авиационную стабилизирующую платформу ASP-4, модуль управления стабилизирующей платформой МУ-СП, инерциальный навигационный модуль ИНМ-К, специальное программное обеспечение (СПО) формирования метафайла данных, СПО хранения данных авиасъемок на встроенных носителях системы «АВИС», СПО обработки авиационных снимков видимого, инфракрасного и теплового диапазонов.

Комплекс имеет следующие технические характеристики:

1) режимы съемки:

- спектрально-зональная сверхвысокого разрешения;
- панхроматическая сверхвысокого разрешения;
- панхроматическая стереосъемка сверхвысокого разрешения;
- телевизионная обзорная съемка;
- тепловизионная съемка 0,75–12 мкм;

2) пространственное разрешение с высоты 500 м:

- сверхвысокое разрешение – 0,05 м/пиксель;
- обзорное цветное изображение – 0,2 м/пиксель;
- тепловизионное изображение – 0,8 м/пиксель.



Рисунок 2. – АПК «Спектр»

АПК «Спектр» позволяет получать растровые снимки местности высокого пространственного разрешения в заданных спектральных (видимый, инфракрасный, включая тепловой) диапазонах. Снимки используются для оценки последствий пожаров в природных экосистемах, оценки зон затопления, обнаружения разливов загрязняющих веществ на поверхности водных объектов, поиска потерявшихся в лесах людей и прочих прикладных задач.

К достоинствам авиационного мониторинга можно отнести:

- оперативность;
- высокое пространственное разрешение снимка, необходимое для решения специальных задач;
- возможность одновременного наблюдения за местностью в видимом и инфракрасном диапазонах;
- возможность смены фильтров в многоканальной съемочной аппаратуре в зависимости от решаемой задачи (обнаружение пожара, мониторинг развития половодья, мониторинг загрязнения нефтепродуктами).

К недостаткам авиационного мониторинга следует отнести:

- узкую полосу наблюдения (в среднем 250 м с высоты 500 м);
- необходимость для проведения плановой съемки иметь на борту воздушного судна гиросtabilизированную платформу;
- отсутствие возможности оперативной передачи обзорных снимков высокого разрешения с борта самолета на наземный пункт управления, т. е. снимки высокого разрешения поступают в пункт управления после посадки самолета со значительной временной задержкой.

Заключение. Повышение эффективности функционирования системы оперативного мониторинга источников чрезвычайных ситуаций по данным ДЗЗ возможно при совместном использовании данных дистанционного зондирования Земли, полученных от космических, авиационных и наземных средств наблюдения (многоуровневая система). Комплекс-

ный подход к применению этих средств позволит оперативно обнаруживать чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера и принимать оптимальные решения по их ликвидации с минимальными затратами.

Методичное применения многоуровневой системы будет обеспечивать выполнение таких функций, как:

- обнаружение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий;
- обнаружение несанкционированного доступа на объекты магистральных трубопроводов и других режимных территорий;
- мониторинг паводков, половодий и их последствий;
- обнаружение потенциальных источников пожара в лесу и на торфянике, обнаружение утечек тепла на промышленных и жилых объектах;
- мониторинг технического состояния линий электропередачи, дамб, мостов и элементов дорожной сети;
- аэрофотосъемка в видимом, инфракрасном и тепловом диапазонах в интересах отечественных и зарубежных заказчиков.

Использование многоуровневой системы мониторинга позволит снизить затраты на ликвидацию ЧС путем предупреждения самого факта ее возникновения либо более эффективного реагирования за счет получения сведений об объективной обстановке в зоне ЧС. В свою очередь такие преимущества позволят уменьшить ущерб от социальных, экологических и экономических последствий чрезвычайной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 26 ноября 1992 г., № 1982-ХІІ // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.
2. О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июля 2003 г., № 949 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.
3. Экзарьян, В.Н. Геоэкология и охрана окружающей среды / В.Н. Экзарьян. – М.: Экология, 1997. – 172 с.
4. О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апреля 2001 г., № 495 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.
5. О некоторых вопросах Министерства по чрезвычайным ситуациям [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 29 декабря 2006 г., № 756 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.
6. Об утверждении Положения о системе мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 ноября 2004 г., № 1466 // Бизнес-Инфо / ООО «Профession. правовые системы». – Минск, 2018.
7. Отдел мониторинга и прогнозирования ЧС [Электронный ресурс]: Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://erc.mchs.gov.by/struktura-rtsearchs/otdel-monitoringa-i-prognozirovaniya-chs/>. – Дата доступа: 30.10.2018.
8. Андреевко, А.В. Обнаружение последствий чрезвычайных ситуаций по данным авиационного мониторинга / А.В. Андреевко, Н.И. Мурашко, К.А. Романович // Материалы VII Белорусского космического конгресса, Минск, 24–26 октября 2017 г. / ОИПИ НАН Беларуси. – Минск, 2017. – Т. 2. – С. 99–102.
9. Мурашко, Н.И. Система обработки данных аэрокосмического мониторинга / Н.И. Мурашко, А.А. Иванов, А.В. Андреевко // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, May 3–4, 2018 / BSUIR; Ed. by: M. Batura [et al.]. – Minsk, 2018. – P. 278–282.

IMPROVING THE SYSTEM OF EMERGENCY MONITORING AND PREDICTING

Nikolay Murashko, PhD in Technical Sciences

United Institute of Informatics Problems
of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Aleksey Andreenko

Republican Center for Emergency Management and Response
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

Victor Stankevich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Gomel Branch of the State Educational Establishment «University of Civil Protection
of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Gomel, Belarus

Purpose. The present state of the National system of environment monitoring of the Republic of Belarus is analyzed.

Methods. The distinctive features of the functioning technical means (space and aircraft) of monitoring are considered, their merits and demerits are described.

Findings. Possibilities of the new multi-channel gyro-stabilized aviation complex of remote tracking ASC «Spektr» created by the United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Science of the Republic of Belarus are considered.

Application field of research. It is found out that ASC «Spektr» is able to obtain high-resolution raster images of the area in the given spectral range (visible, infrared, and thermal included), which can be used for evaluation of aftermaths of wild land fires, estimation of flooded areas, location of pollution spills on water bodies, search of lost people and other applied problems.

Conclusions. Directions for improvement of the system of natural and man-made emergency monitoring and predicting in the Republic of Belarus are mentioned.

Keywords: emergency situation, emergency monitoring and predicting system, remote sensing of the Earth, space monitoring, air monitoring.

(The date of submitting: February 3, 2019)

REFERENCES

1. *Ob okhrane okruzhayushchey sredy* [The Law of the Republic of Belarus of Environment Protection]: *Law of the Republic of Belarus, November 27, 1992, No. 1982-XII*. Biznes-Info. OOO «Professional'nye pravovye sistemy». Minsk, 2018. (rus)
2. *O Natsional'noy sisteme monitoringa okruzhayushchey sredy v Respublike Belarus'* [On the National Environmental Monitoring System in the Republic of Belarus]: *Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, July 14, 2003, No. 949*. Biznes-Info. OOO «Professional'nye pravovye sistemy». Minsk, 2018. (rus)
3. Ekzar'yan V.N. *Geoekologiya i okhrana okruzhayushchey sredy* [Geoecology and Environment protection]. Moscow: Ekologiya, 1997. 172 p. (rus)
4. *O Gosudarstvennoy sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy* [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*. Biznes-Info. OOO «Professional'nye pravovye sistemy». Minsk, 2018. (rus)
5. *O nekotorykh voprosakh Ministerstva po chrezvychaynym situatsiyam* [Some Questions of the Ministry for Emergency Situations]: *Decree of the President of the Republic of Belarus No. 756, December 29, 2006*. Biznes-Info. OOO «Professional'nye pravovye sistemy». Minsk, 2018. (rus)
6. *Ob utverzhenii Polozheniya o sisteme monitoringa i prognozirovaniya chrezvychaynykh situatsiy prirodnoy i tekhnogennogo kharaktera* [On approval of the Regulations on the system for monitoring and forecasting natural and man-made emergencies]: *Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, November 19, 2004, No. 1466*. Biznes-Info. OOO «Professional'nye pravovye sistemy». Minsk, 2018. (rus)
7. *Emergency Monitoring and Prediction Department*. Republican Center of Emergency Management and Response of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, available at:

- <http://erc.mchs.gov.by/struktura-rtsearch/otdel-monitoringa-i-prognozirovaniya-chs/> (accessed: October 30, 2018). (rus)
8. Andreenko A.V., Murashko N.I., Romanovich K.A. Obnaruzhenie posledstviy chrezvychaynykh situatsiy po dannym aviatsionnogo monitoringa [Detecting the Consequences of Emergencies on the Basis of Space Monitoring]. *Proc. VII Belorusskogo kosmicheskogo kongressa Minsk, October 24–26, 2017*. United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus. Minsk, 2017. Vol. 2. Pp. 99–102. (rus)
 9. Murashko N.I., Ivanov A.A., Andreenko A.V. Sistema obrabotki dannykh aerokosmicheskogo monitoringa [System of Aerospace Monitoring Data Processing]. *Proc. Intern. scientific-methodological conf. «BIG DATA Advanced Analytics», Minsk, May 3–4, 2018*. Ed. by: M. Batura et al. Minsk: BSUIR, 2018. Pp. 278–282. (rus)

АВТОРЫ СТАТЕЙ

Абдуллаев Адиль Алескеревич

Центр управления в кризисных ситуациях Министерства по чрезвычайным ситуациям
Азербайджанской Республики,
начальник Центра управления в кризисных ситуациях
AZ1073, Азербайджанская Республика, г. Баку, ул. М. Мушвига, 501
тел.: +99 (412) 512-40-30, e-mail: serge_asv@mail.ru

Абрамов Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор

Национальный университет гражданской защиты Украины,
главный научный сотрудник научно-исследовательского центра
61023, Украина, г. Харьков, ул. Чернышевская, 94
тел.: +380 (50) 578-88-54, e-mail: axe2114@gmail.com

Акулич Инна Петровна, кандидат технических наук

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,
доцент кафедры информационно-вычислительных систем
220056, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 220
тел.: +375 (17) 287-43-58, e-mail: inn2119@rambler.ru

Акулич Сергей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,
доцент кафедры информационно-вычислительных систем
220056, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 220
тел.: +375 (17) 287-43-58, e-mail: serge_asv@mail.ru

Андреев Алексей Викторович

Государственное учреждение «Республиканский центр управления
и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
главный специалист отдела мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций
220004, Беларусь, г. Минск, ул. Иерусалимская, 4
тел.: +375 (17) 209-27-37, e-mail: andreenko@erc.sml.by

Булва Александр Дмитриевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры гражданской защиты
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: bulva@list.ru

Булышко Ольга Владимировна

Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»,
ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики
220013, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Петруся Бровки, 6
тел.: +375 (17) 293-88-24, e-mail: pavlovolga@mail.ru

Вариков Геннадий Анатольевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник факультета предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-72-22, e-mail: gena.warikow@gmail.com

Волосач Александр Владимирович

Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»
государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
старший преподаватель кафедры повышения квалификации
222515, Беларусь, Минская обл., Борисовский район, д. Светлая Роща
тел.: + 375 (17) 777-27-74, e-mail: volosach81@mail.by

Гнищевич Андрей Иванович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кабинета специальных дисциплин кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: andreq_g2@mail.ru

Гончаренко Игорь Андреевич, доктор физико-математических наук, профессор

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
профессор кафедры естественных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-74-11, e-mail: igor02@tut.by

Гончаров Игорь Николаевич

Учреждение «Научно-исследовательский институт
пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций»
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,
старший научный сотрудник отдела исследований
аварийно-спасательной техники и оборудования
220046, Беларусь, г. Минск, ул. Солтыса, 183 а
тел.: +375 (17) 388-97-26

Горовых Ольга Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент

Филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации»
государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
профессор кафедры специальной подготовки
222515, Беларусь, Минская обл., Борисовский район, д. Светлая Роща.
тел.: + 375 (17) 777-27-74, e-mail: olgreda@tut.by

Дрозд Кирилл Михайлович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
e-mail: kir.drozd@yandex.ru

Жорник Виктор Иванович, доктор технических наук, доцент

Государственное научное учреждение «Объединенный институт
машиностроения Национальной академии наук Беларуси»,
заместитель начальника отделения технологий машиностроения и металлургии –
заведующий лабораторией наноструктурных и сверхтвердых материалов
220072, Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 12
тел.: +375 (17) 284-25-18, e-mail: zhornikv@gmail.com

Ильющонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
заведующий кафедрой естественных наук
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-74-11, e-mail: iav@tut.by

Кальченко Ярослав Юрьевич

Национальный университет гражданской защиты Украины, адъюнкт
61023, Украина, г. Харьков, ул. Чернышевская, 94
тел.: +380 (95) 916-62-35, e-mail: kalchenko@nuczu.edu.ua

Ковтун Вадим Анатольевич, доктор технических наук, профессор

Гомельский филиал государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
профессор кафедры оперативно-тактической деятельности и техники
246023, Беларусь, г. Гомель, ш. Речицкое, 65А
тел.: +8 (0232) 46-16-12, e-mail: vadimkov@yandex.ru

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

Морозов Артем Александрович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
преподаватель кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: morozow974@gmail.com

Мурашко Николай Иванович, кандидат технических наук

Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси»,
заведующий лабораторией системотехники
220012, Беларусь, г. Минск, ул. Сурганова, 6
тел.: +375 (17) 284-21-77, e-mail: murnic@mail.ru

Пасовец Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры промышленной безопасности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-73-22, e-mail: pasovets_v@mail.ru

Полехода Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник университета
220118, Беларусь, Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-53-93, e-mail: ip@ucsp.by

Радьков Игорь Анатольевич

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
заместитель начальника университета по службе
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 341-76-11

Ропот Петр Петрович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
преподаватель кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: ropot-piotr@yandex.by

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

Сак Семен Петрович

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
старший преподаватель кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: taktik@ucsp.by

Смиловенко Ольга Олеговна, кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
профессор кафедры промышленной безопасности
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 345-73-22, e-mail: smilovenkoolga@tut.by

Станкевич Виктор Михайлович, кандидат технических наук, доцент

Гомельский филиал государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
начальник кафедры организации деятельности органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям
246023, Беларусь, г. Гомель, ш. Речицкое, 65А
тел.: +8 (0232) 46-44-87, e-mail: stankevich_v@mail.ru

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

Тодоров Иван, доктор наук, доцент

Академия Министерства внутренних дел Болгарии,
декан факультета пожарной безопасности и защиты населения
1000, Болгария, г. София, ул. 6-и Септември 29

Худолеев Александр Федорович

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь,
Первый заместитель Министра
220030, г. Минск, ул. Революционная, 5
тел.: +375 (17) 229-34-03, e-mail: mail@mchs.gov.by

Чиж Людмила Викторовна

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»,
доцент кафедры ликвидации чрезвычайных ситуаций
220118, Беларусь, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25
тел.: +375 (17) 340-35-59, e-mail: taktik@ucsp.by

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
статей для публикации в научном журнале
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси» статьи должны представлять результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативно-техническим документам, справочные материалы и т. п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья предоставляется в двух экземплярах. Второй экземпляр статьи должен быть постранично пронумерован и подписан всеми авторами. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала <http://vestnik.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, предоставляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес vestnik@ucp.by. Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал излагается в следующем порядке:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- информация о каждом авторе: фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, e-mail. Если авторов много, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;
- аннотация, ясно излагающая содержание статьи и пригодная для опубликования в реферативных журналах (не менее 80 и не более 120 слов);
- ключевые слова и словосочетания статьи (не более 15 слов);
- дата поступления статьи (месяц и год);
- введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список цитированной литературы.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: название статьи; информация о каждом авторе: фамилия и имя (указываются по паспорту), ученая степень, ученое звание, страна, город, место работы; аннотация; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся фамилия, имя, отчество авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций и издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать интернет-ресурсы, например сайт <http://translit.net>.

Необходимо учитывать, что англоязычная аннотация – независимый от статьи источник информации, предназначенный для англоязычных читателей, которые смогут по ней ознакомиться с содержанием работы. Рекомендуемый объем – 150–300 слов. В данной аннотации уместно размещать ключевые фрагменты основной части статьи. Англоязычная аннотация должна включать в себя следующие пункты: *purpose* (раскрывается название статьи, определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *methods* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *findings* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *application field of research* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость); *conclusions* (подводятся итоги статьи, даются рекомендации, оценки, обозначаются перспективы исследования).

Основные требования к набору статей, предоставляемых в журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте издания <http://vestnik.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной Постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основное содержание статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

Научный журнал

Вестник
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси
Том 3, № 1, 2019

Редактор-корректор О.М. Павлюченко
Компьютерная верстка И.С. Жаворонков
Технический редактор М.В. Лапина
Дизайн обложки И.А. Розенталь

Подписано в печать 25.02.2019.
Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 11,86. Уч.-изд. л. 12,27.
Тираж 110 экз. Заказ 008-2019.

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.