

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор: *Малый* Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Заместитель главного редактора: *Шарабанова* Ирина Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Члены редколлегии:

Исаев Владимир Анатольевич — доктор биологических наук, академик МАИ, МАНПО, член-корреспондент РАЕН, профессор кафедры биологии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

Борисова Елена Анатольевна — доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

Михайлов Алексей Александрович — доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

Правдов Михаил Александрович — доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

Шмелева Елена Александровна — доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры психологии и социальной педагогики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

Клетикова Людмила Владимировна — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры акушерства, хирургии и незаразных болезней животных ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева» (Россия, г. Иваново)

Баусов Алексей Михайлович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технический сервис и механика» ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева» (Россия, г. Иваново)

Третьякова Наталья Владимировна — доктор педагогических наук, доцент, директор института гуманитарного и социально-экономического образования ФГАУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» (Россия, г. Екатеринбург)

Сорокоумова Светлана Николаевна — доктор психологических наук, профессор, профессор кафедры специальной педагогики и психологии ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина» (Россия, г. Нижний Новгород)

Мухина Татьяна Геннадьевна — доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры социальной безопасности и гуманитарных технологий ФГАУ ВО «Национальный иссле-

довательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (Россия, г. Нижний Новгород)

Кисляков Павел Александрович — доктор психологических наук, доцент, профессор факультета психологии ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет» (Россия, г. Москва)

Циркина Ольга Германовна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Никифоров Александр Леонидович — доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Сизов Александр Павлович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Наумов Александр Геннадьевич — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Годлевский Владимир Александрович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Натареев Сергей Валентинович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Зейнетдинова Ольга Геннадьевна — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Технический редактор: Чуприна Ольга Сергеевна

Подготовлено к изданию 15.03.2021 г. Формат 60x90 1/8. Усл. печ. л. 8,3. Заказ №79.

Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-61575 от 30 апреля 2015 г.

(Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Адрес редакции (издателя): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33.

Тел.: (4932) 93-08-00 доб. 5-71; e-mail: pab.edufire37@mail.ru

© Пожарная и аварийная безопасность, 2021

© Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ FRICTION AND WEAR IN MACHINES

- Наумов А. Г., Комельков В. А., Колбашов М. А., Репин Д. С.** О применении пожаробезопасных и экологически безопасных СОТС при механической обработке материалов резанием 4
Naumov A. G., Komelkov V. A., Kolbashov M. A., Repin D. S. On the application of fire-proof and environmentally safe lubricating and cooling technological means in the mechanical processing of materials by cutting 4

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ) SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS (TECHNICAL SCIENCES)

- Гришина Е. П.** Огнезащитная обработка текстильных материалов. Перспективы применения золь-гель технологии 12
Grishina E. P. Fire-protection treatment of textile materials. Perspective of application of sol-gel technology . 12
- Зейнетдинова О. Г., Данилов П. В., Кокурин А. К., Тяпочкин С. П.** К вопросу ранжирования потенциально опасных объектов по степени опасности для населения и территорий по показателям риска на территории Центрального федерального округа 22
Zeynetdinova O. G., Danilov P. V., Kokurin A. K., Tyapochkin S. P. On the issue of ranking potentially dangerous objects by the degree of danger to the population and territories by risk indicators on the territory of the Central Federal District 22
- Натареев С. В., Бакин М. А., Снегирев Д. Г.** Разработка математической модели ионообменной очистки воды от солей тяжелых металлов в емкостном аппарате 27
Natareev S. V., Bakin M. A., Snegirev D. G. Development of a mathematical model for water purification by the method of ion exchange from salts of heavy metals in a capacitive apparatus 27
- Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Наконечный С. Н., Циркина О. Г.** Проблемы осуществления визуального контроля тепловых режимов работы технологического оборудования для предотвращения возникновения аварийных ситуаций 32
Ulueva S. N., Nikiforov A. L., Nakonechiy S. N., Tsirkina O. G. Problems of implementing visual control of thermal operating modes of process equipment to prevent emergency situations 32

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ THEORY AND METHODOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

- Горина С. В.** Управление приращением профессиональных компетенций специалистов пожарно-технического профиля 39
Gorinova S. V. Issues of organization of practice-oriented educational process in educational institutions of the ministry of emergency situations of Russia 39

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ) FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY (PSYCHOLOGICAL SCIENCES)

- Мигунова Ю. С., Королева С. В.** Психофизиологическая модель прогнозирования возможных дезадаптивных состояний у курсантов с низким уровнем успеваемости в условиях повседневной деятельности 46
Migunova Yu. S., Koroleva S. V. Psychophysiological model for predicting possible maladaptive states in cadets with low academic performance in everyday activities 46
- Шарабанова И. Ю., Шипилов Р. М., Строкова М. А., Правдов М. А.** Особенности социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения к учебной и служебной деятельности в образовательных организациях высшего образования МЧС России 54
Sharabanova I. Yu., Shipilov R. M., Strokovaya M. A., Pravdov M. A. Features of social and psychological adaptation of first year trainees to training and office activities in educational organizations of higher education EMERCOM of Russia 54

ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ FRICTION AND WEAR IN MACHINES

УДК 621.89.017; 621.91.02

О ПРИМЕНЕНИИ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СОТС ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

А. Г. НАУМОВ, В. А. КОМЕЛЬКОВ, М. А. КОЛБАШОВ, Д. С. РЕПИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
agn8@yandex.ru, komelkov@rambler.ru, kolbashov@mail.ru, kafppv@mail.ru

Работа посвящена изучению пожаробезопасных и экологически безопасных смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), применяемых в процессах механической обработки материалов. Проблема решается путем уменьшения количества используемых СОТС и разработкой новых смазочных материалов.

Ключевые слова: пожарная опасность, экологическая безопасность, (СОТС) смазочно-охлаждающее технологическое средство, механическая обработка.

ON THE APPLICATION OF FIRE-PROOF AND ENVIRONMENTALLY SAFE LUBRICATING AND COOLING TECHNOLOGICAL MEANS IN THE MECHANICAL PROCESSING OF MATERIALS BY CUTTING

A. G. NAUMOV, V. A. KOMELKOV, M. A. KOLBASHOV, D. S. REPIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
agn8@yandex.ru, komelkov@rambler.ru, kolbashov@mail.ru, kafppv@mail.ru

The work is devoted to the study of fire-safe and environmentally friendly lubricating and cooling technological means used in the processes of mechanical processing of materials. The problem is being solved by reducing the amount of lubricating and cooling technological means and developing new lubricants.

Key words: fire hazard, environmental safety, lubricating and cooling technological agent, mechanical processing.

Процесс механической обработки материалов сопровождается образованием большого количества искр и высоким нагревом обрабатываемого объекта. При этом, как правило, применяются смазочно-охлаждающие вещества, содержащие горючие материалы, например, масло или керосин. Данные вещества не только пожароопасны, но и представляют экологическую опасность при их дальнейшей утилизации.

Целью представленной работы является изучение пожаробезопасных и экологически безопасных смазочных материалов при обработке металлов резанием. На данный момент технологии обработки материалов используют большое количество различных СОТС, которые наносят непоправимый экологический ущерб окружающей среде. Использование в металлообработке СОТС, в особенности на масляной основе, очень вредны для здоровья человека. Имея неплохие смазочные свойства, масляные СОТС обладают рядом недостатков: слабое охлаждающее действие, высокую по-

жароопасность и испаряемость. Поэтому при создании СОТС рекомендуется уменьшить количество минерального масла и минимизировать эффективные, но опасные для здоровья компоненты СОТС. Так минимизация количества СОТС, может быть, достигнута введением микродоз СОТС в воздушный поток с последующей его активацией коронным разрядом.

Повышение периода стойкости режущих инструментов и уменьшения шероховатости обработанных поверхностей в процессах обработки металлов резанием в значительной степени определяется интенсивностью адгезионных взаимодействий между трибосопряженными поверхностями инструментального и обрабатываемого материалов. Это объясняется высокой химической активностью образующихся в процессе стружкоотделения ювенильных поверхностей в трибосопряженном контакте. Согласно результатам исследований, одним из основных механизмов действия на величину адгезии является образование на границе раздела инструмент-обрабатываемый материал разделительных смазочных пленок путем введения в контактную зону смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Согласно теории радикально-цепного механизма [1], образовавшиеся во время трения и резания металлов технически чистые поверхности не только проявляют большую активность в физической адсорбции и химических реакциях, но и испускают поток энергетических частиц (электронов, квантов излучения), интенсивность которых в момент открытия слоев максимальна. Эти частицы оказывают значительное влияние на ход химических процессов, протекающих на контактных поверхностях режущего инструмента и обрабатываемого материала. Вследствие их взаимодействия с молекулами веществ, входящих в состав воздуха, прежде всего, это азотом и кислородом, последние активизируются и распадаются с образованием реакционных частиц — активных атомов и радикалов, активность которых обусловлена наличием электрона с некомпенсированным спином на валентной оболочке. Эти частицы обладают высокой химической активностью и взаимодействуют с технически чистыми поверхностями, что приводит к интенсивному образованию композиций (вторичных структур), основная функция которых заключается в создании чистых металлических поверхностей. Общие закономерности процессов вынужденного образования радикалов практически не отличаются от естественных. При внешнем воздействии на СОТС его компоненты получают дополнительную энергию, кото-

рая преобразует их в метастабильное (промежуточное) состояние, характеризующееся ослаблением или частичным разрушением внутримолекулярных связей элементов СОТС. Одним из важнейших выводов этой теории является то, что смазочные пленки формируются только в условиях зоны контакта, где имеются необходимые условия для их реализации.

Эта позиция неоднократно подтверждалась как авторами данной работы, так и другими отечественными и зарубежными исследователями и промышленниками. Таким образом, исследования влияния распыленной СОТС на процесс резания показали, что для обеспечения смазочного эффекта достаточно подавать от 0,5 до 3,0 г/ч распылительного масла или от 50 до 150 г/ч распылительной СОЖ [2]. При изучении влияния воды на процесс резания стали было обнаружено, что капля воды оказывает такое же влияние на процесс обработки металлов резанием, как струя, подаваемая со скоростью в несколько литров в минуту [3].

В работах [3, 4], направленных на решение проблемы смазочной способности наноразмерных йодсодержащих структур, первоначально сформированных в поверхности инструментов, показано значительное изменение в лучшую сторону характеристик процесса резания и возрастание работоспособности инструментов из быстрорежущей стали на различных операциях механической обработки.

Следующий вывод основан на предположении, что объем смазочных пленок, образующихся в результате радикально-цепных реакций, должен быть достаточным для реализации смазочного эффекта, то есть находиться в прямой пропорции к числу активных атомов и радикалов в зоне контакта [1]. Если все остальные условия одинаковы, то концентрация активных частиц определяется энергией связи в молекулах веществ, содержащихся в СОТС и работой выхода электрона компонентов СОТС. Как уже говорилось, для эффективного образования разделительных смазочных пленок необходимо, чтобы в зоне контакта присутствовало достаточное количество активных частиц, участвующих в этом процессе. Проблема скорости образования реакционных частиц в зоне контакта решалась следующим образом. Процесс образования химически активных компонентов смазочной среды (атомов, ионов, свободных радикалов, ион-радикалов) можно интенсифицировать различными внешними энергетическими воздействиями на СОТС. Компоненты СОТС, подвергнутые предварительной активации, получают допол-

нительную энергию, что переводит их в метастабильное состояние. Это состояние характеризуется ослаблением или частичным нарушением внутримолекулярных связей, т.е. стимулируется деструкция СОТС с образованием активных атомов, радикалов и групп [5]. Методы активации СОТС наиболее эффективны для веществ с высокими значениями энергии связи между атомами в молекулах.

На данный момент пристальное внимание уделяется применению в качестве СОТС атмосферного воздуха, подвергнутого воздействию коронного разряда [6]. Данный эффект можно объяснить улучшением условий трибосопряжения между инструментом и обрабатываемым материалом смазочным действием оксидных структур, инициатором образования которых являются активный кислород и гидроксильные группы, образующиеся в результате воздействия на воздух коронного разряда.

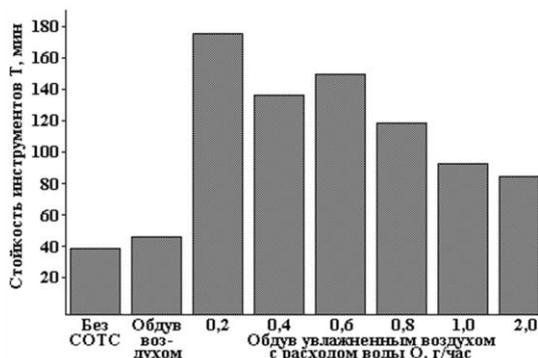


Рис. 1. Стойкость быстрорежущего инструмента при резании стали 45 с обдувом контактной зоны увлажненным воздухом
 $V = 1.2 \text{ м/с}$, $t = 0,5 \text{ мм}$, $S = 0,1 \text{ мм/об}$.

Существование и величина диапазона пластических деформаций является одним из важных параметров, определяющих интенсивность адгезионных взаимодействий между рабочими поверхностями инструмента и обрабатываемым материалом. В определенных условиях, по этому показателю так же можно оценить эффективность действия разделительных смазочных пленок. Анализ представленных на рис. 2 экспериментальных данных показывает, что использование в качестве СОТС увлажненного воздушного потока приводит к умень-

шению глубины деформированного слоя основной структуры обрабатываемого материала. Это можно интерпретировать как уменьшение силы сцепления при адгезии. Одновременно, в экспериментах фиксировалось и уменьшение микротвердости деформированного слоя, что показывает на количественное уменьшение точек схватывания контактных поверхностей.

Стоит отметить, что воздух представляет собой смесь различных газов. К основным компонентам можно отнести кислород (порядка 21 %), азот (около 78 %) и инертные газы (около 1 %). Далее наличие углекислого газа (0.02–0.04 %) и водяного пара (до 3 %). Содержание случайных составных частей (третья группа) зависит от местных условий.

В исследованиях, приведенных в [1, 2], показано, что все перечисленные компоненты воздуха, так или иначе, оказывают воздействие на параметры процесса обработки металлов резанием. Установлено, что наличие влаги в воздухе способствует достаточному увеличению периода стойкости режущих инструментов, причем максимальное увеличение наблюдается при низкой концентрации водяных паров (рис. 1). Предварительная активация увлажненного воздуха коронным разрядом приводит к еще большему увеличению периода стойкости режущих инструментов [7].

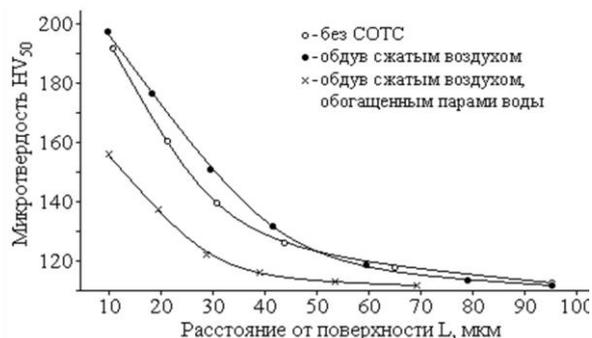


Рис. 2. Изменение величины и микротвердости зоны пластической деформации при точении титана ВТ1-0
 $V = 0.5 \text{ м/с}$, $t = 0.5 \text{ мм}$, $S = 0.1 \text{ мм/об}$.

Подобное положительное влияние на микротвердость обработанной поверхности и стойкости инструментов наблюдается и в слу-

чае введения в воздушный поток индустриального масла И-20А в количестве 0,1–1,0 г/ч [4]. Отмечено повышение стойкости резцов, уменьшение коэффициента укорочения стружки и шероховатости обработанной поверхности. При прочих равных условиях проведенных экспериментов можно констатировать, что введение в состав воздуха микродоз индустриального масла И-20А с высокой смазочной способностью улучшает трибологическое состояние контактной зоны. На рис. 3 представлена трибограмма процесса трения по схеме диск-диск стали 45 по стали 45. Характер по-

лученных кривых свидетельствует о том, что введение в состав воздушного потока масла И-20А в количестве 0,5 г/час эффективно уменьшает момент трения (зона б) по сравнению с трением всухую (зона а) до величины, соизмеримой с аналогичным показателем для 100 %-ного масла И-20А. Предварительная ионизация воздушно-масляного потока (зона в) приводит к дальнейшему уменьшению момента трения и одновременно улучшает динамику процессов контактного взаимодействия, стабилизируя его.

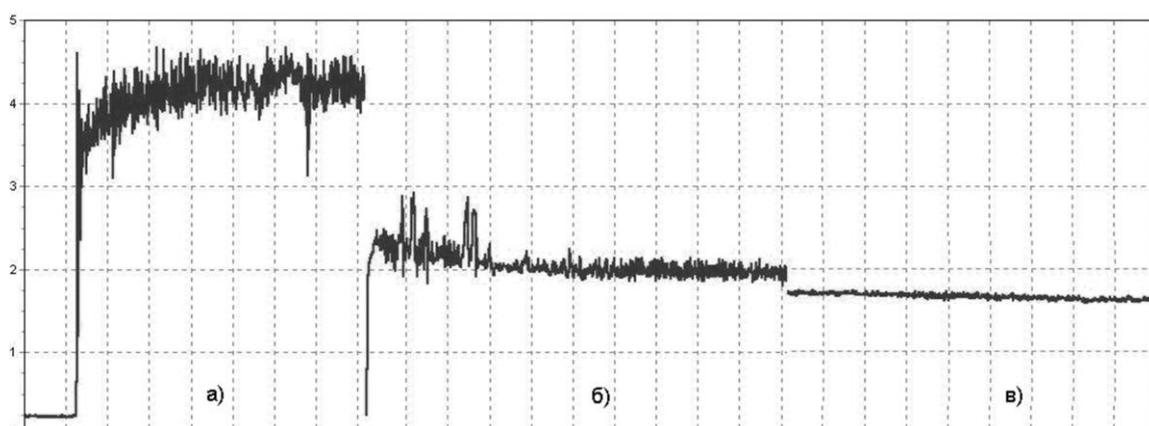


Рис. 3. Трибограмма момента трения стали 45 по стали 45 закаленной при нагрузках: а) 2,6 МПа, б), в) 3,6 МПа; $V = 0,5$ м/с

Изучение влияния основных компонентов воздуха (кислорода и азота), а так же их количества, на параметры процесса резания при строгании проводилось на авторской установке, размещенной под вакуумным колпаком вакуумного поста ВУП-4 (рис. 4).

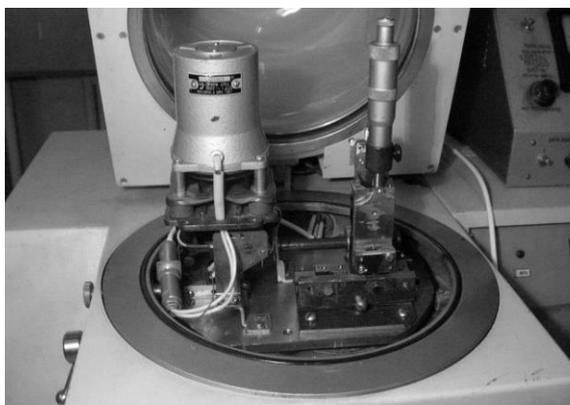


Рис. 4. Внешний вид установки для резания в контролируемой атмосфере

В ходе эксперимента изучалось воздействие воздуха, а так же азота и кислорода в отдельности на процессы формирования разделительных пленок при различных давлениях (от нормального до 10–5 мм. рт.ст.). Для этого были оценены: величины сил резания, корни стружки, развитие и изменение микротвердости зоны пластических деформаций.

В качестве исследуемых материалов использовались сталь 45, аустенитная нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, титановый сплав ВТ1-0. Образцы представляли собой пластины толщиной 0,8 мм. Резание осуществлялось резцами из быстрорежущей стали Р6М5 при скорости резания $V = 2$ мм/с и глубине резания $t = 0,05$ мм.

В ходе исследований было установлено, что изменение вида газообразного СОТС и его количества оказывает заметное влияние на процессы стружкоотделения и характеристики процесса резания.

Теория радикально-цепных реакций [1,8], описывающая процессы образования

разделительных смазочных пленок на трибосопряженных поверхностях при использовании в качестве СОТС воздуха, основывается на физико-химических явлениях с участием кислорода и его аллотропной модификации — озона. Более поздними исследованиями, проведенными авторами настоящей работы, установлено, что в данном случае при описании физико-химических процессов в контактной зоне следует учитывать тот факт, что количество азота более чем в 3 раза превышает концентрацию кислорода [8]. При изучении поведения азота в составе воздуха, используемого в качестве внешней технологической среды, определено, что количество энергии [1], выделяющейся в контактной зоне при разрушении металла в процессе резания, вполне достаточно для перевода молекулы азота в возбужденное состояние и последующего ее распада. Поэтому, совокупное влияние воздуха на кинетику контактного взаимодействия представляет собой более сложный процесс, в котором принимает участие не только кислород, но и азот.

Настоящими исследованиями установлено, что использование, как кислорода, так и

азота в качестве СОТС оказывает заметное влияние на процессы стружкоотделения (рис. 5).

Детальный анализ представленных результатов показал, что в рассматриваемом случае применение чистого кислорода позволило снизить силу резания по сравнению с азотом и воздухом при нормальном давлении. По нашему мнению, это обусловлено недостатком образующихся оксидных пленок, в результате чего адгезионные взаимодействия между рабочими поверхностями инструмента и обрабатываемым материалом остаются высокими. Это подтверждает ранее полученные данные по изучению смазочной способности озонсодержащих микрокапсул [4]. Исследованиями было установлено, что для эффективного улучшения характеристик процесса резания (условного угла сдвига, величины относительного сдвига, усадки стружки, коэффициента трения) и стойкости режущих инструментов необходимо дополнительное введение в СОТС — озона в составе озонсодержащих микрокапсул. При этом определено, что количество дополнительно вводимых микрокапсул зависит от марки обрабатываемого материала.

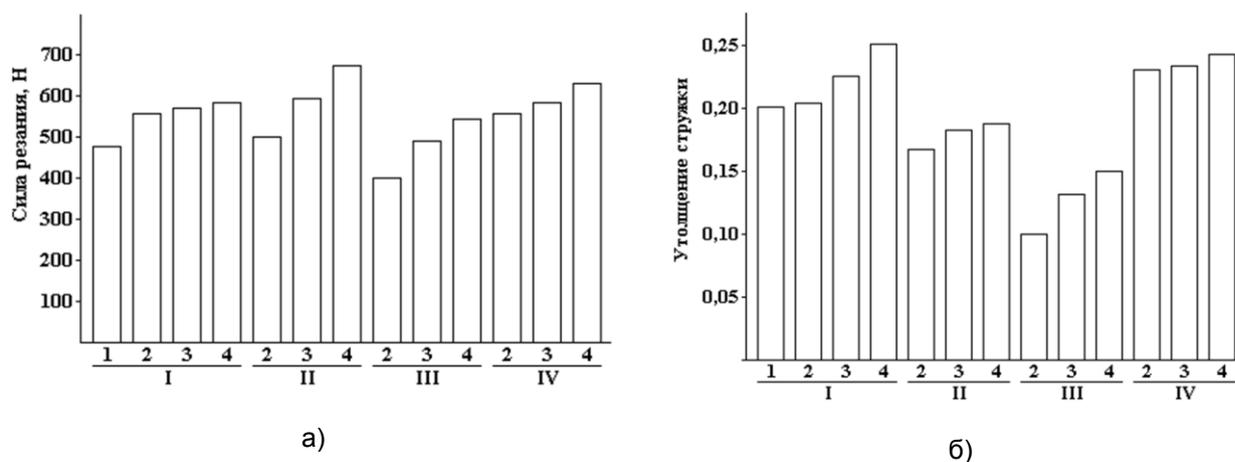


Рис. 5. Результаты исследований сил резания (а) и коэффициента утолщения стружки (б) при свободном течении в вакуумной камере стали 45 при использовании в качестве СОТС воздуха (I), кислорода (II), азота (III), гелия (IV) при давлении: 1 – нормальном, 2 – 10^{-1} мм.рт.ст., 3 – 10^{-2} мм.рт.ст., 4 – 10^{-4} мм.рт.ст. $V = 2$ мм/с, $t = 0,1$ мм

При использовании азота в качестве СОТС (рис. 5 а) имеют место минимальные значения сил резания и коэффициент утолщения стружки. Это можно объяснить изменением основной структуры поверхности обрабатываемого материала в результате введения в него атомов азота с образованием новых соединений [2]. Следовательно, вновь образо-

ванные нитридные фазы должны способствовать улучшению трибологической среды контактной зоны, что было зафиксировано в проведенных исследованиях.

Использование ионизированного воздуха усиливает действие его компонентов, облегчая как интенсификацию процессов образования смазочных пленок между трибосопря-

женными поверхностями, так и изменение фазового состава металлических поверхностей зоны контакта. Относительно небольшие силы резания, зафиксированы при использовании гелия. На наш взгляд, это обусловлено тем, что небольшой размер атома гелия (1,37 Å) по сравнению с молекулой азота (4,45 Å) позволяет ему совершенно свободно проникать на поверхность обрабатываемого материала, что приводит к изменению физико-механических свойств поверхностного слоя обрабатываемого материала и, прежде всего, его твердости. Это облегчает процесс разделения стружки, подобно использованию азота в качестве СОТС.

Список литературы

1. Наумов А. Г., Латышев В. Н., Раднюк В. С. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов // *Металлообработка*. 2016. № 4 (94). С. 26–33.
2. Наумов А. Г., Раднюк В. С., Калугин Р. Б. Влияние соединений йода, предварительно сформированных в поверхности быстрорежущих инструментов на трибологические характеристики процесса резания металлов // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Сборник трудов в 4-х томах. 2019. Т. 4. С. 474–477.
3. Наумов А. Г. Улучшение экологии процессов лезвийной обработки металлов // *Станки и инструмент*. 2002. № 7. С. 9–13
4. Латышев В. Н., Наумов А. Г. Активация СОТС // Смазочно-охлаждающие технологические средства. Справочник. Под общей ред. Л. В. Худобина. М.: Машиностроение. 2006. 543 с.
5. Москвичев А. А., Кварталов А. Р. Тенденции экологически безвредного «сухого резания» металлов // *Труды Нижегородского государственного технического университета им Р. Е. Алексеева*. № 3 (130). 2015. С.1–7.
6. Васильева Н. В. Применение режущих инструментов из синтетических сверхтвердых материалов для повышения экологичности и качества механической обработки // *Актуальные вопросы технических наук: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2015 г.)*. Пермь: Зебра, 2015. С. 91–95.
7. Латышев В. Н., Наумов А. Г., Минев Л. И. Особенности формирования вторичных структур на трибосопряженных металли-

В результате экспериментов было определено, что для эффективного воздействия на трибологическую ситуацию зоны контакта при обработке металлов резанием можно значительно сократить необходимое количество внешних технологических средств. Когда в качестве СОТС используется воздух, в том числе воздух, активируемый коронным разрядом, общий эффект является неотъемлемым показателем эффективности его компонентов. В то же время положительный эффект таких СОТС при обработке металлов можно контролировать путем изменения количества этих компонентов. Помимо этого, разработанные новые композиции СОТС являются более пожаро и экологически безопасными.

ческих поверхностях с участием ионизированного воздуха // *Металлообработка*. 2007. № 1. С. 9–12.

8. Тлехусеж М. А., Сороцкая Л. Н., Солоненко Л. А. Экологически чистые СОЖ для обработки металлов резанием // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 7. С. 727–730.

Referenses

1. Naumov A. G., Latyshev V. N., Radnyuk V. S. Razvitiye teorii radikal'no-cepного mekhanizma dejstviya SOTS pri rezanii metallov [Development of the theory of the radical-chain mechanism of action of cutting fluids when cutting metals]. *Metalloobrabotka*, 2016, issue 4(94), pp. 26–33.
2. Naumov A. G., Radnyuk V. S., Kalugin R. B. Vliyanie soedinenij joda, predvaritel'no sformirovannyh v poverhnosti bystro-rezhushchih instrumentov na tribologicheskie harakteristiki processa rezaniya metallov [Influence of iodine compounds previously formed in the surface of fast-cutting tools on the tribological characteristics of the metal cutting process]. *XII Vserossijskij s'ezd po fundamental'nym problemam teoreticheskoy i prikladnoj mekhaniki. Sbornik trudov v 4-h tomah*, 2019, issue 4, pp. 474–477.
3. Naumov A. G. Uluchshenie ekologii processov lezvijnoj obrabotki metallov [Improving the ecology of blade metal processing]. *Stanki i instrument*, 2002, issue 7, pp. 9–13
4. Latyshev V. N., Naumov A. G. Aktivaciya SOTS [Activation of the lubricant-cooling process medium]. *Smazochno-ohlazhdayushchie tekhnologicheskie sredstva. Spravochnik. Pod obshchey red. L. V. Hudobina*. M.: Mashinostroenie, 2006, 543 p.

5. Moskvichev A. A., Kvartalov A. R. Tendencii ekologicheskii bezvrednogo «suhogo rezaniya» metallov [Trends in environmentally friendly «dry cutting» of metals]. *Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im R. E. Alekseeva*, 2015, issue 3(130), pp.1–7.

6. Vasil'eva N. V. Primenenie rezhushchih instrumentov iz sinteticheskikh sverhtverdykh materialov dlya povysheniya ekologichnosti i kachestva mekhanicheskoy obrabotki [Application of cutting tools made of synthetic superhard materials to improve environmental friendliness and quality of machining]. *Aktual'nye voprosy tekhnicheskikh nauk: materialy III Mezhdunar.*

nauch. konf. (g. Perm', aprel' 2015 g.). Perm': Zebra, 2015, pp. 91–95.

7. Latyshev V. N., Naumov A. G., Mineev L. I. Osobennosti formirovaniya vtorichnykh struktur na tribosopryazhennykh metallicheskih poverhnostyakh s uchastiem ionizirovannogo vozduha [Features of the formation of secondary structures on tribo-conjugated metal surfaces with the participation of ionized air]. *Metalloobrabotka*, 2007, issue 1, pp. 9–12.

8. Tlekhusezh M. A., Sorockaya L. N., Solonenko L. A. Ekologicheskii chistyye SOZH dlya obrabotki metallov rezaniem [Environmentally friendly cutting fluids for metal cutting]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, issue 7, pp. 727–730.

Наумов Александр Геннадьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: agn8@yandex.ru

Naumov Alexander Gennadievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
doctor of technicasciences, professor
E-mail: agn8@yandex.ru

Комельков Вячеслав Алексеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: komelkov@rambler.ru

Komelkov Vyacheslav Alekseevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technicasciences, associate professor
E-mail: komelkov@rambler.ru

Колбашов Михаил Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: kolbashov@mail.ru

Kolbashov Mikhail Alexandrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of technicasciences, associate professor
E-mail: komelkov@rambler.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

Репин Денис Сергеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: kafppv@mail.ru

Repin Denis Sergeevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: kafppv@mail.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ) SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS (TECHNICAL SCIENCES)

УДК 677.027.625.16

ОГНЕЗАЩИТНАЯ ОБРАБОТКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ

Е. П. ГРИШИНА^{1,2}

¹ФГБУН Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН,
Российская Федерация, г. Иваново

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: EPGrishina@yandex.ru

Огнезащитная обработка является важным технологическим этапом отделки текстильных материалов. Особое внимание уделяется низким экологическим рискам и токсикологической приемлемости применяемых веществ. Золь-гель технология, основанная на ступенчатом гидролизе алкоксидов кремния и некоторых металлов, имеет большие перспективы применения в качестве финишной обработки. Она дает возможность за один этап реализовать многофункциональные свойства покрытий и получить равномерное покрытие с высокой степенью гомогенности и эксплуатационной устойчивостью. В данной статье рассмотрены основы золь-гель процесса и приводится краткий обзор работ по его применению для получения огнезащитных керамических покрытий. Показано, что данная технология позволяет формировать на текстильных волокнах и тканях пленки антипиренов нового типа — неорганические и органо-неорганические антипирены, эффективно сочетающие положительные функциональные свойства оксидов металлов и азот- и фосфорсодержащих соединений, минимизировать или полностью исключить применение галогенсодержащих веществ и тем самым снизить токсико-экологическую нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: текстильные материалы, пожарная опасность, огнезащитная обработка, золь-гель технология, керамические покрытия

FIRE-PROTECTION TREATMENT OF TEXTILE MATERIALS. PERSPECTIVE OF APPLICATION OF SOL-GEL TECHNOLOGY

E. P. GRISHINA^{1,2}

¹G. A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences
Russian Federation, Ivanovo

²Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: EPGrishina@yandex.ru

Fire retardant treatment is an important technological stage in the finishing of textile materials. Particular attention is paid to low environmental risks and toxicological acceptability of the substances used. The sol-gel technology based on the stepwise hydrolysis of silicon alkoxides and some metals has great prospects for application as a finishing treatment. It makes it possible to realize the multifunctional properties of coatings in one step and obtain a uniform coating with a high degree of homogeneity and operational stability. This article discusses the basics of the sol-gel process and provides a brief overview of works on its application to obtain fire retardant ceramic coatings. It is shown that this technology makes it possible to form films of new type of fire retardants on textile fibers and fabrics - inorganic and organo-inorganic fire retard-

ants, which effectively combine the positive functional properties of metal oxides and nitrogen- and phosphorus-containing compounds, minimize or completely eliminate the use of halogen-containing substances and thereby reduce toxicity-ecological load on the environment.

Key words: textile materials, fire hazard, fire retardant treatment, sol-gel technology, organic-inorganic coatings

Введение

Актуальный и сложный вопрос современной прикладной науки — повышение устойчивости применяемых натуральных, искусственных и синтетических материалов к воздействию и распространению огня. Текстиль, особенно на основе натуральных целлюлозных волокон, таких, как хлопок и лен, а также некоторых синтетических волокон, легко воспламеняется и представляет особую пожарную опасность в связи с широким распространением таких материалов, в первую очередь, в качестве одежды и в быту (домашний текстиль, мягкая мебель) [1].

Легкость воспламенения, скорость горения и скорость тепловыделения являются важными характеристиками текстильных материалов, которые определяют степень их пожарной опасности. Возгорание происходит, когда температура ткани достаточна для начала термического разложения и образования летучих веществ. Интенсивный падающий тепловой поток, низкая тепловая инерция, и слабые химические связи приведут к более короткому времени и большей опасности воспламенения [2]. Целлюлозные ткани, такие как хлопок, вискоза и лен, легко воспламеняются и горят довольно быстро, так как имеют низкие температуры воспламенения и пиролиза (350-420 °C) [1].

Пожарная безопасность текстильных материалов регламентируется Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», ст. 135 «Требования пожарной безопасности к применению текстильных и кожаных материалов, к информации об их пожарной опасности». Высокая стойкость горючих текстильных материалов к возгоранию в настоящее время является обязательным условием их применения в строительстве, в качестве обивочных и декоративных материалов, а также в производстве спецодежды для работающих в условиях умеренного теплового воздействия, интенсивного лучистого и конвективного нагрева, в условиях воздействия открытого пламени, например костюмов металлургов, пожарных, сварщиков и т.п. [1, 3 и др.], что отражено в ряде нормативных докумен-

тов^{1,2,3,4}. Поэтому проблема повышения пожарной безопасности текстильных материалов остается в центре внимания специалистов — разработчиков и потребителей текстиля.

Наиболее широко распространённым методом огнезащиты текстильных материалов являются пропитка или поверхностная обработка с применением водных растворов замедлителей горения реакционного или аддитивного типа [4].

При разработке эффективных огнезащитных пропиток в последние годы особое внимание уделяется низким экологическим рискам и токсикологической приемлемости применяемых веществ [5], поэтому широкое распространение получили в достаточной степени инертные и малотоксичные неорганические соединения. Для целей огнезащиты применяют оксиды, гидроксиды и соли металлов, силикат натрия Na_2SiO_3 , буру, борную кислоту, фосфаты аммония, наноглины и другие минеральные вещества, которые в процессе обработки текстильного материала образуют труднорастворимые вещества и, встраиваясь во внутреннюю структуру волокон, снижают их

¹ ГОСТ Р 53294-2009. Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость. М.: Стандартинформ. 2009. 13 с.

² ГОСТ Р 53264—2019. Техника пожарная. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартинформ. 2019. 42 с.

³ ГОСТ Р 50810-95. Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация. М.: ИПК Издательство госстандартов, 1995. 12 с.

⁴ ГОСТ Р 12.4.297-2013. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ. 2019. 12 с.

горючесть [4-7]. Отмечается [7], что неорганические соединения, включая гидроксид алюминия, полифосфаты аммония и трехокись сурьмы, представляют наибольший объем производства антипиренов (до 50 %), причем имеются надежные данные по безопасности применения для огнезащитной обработки тканей, в частности, таких соединений, как гидроксиды алюминия и магния, борат цинка, полифосфаты аммония.

Золь-гель технология обработки текстильных материалов

В последние годы большое внимание уделяется финишной отделке текстильных материалов с применением золь-гель процесса

для получения функциональных неорганических или органо-неорганических покрытий преимущественно на тканях. Золь-гель процесс осуществляется при температуре окружающей среды, не требует применения растворов с высокой концентрацией реагентов. Благодаря наличию большого количества разнообразных прекурсоров, золь-гель технология позволяет за один этап (рис.1) реализовать многофункциональные свойства покрытий, что невозможно традиционными методами отделки текстиля из-за несовместимости химических реагентов, и получить равномерное покрытие с высокой степенью гомогенности и устойчивостью к мокрым обработкам [8].

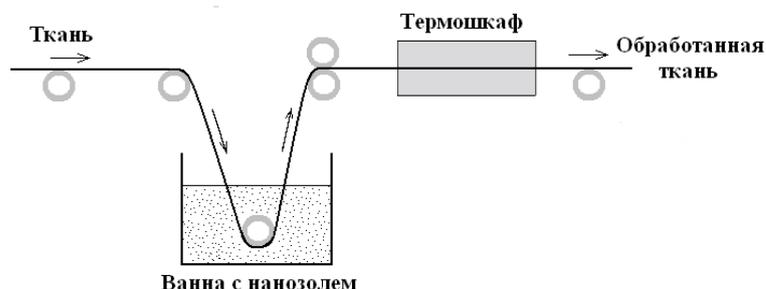


Рис. 1. Схема нанесения функционального золь-гель покрытия на текстильные материалы

Рис. 2 иллюстрирует процессы, происходящие в золь-гель системе. Исходное вещество (прекурсор), как правило, гидролизующееся соединение, при определенных условиях образует в растворе полимолекулы, полисольватированные группы, мицеллы, из которых затем формируются наночастицы золя (дис-

персной системы с жидкой дисперсионной средой и твердой нанодисперсной фазой). Из-за очень большой площади поверхности таких частиц нанозоли оказываются метастабильными, частицы легко агрегируют, образуя трехмерную структуру (гигантский кластер) — гель [9].



Рис. 2. Схема перехода истинный раствор → золь → гель

Водная золь-гель химия весьма сложна, с одной стороны, из-за высокой реакционной способности оксида металла в водной среде, с другой стороны, из-за необходимости строго контролировать большое количество параметров реакций, таких, как скорость гидролиза и конденсации предшественников оксидов металлов, pH, температура, способ смешивания, скорость окисления, характер и концентрация анионов и другие [10]. Все эти параметры определяют структуру и морфологию полученной оксидной сети. Кроме того, в золь-гель реакции могут быть синтезированы только наночастицы с аморфной структурой, в то время как в некоторых случаях требуется кристаллическая структура, получаемая лишь при последующей термообработке [11].

Преимуществом золь-гель технологии является возможность модификации нано-золь разными способами с целью получения новых или дополнительных функциональных свойств покрытий. Модификация может быть выполнена с применением химических или физических методов либо путем добавления определенных соединений к прекурсорах перед гидролизом, либо к готовым нано-золям. Химическая модификация осуществляется добавками, которые способны образовывать ковалентные связи с частицами оксида металла в процессе приготовления, или могут участвовать в совместной конденсации [11]. Применяя золь-гель технологию, можно получать смешанные оксиды, а также структуры ядро-оболочка, где ядро и оболочка представляют собой оксиды, различные по химической природе [12]. Чаще всего используют прекурсоры, содержащие ионы кремния, алюминия, титана, цинка и циркония.

Несмотря на сравнительно высокую сложность при осуществлении, золь-гель технология находит все более широкое применение для финишной обработки тканей с целью нанесения различных функциональных и полифункциональных покрытий, например, обладающих гидрофобными свойствами [13], антибактериальной, антимикробной и инсектицидной активностью [14], УФ защитой или фотокаталитической активностью [15, 16 и другие].

Новые возможности открываются с применением золь-гель процессов в технологии создания огнезащитных покрытий. Частицы нано-золей имеют диаметр в диапазоне от нескольких нанометров до 100 нм, а покрытия, образованные нано-золями, могут достигать толщины до нескольких сотен нанометров [17]. Отмечается [8, 11], что керамические фазы

(оксиды и гидратированные оксиды металлов), образующиеся на тканях, обработанных с применением золь-гель технологии, представляют собой объемные наноконкомпозиты, которые могут оказывать термозакранирующий эффект во время воздействия на ткань пламени или источника тепла вследствие создания физического неорганического барьера для кислорода и теплопередачи. Кроме того, этот барьер препятствует образованию летучих частиц, которые подпитывают дальнейшую деградацию текстиля, способствует образованию стабильного углеродистого и неорганического остатка [18]. Однако неорганические золь-гель покрытия способны оказывать лишь частичное экранирующее действие на тканевой основе из-за ее малой толщины, поэтому признано, что огнестойкость, обеспечиваемая керамическими золь-гель покрытиями, эффективна только при сочетании с другими огнестойкими активными веществами, такими как фосфор- и/или азотсодержащие соединения [8]. При проведении золь-гель процесса Р- и N-содержащие огнестойкие функциональные группы включаются в трехмерную полисилоксановую сеть как неотъемлемая часть сетевой архитектуры [19]. Этот метод позволяет формировать на текстильных волокнах и тканях пленки антипиренов нового типа (органонеорганические антипирены), эффективно сочетающие положительные функциональные свойства оксидов металлов и азот- и фосфорсодержащих соединений, минимизировать или полностью исключить применение галогенсодержащих веществ и тем самым снизить токсико-экологическую нагрузку на окружающую среду.

Огнезащитные золь-гель покрытия на основе диоксида кремния

Покрытия, содержащие диоксид кремния (кремнезем), наносимые на текстильные волокна и ткани, являются весьма распространенными неорганическими огнезащитными покрытиями. Для нанесения такого покрытия большие перспективы имеет золь-гель метод. В качестве прекурсоров могут быть использованы неорганические соединения кремния, например силикат натрия Na_2SiO_3 [6, 20], и кремнийорганические соединения, наиболее простыми среди которых являются тетраалкоксисиланы (рис.3(1)) с общей формулой $\text{Si}(\text{OR})_4$, где R — алкильный радикал, обычно это метил- или этил-радикалы ($-\text{CH}_3$ и $-\text{C}_2\text{H}_5$ соответственно).

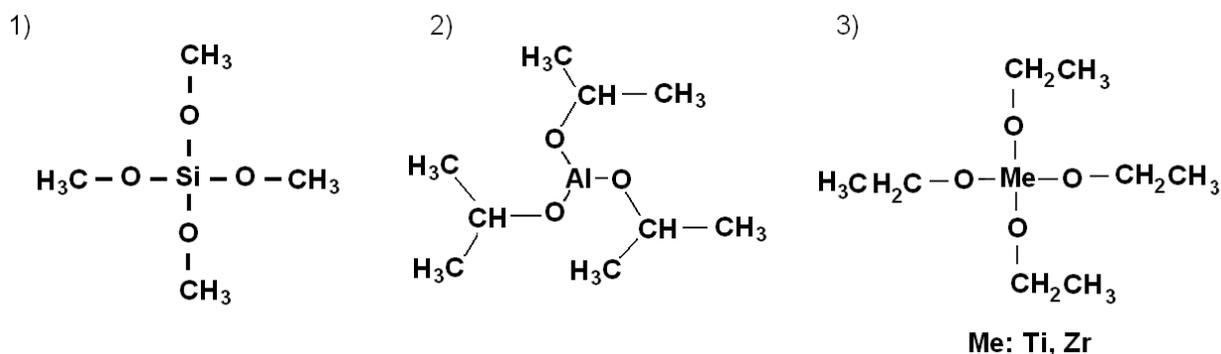
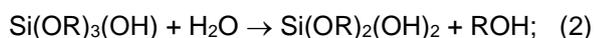
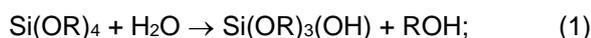
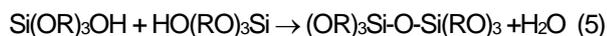


Рис.3. Структурные формулы алкоксидов: 1) тетраметоксисилан, 2) изопропоксид алюминия, 3) тетраэтоксид(титан/цирконий)

В водной или водно-органической слабо кислой среде (pH~5.0-5.5) тетраалкоксисиланы подвергаются ступенчатому гидролизу с образованием наночастиц кремнезоль по реакциям [21, 22]:



Образующиеся частично или полностью гидролизованные молекулы тетраалкоксисиланов вступают в реакции (поли)конденсации с выделением воды:



или с выделением спирта:



Реакции конденсации приводят к формированию фрагментов силоксановой сетки золя, а затем геля. Силанольные группы прекурсоров могут реагировать с поверхностью (гидроксильными группами) волокон с образованием водородных и ковалентных связей, а реакции конденсации сильно увеличивают адгезию полимерной пленки к волокну, влияют на степень ориентации полимерной сетки [23].

Полностью неорганические SiO₂ покрытия являются наиболее распространенными типами золь-гелевых огнезащитных покрытий, наносимых на текстильные материалы. Они обладают эффективными теплоизолирующими

свойствами, способны существенно снижать скорость распространения пламени, увеличивают углеродистый остаток после горения ткани, при этом уровень огнезащитного действия возрастает с уменьшением длины цепи алкильных радикалов в молекуле алкоксисилана [24].

Хотя для получения SiO₂-покрытий наиболее часто используют тетраметоксисилан, возможно расширение числа подходящих прекурсоров, в частности, содержащих различные негидролизующиеся функциональные органические группы, предпочтительно фосфор- и азотсодержащие группы, что приводит к возникновению синергического эффекта в огнезащитном действии этих компонентов покрытия [24-27]. Для допирования кремнийоксидного покрытия фосфором и азотом при использовании золь-гель технологии возможны три подхода [22]: 1) применение алкоксисиланов, содержащих в своем составе фосфатные или аминогруппы; 2) применение смесей индивидуальных алкоксисиланов с источником фосфорной кислоты; 3) применение алкоксисилана, содержащего фосфатные функциональные группы, введенными в фосфор- и азотсодержащие составы. В настоящее время показана эффективность применения в качестве прекурсоров, например, таких P- и N-содержащих алкоксисиланов, как диэтилфосфатэтилтриэтоксисилан (DPTES), 3-глицидоксипропилтриэтоксисилан (GPTES), 1-метилимидазолия хлорид пропилтриэтоксисилан (MCPTS), 1-пиридиния хлорид пропилтриэтоксисилан (PCPTS), N¹-(3-триметоксисилпропил)диэтилентриамин) и другие [28-31], и перечень этих соединений, применяемых в различных сочетаниях расширяется.

Получаемые с применением золь-гель технологии гибридные органо-неорганические покрытия на текстильных материалах обладают высокими защитными свойствами по сравнению с необработанными хлопчатобумажными, шелковыми и смесовыми тканями, в результате обработки существенно (в 1.5-2 раза и более) улучшаются показатели их огнестойкости и термостабильности при сохранении хороших потребительских свойств [25-31]. Покрытия из диоксида кремния, полученные золь-гель методом, способны модифицировать воспламеняемость хлопка в вертикальном положении за счет уменьшения его воспламеняемости при воздействии пламени, снижению скорости горения и увеличению общего времени горения [31]. Механизм действия гибридных органо-неорганических Si-P-N-содержащих покрытий основан на образовании на поверхности текстильных волокон защитного слоя, замедляющего горение и обеспечивающего снижение эмиссии горючих газов, для хлопка важными являются также процессы обезвоживания и обугливания волокон [27].

В качестве альтернативы покрытиям на основе диоксида кремния, полученного путем гидролиза алкоксисланов, рассматриваются другие оксидные фазы, синтезируемые из других алкоксидов-прекурсоров, содержащих алюминий, титан, цирконий, которые также можно наносить на текстильные волокна, причем все неорганические покрытия способны защищать, например, хлопчатобумажную ткань от прямого пламени [24].

Огнезащитные золь-гель металлоксидные покрытия

Золь-гель метод может быть успешно применен для получения покрытий, состоящих из гидратированного оксида алюминия - бемита $Al(OH)_3$. Бемит получают путем ступенчатого гидролиза соответствующих алкоксидов, например, изопророксида алюминия (рис.3(2)). Механизм огнезащиты в случае применения такого покрытия основан на его эндотермическом разложении с выделением воды, что приводит к охлаждению и эффектам разбавления пламени, кроме того он действует как катализатор окисления углеродистых остатков, уменьшающих соотношение CO/CO_2 , а оксиды, образующиеся при разложении, могут способствовать образованию изолирующего обугленного слоя, действующего как дополнительная защита материала [32]. В отличие от гидроксида алюминия $Al(OH)_3$, хорошо известного и широко применяемого антипирена, бемит способен улучшать обугливающие свойства, но не

так эффективен, как $Al(OH)_3$ в отношении огнестойкости. Однако бемит имеет слоистую структуру, аналогично другим слоистым структурам, таким как монтмориллонит, фторгекторит и гидроталькит, поэтому является перспективным компонентом композитных покрытий, которые при горении образуют керамические слои, выполняющие роль физического барьера для массо- и теплопередачи [33]. Бемит дегидратируется в диапазоне 100–300 °С с выделением воды, поэтому на первом этапе деградации хлопка летучие продукты термического разложения целлюлозы разбавляются, и воспламенение происходит значительно позже по сравнению с чистым хлопком, кроме того, керамический барьер из-за присутствия только что образовавшегося оксида алюминия препятствует дальнейшему сжиганию хлопка [34], в результате обработки полиэфирных тканей золев бемита в смеси с 3-глицидил-оксипропилтриметоксисиланом происходит увеличение общего времени горения и подавление каплеобразования [33]. В работе [35] было показано, что высокая огнестойкость смесовой ткани была достигнута добавлением менее чем 1 % (по отношению к весу ткани) оксида алюминия, и, несмотря на то, что происходило некоторое увеличение веса, ткань оставалась гибкой, дышащей и не претерпевала никаких ощутимых изменений в цвете или текстуре.

Представляет интерес применение золь-гель технологии для получения на текстильных материалах покрытий, содержащих диоксид титана TiO_2 . Наночастицы TiO_2 обладают уникальным сочетанием таких свойств, как высокая химическая и термическая стабильность, безопасность, способность к самоочищению, антибактериальная и фотопротекторная способность [16]. Установлено [36], что обработка хлопчатобумажной ткани наночастицами- TiO_2 (прекурсор – тетраизопропил титана) в присутствии поликарбоновой кислоты (1,2,3,4-бутантетракарбоновой кислоты) с гипофосфитом натрия в качестве катализатора и фосфатом хитозана существенно повышает термическую стабильность ткани, а выделяемые при термическом разложении летучие компоненты не имеют запаха. Этот эффект авторы характеризуют как синергический и объясняют способностью TiO_2 , хитозанфосфата и поликарбоновой кислоты при их сочетании стабилизировать структуру хлопчатобумажной ткани и направлять термическое разложение по пути, который дает менее летучие и негорючие компоненты.

При сопоставительном исследовании огнезащитных свойств оксидов кремния, алюминия, титана и циркония, нанесенных с применением золь-гель технологии в нанодиспергированном состоянии, в работе [24] установлено, что образующиеся оксиды способствуют увеличению общего времени горения и образованию большего количества полукокса по сравнению с необработанным хлопком, причем оксиды Ti и Zr действуют эффективнее по сравнению с оксидами Si и Al. Авторы данной работы предполагают, что ионы Ti и Zr катализируют разложение целлюлозы быстрее, чем Si и Al, вызывая обезвоживание, но, в то же время, способствуя обугливанню. Сравнение характеристик всех обработанных образцов показало, что все неорганические покрытия являются эффективными антипиренами для хлопка, и по своей эффективности располагаются в ряд: $TiO_2 > SiO_2 > Al_2O_3 > ZrO_2$. Следует отметить, что диоксид кремния и оксид алюминия способны вызывать образование густого, компактного и плотного осадка, при этом диоксид титана и диоксид циркония образуют тонкую прозрачную пленку, но во всех случаях алкоксидные фазы позволяют сохранить первоначальную структуру ткани, несмотря на образование осадка.

Золь-гель метод в условиях гидротермального воздействия был применен для модификации хлопкового волокна оксидом цинка ZnO [37]. Было показано, что оксид цинка эффективен как антипирен даже в отсутствие органических ингибиторов горения. Частицы ZnO образовывали на хлопковой поверхности равномерное защитное покрытие, в результате чего наблюдается более низкий пик тепловыделения и более низкая скорость распространения пламени. Однако отсутствие самозатухания предполагает необходимость использовать ZnO в сочетании с другими химическими веществами, которые могут улучшить данную характеристику покрытия. Вместе с тем, оксид цинка следует считать перспективным компонентом полифункциональных покрытий благодаря его низкой теплопроводности, высокой механической прочности, воздухопроницаемости, УФ-поглощению, благоприятному индексу белизны и биосовместимости в сочетании с удовлетворительными огнезащитными свойствами. Кроме того, нанесенные ZnO-покрытия

равномерно распределены не только на поверхности пряжи, но и в глубине текстильного материала, что делает их устойчивыми к эксплуатационным воздействиям, в том числе к мокрым обработкам [15].

Наличие неорганических покрытий на текстильной поверхности изменяет характеристики горения хлопка: задерживается загорание ткани, значительно снижается скорость тепловыделения. Экспериментально показано [24], что такое воздействие наночастиц оксидов связано с удержанием воды в покрытии, которая непосредственно перед горением хлопка играет важную роль, потому что она способна отсрочить возгорание целлюлозы, испаряясь и разбавляя летучие продукты ее разложения.

Заключение

Исследования последних десятилетий показывают, что эффективные, но токсичные галогенсодержащие антипирены, применяемые для отделки текстильных материалов, могут быть успешно заменены составами на основе наночастиц неорганических оксидов, модифицированных фосфор- и/или азотсодержащими соединениями. Перспективным путем получения таких покрытий является золь-гель технология, которая может быть легко вписана в существующие технологические процессы отделки текстильных материалов различной природы. Применение золь-гель технологии позволяет получать multifunctionальные покрытия, которые, наряду с огнезащитными свойствами, одновременно могут проявлять фотокаталитические свойства и так называемую способность к самоочищению, а так же возможность поглощения ультрафиолетового и теплового излучения. Золь-гель покрытия в условиях их оптимального получения не ухудшают потребительские свойства ткани, такие, как комфорт, прозрачность и износостойкость натурального волокна. Необходимо подчеркнуть, что большинство рассмотренных материалов-модификаторов текстиля являются химически инертными, применяются в значительно более низких концентрациях по сравнению с традиционными технологиями обработки тканей, и в процессе утилизации изделий не наносят урона окружающей среде.

Список литературы/ References

1. Horrocks A. R. Textiles. Fire retardant materials. Chapter 4 / Ed. by Horrocks A. R. and Price D. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2014. pp.128–181.

2. Grover T., Khandual A., Luximon A. Fire Protection: Flammability and textile fibres. Colourage, 2014, No. 5, pp. 39–46.

3. Малых А. Р. Ассортимент современных огнестойких текстильных материалов // Концепт: Научно-методический электронный журнал. 2016. Т. 3. С. 116–120. <http://e-koncept.ru/2016/56035.htm>; Malykh A. R. Assortiment sovremennykh ognestoykikh tekstil'nykh materialov [Range of modern flame retardant textile materials]. *Kontsept. Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal*, 2016, vol. 3, pp. 116–120. <http://e-koncept.ru/2016/56035.htm>).

4. Способы и средства огнезащиты текстильных материалов. М.: ВНИИПО, 2004. 48 с.; *Sposoby i sredstva ognezashchity tekstil'nykh materialov*. [Methods and means of fire protection of textile materials]. М.: VNIPO, 2004. 48 p.

5. Purser D. Toxicity of fire retardants in relation to life safety and environmental hazards. Fire retardant materials, Ed. A. R. Horrocks and D. Price. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England, 2001. pp. 69–127.

6. Абдулин И. А., Валиева З. З., Валева Н. Х. Разработка огнезащитного состава для текстильных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2010. Т. 13. № 10. С. 534–537

7. Nazaré S. Environmentally friendly flame-retardant textiles. Sustainable Textiles, 2009, pp. 339–368. DOI:10.1533/9781845696948.2.339.

8. Malucelli G. Surface-Engineered Fire Protective Coatings for Fabrics through Sol-Gel and Layer-by-Layer Methods: An Overview. Coatings, 2016, vol. 6, no. 3, 33 (23 p.). DOI:10.3390/coatings6030033.

9. Максимов А. И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель технологии нанокompозитов. СПб.: ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор». 2008. 255 с.

10. Ichinose I., Kawakami T., Kunitake T. Alternate molecular layers of metal oxides and hydroxyl polymers prepared by the surface sol-gel process. Advanced Materials, 1998, vol. 10, no. 7, pp. 535–539. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-4095\(199805\)10:7<535::AID-ADMA535>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-4095(199805)10:7<535::AID-ADMA535>3.0.CO;2-Q).

11. Malucelli G., Carosio F., Alongi J., Fina A., Frache A., Camino G. Materials engineering

for surface-confined flame retardancy. Materials Science and Engineering: R, 2014, Reports 84(1):1–20. DOI: 10.1016/j.mser.2014.08.001.

12. Kong D. Y., Yu M., Lin C. K., Liu X. M., Lin J., Fang J. Sol-gel synthesis and characterization of Zn₂SiO₄:Mn@SiO₂ spherical core-shell particles. Journal of The Electrochemical Society, 2005, vol. 152, no. 9, pp. 146–151. DOI: 10.1149/1.1990612.

13. Colleoni C., Guido E., Migani V., Rosace G. Hydrophobic behaviour of non-fluorinated sol-gel based cotton and polyester fabric coatings. Journal of Industrial Textiles, 2015, vol. 44, no. 6, pp. 815–834. DOI: 10.1177/1528083713516664.

14. Poli R., Colleoni C., Calvimontes A., Polášková H., Dutschk V., Rosace G. Innovative sol-gel route in neutral hydroalcoholic condition to obtain antibacterial cotton finishing by zinc precursor. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2015, vol. 74, no. 1, pp. 151–160. DOI: 10.1007/s10971-014-3589-9.

15. Vihodceva S., Kukle S. Cotton Textile Surface Investigation Before and After Deposition of the ZnO Coating by Sol-gel Method. Journal of Nano- and Electronic Physics, 2013, vol. 5, no. 1, pp. 1-5. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/30942>.

16. Galkina O. L., Sycheva A., Blagodatkiy A., Kaptay G., Katanaev V. L., Seisenbaeva G. A., Kessler V. G., Agafonov A. V. The sol-gel synthesis of cotton/TiO₂ composites and their antibacterial properties. Surface and Coatings Technology, 2014, vol. 253, no. 8, pp. 171–179. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2014.05.033.

17. Niederberger M., Pinna N. Metal Oxide Nanoparticles in Organic Solvents Synthesis, Formation, Assembly and Application. Springer, London, UK, 2009. 222 p. DOI: 10.1007/978-1-84882-671-7

18. Alongi J., Malucelli G. State of the art and perspectives on sol-gel derived hybrid architectures for flame retardancy of textiles. Journal of Materials Chemistry, 2012, vol. 22, no. 41, pp. 21805–21809. DOI: 10.1039/c2jm32513f.

19. Brinker J. C., Scherer G. W. Sol-gel science: the physics and chemistry of sol-gel processing. San Diego: Academic Press, 1990, 462 p.

20. Basak S., Samanta K. K., Chattopadhyay S. K., Das S., Narkar R., Dsouza C., Shaikh A. H. Flame Retardant and Antimicrobial Ligno-cellulosic Fabric using Sodium Metasilicate Nonahydrate. Journal of Scientific and Industrial Research, 2014, vol. 73, no. 9, pp. 601–606.

21. Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G. Sol-gel treatments for enhancing flame retardan-

cy and thermal stability of cotton fabrics: optimization of the process and evaluation of the durability. *Cellulose*, 2011, vol. 18, no. 2, pp. 167–177. DOI: 10.1007/s10570-010-9470-2.

22. Malucelli G., Yusuf M. Sol–Gel Flame Retardant and/or Antimicrobial Finishings for Cellulosic Textiles / *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing*. Scrivener Publishing LLC, 2018, pp. 501–520. DOI: 10.1002/9781119407850.ch18.

23. Vasiljević J., Hadžić S., Jerman I., Černe L., Tomšič B., Medved J., Godec M., Orel B., Simončič B. Study of flame-retardant finishing of cellulose fibres: Organic-inorganic hybrid versus conventional organophosphonate. *Polymer Degradation and Stability*, 2013, vol. 98, no. 12, pp. 2602–2608. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2013.09.020.

24. Alongi J., Ciobanu M., Malucelli G. Thermal stability, flame retardancy and mechanical properties of cotton fabrics treated with inorganic coatings synthesized through sol-gel processes. *Carbohydrate Polymers*, 2012, vol. 87, pp. 2093–2099. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.10.032.

25. Malucelli G., Rosace G. *Advances in Phosphorus-Based Flame Retardant Cotton Fabrics*. New York, NY, USA Nova Science Publishers. 2019.

26. Alongi J., Colleoni C., Rosace G., Malucelli G. Phosphorus- and nitrogendoped silica coatings for enhancing the flame retardancy of cotton: synergisms or additive effects? *Polymer Degradation and Stability*, 2013, vol. 98, no. 2, pp. 579–589. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.11.017.

27. Kappes R. S., Urbainczyk T., Artz U., Textor T., Gutmann J. S. Flame retardants based on amino silanes and phenylphosphonic acid. *Polymer Degradation and Stability*, 2016, vol. 129, no. 4, pp. 168–179. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2016.04.012.

28. Alongi J., Colleoni C., Malucelli G., Rosace G. Hybrid phosphorus-doped silica architectures derived from a multistep sol-gel process for improving thermal stability and flame retardancy of cotton fabrics. *Polymer Degradation and Stability*, 2012, vol. 97, no. 8, pp. 1334–1344. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2012.05.030.

29. Rosace G., Colleoni C., Guido E., Malucelli G. Phosphorus-Silica Sol-Gel Hybrid Coat-

ings for Flame Retardant Cotton Fabrics. *Tekstilec*, 2017, vol. 60, no. 1, pp. 29–35. DOI: 10.14502/Tekstilec2017.60.29-35.

30. Boukhriss A., Gmouh S., Hannach H., Roblin J. P., Cherkaoui O., Boyer D. Treatment of cotton fabrics by ionic liquid with PF₆⁻ anion for enhancing their flame retardancy and water repellency. *Cellulose*, 2016, vol. 23, no. 5, pp. 3355–3364. DOI: 10.1007/s10570-016-1016-9.

31. Zhang Q.-H., Zhang W., Chen G.-Q., Xing T.-L. Flame Retardant Finish of Silk Fabric with Dimethyl Phosphonate Doped Silica Sol. 2nd Annual International Conference on Advanced Material Engineering (AME 2016), pp. 877–883. DOI: 10.2991/ame-16.2016.143.

32. Zhang J., Ji Q., Zhang P., Xia Y., Kong Q. Thermal stability and flame-retardancy mechanism of poly(ethylene terephthalate)/boehmite nanocomposites. *Polymer Degradation and Stability*, 2010, vol. 95, no. 7, pp. 1211–1218. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2010.04.001.

33. Guido E., Alongi J., Colleoni C., Di Blasio A., Carosio F., Verelst M., Malucelli G., Rosace G. Thermal stability and flame retardancy of polyester fabrics sol-gel treated in the presence of boehmite nanoparticles. *Polymer Degradation and Stability*, vol. 98, no. 9, pp. 1609–1616. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2013.06.021.

34. Alongi J., Brancatelli G., Rosace G. Thermal properties and combustion behavior of POSS- and boehmite-finished cotton fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 2012, vol. 123, no. 1, pp. 426–436. DOI: 10.1002/app.34476.

35. O'Brien S., Cosgrave L., Lodge V., Povey I. M. Atomic Layer Deposition on Fabrics for Flame Resistance. *ECS Transactions*, 2015, vol. 66, no. 40, pp. 31–35. DOI: 10.1149/06640.0031ecst.

36. El-Shafei A., El Shemy M., Abou-Okeil A. Eco-friendly finishing agent for cotton fabrics to improve flameretardant and antibacterial properties. *Carbohydrate Polymers*, 2015, vol. 118, pp. 83–90. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.11.007.

37. Wang Y.-W., Shen R., Wang Q., Vasquez Y. ZnO Microstructures as Flame-Retardant Coatings on Cotton Fabrics. *ACS Omega*, 2018, vol. 3, no. 6, pp. 6330–6338. DOI: 10.1021/acsomega.8b00371.

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

Гришина Елена Павловна

ФГБУН Институт химии растворов им. Г. А. Крестова Российской академии наук,
Российская Федерация, г. Иваново

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор

E-mail: EPGrishina@yandex.ru

Grishina Elena Pavlovna

G. A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation, Ivanovo

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of
State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination
of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

doctor of technical sciences, professor

E-mail: EPGrishina@yandex.ru

УДК 614.8.084

К ВОПРОСУ РАНЖИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ РИСКА НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

О. Г. ЗЕЙНЕТДИНОВА, П. В. ДАНИЛОВ, А. К. КОКУРИН, С. П. ТЯПОЧКИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: zeinet@bk.ru

На основании результатов расчетов возможной обстановки, данных об оснащенности техническими средствами предупреждения ЧС авторами проанализированы риск и возможные последствия возникновения ЧС на химически опасных объектах на территории Центрального федерального округа. Определены перспективы дальнейшего совершенствования систем, определяющих формирование управленческих решений на потенциально опасных территориях.

Ключевые слова: защита населения, химическое заражение, риск возникновения аварии, чрезвычайная ситуация.

ON THE ISSUE OF RANKING POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS BY THE DEGREE OF DANGER TO THE POPULATION AND TERRITORIES BY RISK INDICATORS ON THE TERRITORY OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

O. G. ZEYNETDINOVA, P. V. DANILOV, A. K. KOKURIN, S. P. TYAPOCHKIN

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: zeinet@bk.ru

Based on the results of calculations of the possible situation, data on the equipment of technical means of emergency prevention, the authors analyzed the risk and possible consequences of an emergency at chemically hazardous facilities in the Central Federal District. The prospects for further improvement of the systems that determine the formation of management decisions in potentially dangerous areas are determined.

Key words: protection of the population, chemical contamination, risk of an accident, emergency.

Основу химической промышленности составили производства непрерывного цикла, производительность которых не имеет, по существу, естественных ограничений. Постоянный рост производительности обусловлен значительными экономическими преимуществами крупных установок. Как следствие, возрастает содержание опасных веществ в технологических аппаратах, что сопровождается возникновением опасностей катастрофических пожаров, взрывов, токсиче-

ских выбросов и других разрушительных явлений.

Безопасность функционирования химически опасных объектов зависит от многих факторов: физико-химических свойств сырья, полупродуктов и продуктов, от характера технологического процесса, от конструкции и надежности оборудования, условий хранения и транспортирования химических веществ, состояния контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т.д. Кроме того, безопасность производства, использования и хранения аварийно химически опасных веществ (далее —

АХОВ) в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, системы надзора за состоянием технических средств противоаварийной защиты.

Наличие такого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования химически опасных объектов, делает эту проблему крайне сложной. Как показывает анализ причин крупных аварий, сопровождаемых выбросом (утечкой) АХОВ, на сегодняшний день нельзя исключить возможность возникновения аварий, приводящих к поражению производственного персонала.

Уменьшить возможные потери, защитить людей от поражающих факторов аварий на химически опасных объектах можно проведением специального комплекса мероприятий. Часть этих мероприятий проводится заблаговременно, другие осуществляются постоянно, а третьи — с возникновением угрозы аварии и с ее началом. В настоящее время актуальным и перспективным является комплекс мероприятий прогнозно-аналитического характера, требующий глубокого анализа существующих систем предупреждения чрезвычайных ситуаций.

В результате проведенной работы был проанализирован риск и возможные последствия возникновения ЧС на химически опасных объектах на территории Центрального федерального округа (далее — ЦФО). При этом полученные результаты были использованы для расчетов возможной обстановки в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

На данный момент на территории Центрального Федерального округа находится 269 химически опасных объектов. С учетом перекрестного заражения на территории ЦФО можно выделить 227 зон химического заражения, с численностью населения, проживающего на данных территориях более 1,9 миллионов человек.

На первом месте по количеству объектов, имеющих запасы химически опасных веществ, стоит Московская область (60 объектов). При этом, из них только семь оборудованы автоматизированной системой контроля выброса аварийных веществ (АСКАВ), которая имеет вывод информации от системы в центре управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) МЧС России.

В Белгородской области из 24 химически опасных объектов только три имеют систему контроля выброса аварийных веществ без подключения к оперативной системе ЦУКС

МЧС России. В Ивановской области из 13 предприятий ни одно не имеет вышеупомянутой системы контроля. Аналогичная ситуация наблюдается в Тверской, Рязанской, Костромской, Владимирской областях. Следует отметить, что на территории Воронежской области из 23 предприятий, относящихся к химически опасным, 19 имеют системы контроля выброса, и все эти системы выведены на ЕДДС муниципальных образований [1].

Таким образом, проведенный анализ показал, что из 269 химически опасных объектов на территории Центрального федерального округа автоматизированными системами контроля выброса аварийных веществ оборудовано 82, что составляет 30,4 % от общего количества (см. рисунок).

Кроме того, своевременно получить информацию о предпосылке к чрезвычайной ситуации и о факте чрезвычайной ситуации, минуя различные уровни органов повседневного управления, возможно только с 14 объектов, что составляет 5,2 %.

Кроме того, был проведен анализ обеспеченности средствами индивидуальной защиты населения согласно нормам. В результате данный показатель для Центрального федерального округа составил 95,7 %.

Сложившаяся ситуация требует внедрения специализированных программно-аналитических комплексов, позволяющих принимать скоординированные управленческие решения на всех этапах прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах.

В настоящее время мы имеем достаточно актуальное оснащение системами предупреждения и ликвидации ЧС для аварий в различных сферах. К наиболее успешным и востребованным информационным системам федеральных органов исполнительной власти можно отнести информационные системы ВСМК (Минздрав), «ПК ЦУП» (Минтранс Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), комплексная интегрированная информационная система (КИИС) «МоРе», система мониторинга морских транспортных судов «ВИКТОРИЯ» (Минтранс), отраслевая система мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов «МКИ ОСМ (Минсельхоз ФА по рыболовству), «АИС ГМВО», Российский регистр ГТС РФ (Минприроды ФА водных ресурсов Росводоресурсы), Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации (Минприроды ФА по недропользованию (Роснедра), автоматизированная ин-

формационная система дистанционного мониторинга Рослесхоза (АИСДМ) (Минприроды), единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)

(Минприроды (Росгидромет), автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО Росатома) [2].

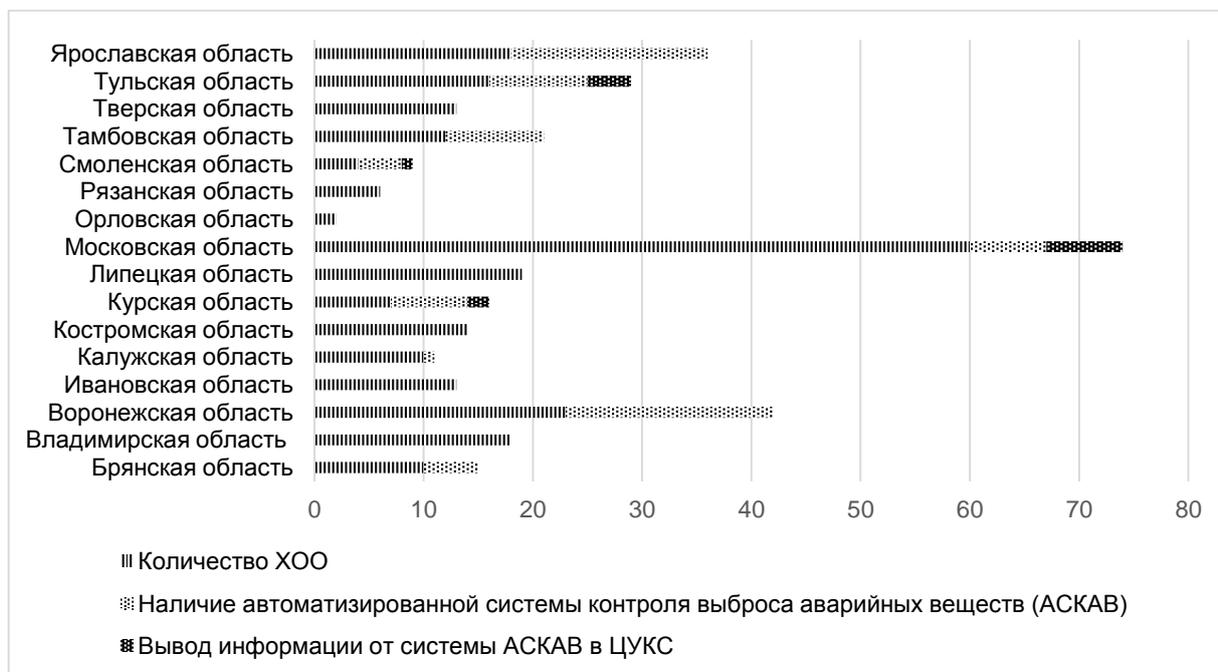


Рисунок. Обеспеченность химически опасных объектов на территории ЦФО автоматизированными системами контроля выброса аварийных веществ

Также существует целый спектр программ, позволяющих оценить ситуацию при авариях на химически опасных объектах. Существенными достоинствами наиболее информативных в плане принятия управленческих решений программных продуктов является:

1. Понятный и доступный интерфейс;
2. Возможность выбора из базы данных химически опасного предприятия с имеющейся информацией о руководстве, месте расположения;
3. Возможность ввода реальной метеообстановки;
4. Графическое отображение распространения облака;
5. Вывод необходимой отчетной документации.

При сравнении программного комплекса ЦИЭКС (Центра исследования экстремальных ситуаций) и САУР (Информационно-аналитическая система анализа и управления рисками) можно сделать вывод, что данные программные продукты имеют одинаковое назначение и выполняют задачи в полном объеме. Но каждая из представленных про-

грамм имеет свои отличительные особенности. При детальном рассмотрении программный комплекс ЦИЭКС имеет более широкий список расчетных задач; в свою очередь информационная система САУР выполняет моделирование чрезвычайной ситуации, но и также производит оценку возможного риска. В связи с чем в ходе возникновения чрезвычайной ситуации целесообразно выполнять расчеты по двум программам в целях получения более полной информации из сформированных отчетов.

В целом, процедура управления рисками должна базироваться на интегральном подходе, первые этапы которого заключаются в следующем:

- идентификация всех источников риска для здоровья населения и окружающей среды в пределах данного региона;
- анализ и выделение приоритетных источников риска.

Анализируемые данные по химически опасным объектам чрезвычайно многоплановы, но преимущественно в их основе лежат те, которые дают понимание масштабов распространения. Эта позиция делает картографический ме-

тод исследования наиболее удобным методом анализа.

Для формирования целостной картины развития опасной ситуации наиболее целесообразно внедрение ранжирования (сравнительной характеристики) химически-опасного объекта, что требует введения понятия «Интегральный показатель ранжирования» химически опасных объектов по выбранному критерию. Критерием, по которому проводится ранжирование должен быть поражающий фактор. При авариях на химически-опасных объектах основным критерием для ранжирования является заражение АХОВ территории, которое приводит к потерям среди персонала и населения. Однако следует, отметить, что площади зон возможного и фактического химического заражения и факторы, их определяющие, не могут являться ключевыми показателями для отнесения опасного предприятия к конкретному рангу. Возможные санитарные и безвозвратные потери также определяются целым рядом показателей (характер застройки, плотность населения).

На основании имеющихся данных мы провели ранжирование 269 химически опасных объектов на территории Центрального федерального округа и получили список наиболее опасных. В качестве критериев ранжирования мы выбирали площадь возможного заражения, количество населения, попавшего в зоны возможного и фактического заражения, а также

количество санитарных и безвозвратных потерь. Расчеты проводили по наихудшему сценарию развития ситуации с учетом погодных условий и «розы ветров». К наиболее опасным объектам относятся ПАО «Дорогобуж» Смоленская область (площадь возможного заражения 161,38 кв. км., количество людей, проживающих на этой территории 9636 человек, возможное количество потерь 293 человека), АО «Липецкий хладокомбинат» Липецкая область (площадь возможного заражения 2,21 кв. км., количество людей, проживающих на этой территории 1488 человек, возможное количество потерь 15 человек), ОАО «Рязанский хладокомбинат» Рязанская область (площадь возможного заражения 0,74 кв. км., количество людей, проживающих на этой территории 1051 человек, возможное количество потерь 35 человек), ОАО «Коломна-Сервис-Холод» Московская область (площадь возможного заражения 1,48 кв. км., количество людей, проживающих на этой территории 516 человек, возможное количество потерь 17 человек) [3].

Проведенный анализ дает возможность в относительно сжатые сроки установить приоритеты в выборе тех объектов ЦФО, для которых необходимо проводить первоочередные меры по снижению рисков и, кроме того, включить их в перечень объектов, которые требуют повышенного внимания со стороны государственных органов контроля и управления.

Список литературы

1. Горбунов С. В., Грязнов С. Н., Ильков А. В. Организация мониторинга прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. № 2 (9). С. 56–70.
2. Белов В. Р. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. М: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013. 351 с.
3. Шапошников М. Р. Применение информационно-аналитических технологий в области защиты населения и территорий от ЧС // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1 (7). С. 199–203.

References

1. Gorbunov S. V., Gryaznov S. N., Il'kov A. V. Organizaciya monitoringa prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij [Organization of monitoring forecasting of emergency situations]. *Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya*, 2015, issue 2(9), pp. 56–70.
2. Belov V. R. *Sovremennyye sistemy monitoringa i prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij* [Modern system of monitoring and forecasting of emergency situations]. Moscow: FKV CSI GZ MChS Rossii, 2013. 351 p.
3. Shaposhnikov M. R. *Primenenie informacionno-analiticheskikh tekhnologij v oblasti zashchity naseleniya i territorij ot CHS* [Application of information and analytical technologies in the field of protection of the population and territories from emergencies]. *Sovremennyye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*, 2016, issue 1(7), pp. 199–203.

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

Зейнетдинова Ольга Геннадьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

доцент, кандидат биологических наук, доцент

E-mail: zeinet@bk.ru

Zeinetdinova Olga Gennad'evna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of biological Sciences, associate Professor, associate Professor of unit

E-mail: zeinet@bk.ru.

Данилов Павел Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

старший преподаватель

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Danilov Pavel Vladimirovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

senior lecturer

E-mail: KGZiUii@mail.ru

Кокурин Алексей Константинович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

ученый секретарь Ученого совета

кандидат исторических наук

E-mail: kokurin@mail.ru

Kokurin Aleksey Konstantinovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Academic Secretary of the Academic Council

candidate of historical sciences

E-mail: kokurin@mail.ru

Тяпочкин Сергей Петрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

магистр

E-mail: typochkin@rambler.ru

Tyapochkin Sergey Petrovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Master of Science

E-mail: typochkin@rambler.ru

УДК 66.011:66.023

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЕМКОСТНОМ АППАРАТЕ

С. В. НАТАРЕЕВ^{1,2}, М. А. БАКИН¹, Д. Г. СНЕГИРЕВ²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,
Российская Федерация, г. Иваново

^{1,2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: natoret@mail.ru

Водоснабжение в чрезвычайных ситуациях – это совокупность мероприятий по забору воды из природных источников, её очистке, транспортированию и подаче потребителям: населению, промышленным предприятиям, подразделениям МЧС и т.п. [1]. Надежность систем водоснабжения в первую очередь определяется достаточным уровнем знаний об инженерных сооружениях, обеспечивающих потребителей водой в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями её качества. При водоочистке происходит удаление из воды нежелательных химических веществ, биологических загрязнителей, взвешенных твердых частиц и газов. Одним из наиболее эффективных методов очистки воды от ионов тяжелых металлов является метод ионного обмена. Для проведения данного процесса целесообразно применение аппаратов непрерывного действия. Эти аппараты должны работать в стационарном неизменном во времени режиме. Время выхода аппарата на стационарный режим в период его пуска является одной из важных характеристик. Данная работа посвящена разработке математического описания переходного процесса ионного обмена в емкостном аппарате непрерывного действия. При разработке модели были использованы следующие допущения: равновесие между ионитом и раствором описывается уравнением адсорбции Ленгмюра, скорость процесса лимитируется внутренней диффузией, идеальное перемешивание ионита и раствора в рабочем объеме аппарата, ионит представляет собой зерна сферической формы. Математическое описание включает следующие уравнения: уравнение диффузии целевого компонента в зерне ионита, уравнение изотермы ионного обмена, уравнение для определения средней концентрации вещества в зерне ионита, уравнение материального баланса аппарата идеального смешения, начальные и граничные условия. Разработанная математическая модель используется для исследования сорбции ионов меди на катионите Lewatit S–100 в емкостном аппарате непрерывного действия.

Ключевые слова: ионный обмен; емкостной аппарат; переходный процесс; математическая модель.

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL FOR WATER PURIFICATION BY THE METHOD OF ION EXCHANGE FROM SALTS OF HEAVY METALS IN A CAPACITIVE APPARATUS

S. V. NATAREEV, M. A. BAKIN, D. G. SNEGIREV*

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo State University of Chemistry and Technology»,
Russian Federation, Ivanovo

*Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: natoret@mail.ru

Water supply in emergency situations is a set of measures for taking water from natural sources, treating water, transporting water and supplying water to the consumer. The population, industrial enterprises, emergency departments and other consumers receive water of the required volume and quality. The reliability of water supply systems depends on the level of knowledge about engineering structures. The remov-

al of unwanted chemicals, biological contaminants, suspended solids and gases occurs during the water purification process. The ion exchange method is one of the most effective methods of water purification from metal ions. It is advisable to carry out water purification in continuous apparatus. The mathematical description of the transition process of solution purification from heavy metal ions in a continuous capacitive apparatus was developed. At the developing mathematical description, the following assumptions were used: the ion ex-change equilibrium is described by Langmuir equation, the rate of the process is limited in-ternal diffusion, the flow pattern of the liquid and solid phases in the apparatus is described by the perfect mixing model, the grain of the ion exchanger have a spherical shape. Mathematical description includes the following equations: the diffusion equation of ionite, isotherm equation ion exchange, the equation for average concentration of the substance in the ionite, the material balance equation for a perfect mixing apparatus, continuous capacitive apparatus was developed. The developed mathematical model is used to study the sorption of copper ions on cationite Lewatit S–100 in the continuous capacitive apparatus.

Key words: ion exchange; capacitive apparatus; transition process; mathematical model.

Водоснабжение в чрезвычайных ситуациях — это совокупность мероприятий по забору воды из природных источников, её очистке, транспортированию и подаче потребителям: населению, промышленным предприятиям, подразделениям МЧС и т.п. [1]. Надежность систем водоснабжения в первую очередь определяется достаточным уровнем знаний об инженерных сооружениях, обеспечивающих потребителей водой в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями её качества. При водоочистке происходит удаление из воды нежелательных химических веществ, биологических загрязнителей, взвешенных твердых частиц и газов. Одним из наиболее эффективных методов очистки воды от ионов тяжелых металлов является метод ионного обмена. Для проведения данного процесса целесообразно применение аппаратов непрерывного действия, которые по сравнению с аппаратами периодического действия имеют ряд неоспоримых преимуществ: вся масса ионита, загруженная в аппарат, участвует в ионном обмене, меньше удельный расход ионита на 1 м³ обрабатываемой воды, лучше используется обменная емкость ионита, полная автоматизация работы ионообменной установки и др.

Аппараты непрерывного действия должны работать в стационарном неизменном во времени режиме. Время выхода аппарата на стационарный режим в период его пуска является одной из важных характеристик. Изучение так называемого переходного режима позволяет более точно спрогнозировать время начала подачи потребителю очищенной воды, которое часто является важнейшим фактором в чрезвычайных ситуациях.

Данная работа посвящена разработке математического описания переходного процесса ионного обмена в емкостном аппарате

непрерывного действия с мешалкой. При разработке модели были использованы следующие допущения: равновесие между ионитом и раствором описывается уравнением адсорбции Ленгмюра, скорость процесса лимитируется внутренней диффузией, структура потоков твердой и жидкой фаз описывается моделью идеального смешения, ионит представляет собой зерна сферической формы.

С учетом принятых допущений математическое описание процесса ионного обмена включает следующие уравнения:

- уравнение диффузии в зерне сферической формы:

$$\frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial \tau} = D \left[\frac{\partial^2 \bar{C}(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \right]; \quad (1)$$

- уравнение материального баланса:

$$V \frac{d\bar{C}_{cp}(\tau)}{d\tau} + V \frac{dC(\tau)}{d\tau} = Q[C_{ex} - C(\tau)] + Q[\bar{C}_{cp,ex} - \bar{C}_{cp}(\tau)]; \quad (2)$$

- уравнение для определения средней концентрации сорбируемого вещества в зерне ионита:

$$\bar{C}_{cp}(\tau) = \frac{3}{r_0^3} \int_0^{r_0} r^2 \bar{C}(r, \tau) dr; \quad (3)$$

- начальные и граничные условия:

$$\bar{C}(r, \tau) \Big|_{\tau=0} = \bar{C}_{cp}(\tau) \Big|_{\tau=0} = \bar{C}_{cp,0}; \quad (4)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0; \quad (5)$$

$$\bar{C}(r, \tau) \Big|_{r=r_0} = a_0 \frac{kC}{1+kC}; \quad (6)$$

$$C(\tau) \Big|_{\tau=0} = C_0, \quad (7)$$

где a_0 – обменная емкость ионита, кг-экв/м³; C и \bar{C} – концентрация сорбируемого вещества в растворе и ионите, соответственно, кг-экв/м³; \bar{D} – коэффициент диффузии в ионите, м²/с; V и \bar{V} – объем раствора и ионита, соответственно, м³; Q и \bar{Q} – расход раствора и ионита, соответственно, м³/с; r – радиальная координата внутри зерна, м; r_0 – радиус зерна, м; k – константа изотермы Ленгмюра, м³/кг-экв; τ – время, с; индексы: *вх* – входящий, *ср* – средний, *0* – начальный.

Для проверки адекватности математической модели реальному процессу была создана лабораторная установка (рис. 1), в состав которой входили емкостной аппарат с мешалкой 1, емкости для исходного 2 и очищенного 3 растворов, емкости для исходного 4 и отработанного 5 ионитов, дозаторы ионита 6 и 7, ротаметр 8, центробежный насос 9, вентили 10–12. Аппарат имел цилиндрическую обечайку и эллиптическое днище. Для перемешивания суспензии использовали двухлопастную пропеллерную мешалку.

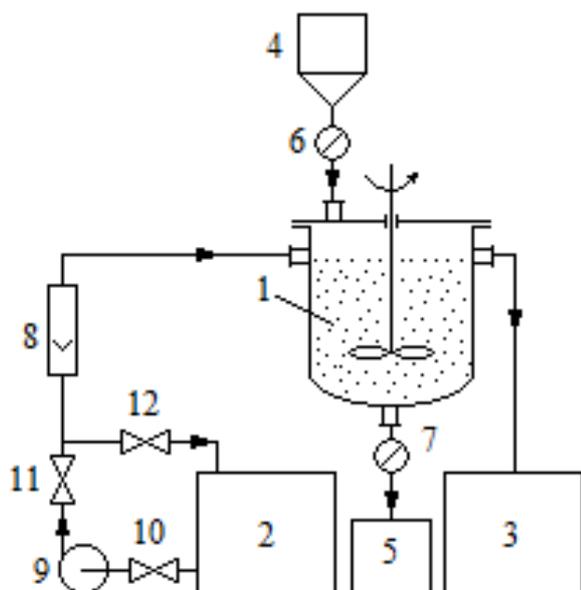


Рис. 1. Схема установки для изучения процесса ионного обмена в емкостном аппарате

Для проведения эксперимента в аппарат 1 помещали определенные объемы ионита и раствора с концентрацией в последней, равной концентрации раствора на входе в аппарат. Затем в аппарат 1 насосом 9 из емкости 2 через вентили 10 и 11 подавали исходный раствор. Расход раствора устанавливали по ротаметру 8. В аппарат дозатором 6 из емкости 4 дозировали свежий ионит. Отработанный ионит удаляли из аппарата дозатором 7 в емкость 5. Очищенный раствор поступал из аппарата самотеком в емкость 3. Контроль процесса осуществляли по изменению концентрации сорбируемого вещества в растворе на выходе из аппарата.

Для опытов использовали растворы сульфата меди и сильноокислотный катионит Lewatit S-100 в H-форме. Ниже приведены основные показатели работы ионообменного аппарата: концентрация раствора на входе в аппарат – 0,05; 0,1 и 0,2 кг-экв/м³; производительность аппарата по раствору – $7,7 \cdot 10^{-6}$ м³/с; обменная емкость катионита – 1,56 кг-экв/м³; производительность аппарата по катиониту – $2 \cdot 10^{-6}$ м³/с; объем катионита в аппарате – $4 \cdot 10^{-5}$ м³; объем раствора в аппарате – $8,8 \cdot 10^{-4}$ м³; внутренний диаметр аппарат – 0,1 м; диаметр мешалки – 0,033 м; частота вращения мешалки – 7 с^{-1} .

Для определения концентрации ионов меди в растворе отбирали его пробы на выходе из аппарата через определенные промежутки времени. Анализ раствора проводили методом УФ-спектрофотометрии на спектрофотометре U-2001 Hitachi (Япония) [2].

Результаты экспериментального исследования обмена Cu^{2+} – H^+ приведены на рис. 2 и 3. Здесь же показаны расчетные данные, полученные с помощью разработанной математической модели при следующих параметрах ионного обмена: коэффициент внутренней диффузии при концентрации раствора 0,05 кг-экв/м³ составлял – $0,5 \cdot 10^{-10}$ м²/с, при концентрации раствора 0,1 кг-экв/м³ – $1,1 \cdot 10^{-10}$ м²/с и концентрации раствора 0,2 кг-экв/м³ – $1,7 \cdot 10^{-10}$ м²/с [3]; константа изотермы адсорбции Ленгмюра – 320 [4]; средним диаметром набухших частиц катионита – $5,1 \cdot 10^{-4}$ м. Решение системы уравнений (1)–(8) было выполнено на ЭВМ с применением однородных консервативных разностных схем [5].

На рис. 2 показаны зависимости изменения безразмерной концентрации раствора на выходе из аппарата, полученные экспериментально и расчетным путем. Из данного рисунка видно, что время выхода аппарата на стационарный режим зависит от концентрации

раствора. При концентрации исходного раствора сульфата меди 0,05 кг-экв/м³ длительность переходного режима составляет не более 1000 с, а при концентрации раствора 0,2 кг-экв/м³ она не превышает 500 с.

На рис. 3 приведены кинетические кривые ионного обмена, из которых видно, что чем выше концентрация исходного раствора, тем больше степень отработки катионита. Установлено, что среднее время пребывания

ионита в аппарате составляет 130 с. За это время катионит успевает насытиться на 70 % при концентрации раствора 0,05 кг-экв/м³ и на 93 % при концентрации раствора 0,2 кг-экв/м³. Расхождение экспериментальных и расчетных кинетических кривых можно объяснить принятым в математической модели предположением о постоянстве коэффициента внутренней диффузии, что вполне приемлемо для инженерного расчета.

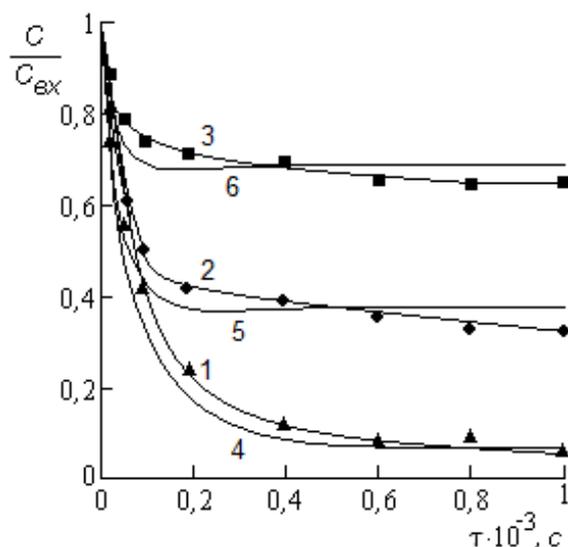


Рис. 2. Экспериментальные (1, 2, 3) и расчетные (4, 5, 6) выходные кривые ионного обмена: $C_{вх}$, кг-экв/м³: 1, 4 – 0,05; 2, 5 – 0,1; 3, 6 – 0,2

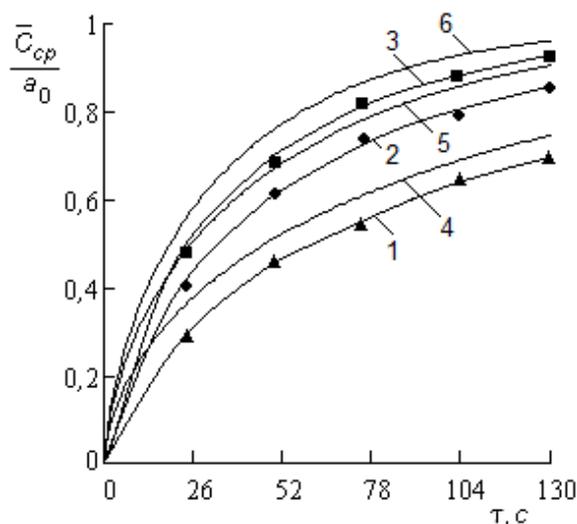


Рис. 3. Экспериментальные (1, 2, 3) и расчетные (4, 5, 6) кинетические кривые ионного обмена: $C_{вх}$, кг-экв/м³: 1, 4 – 0,05; 2, 5 – 0,1; 3, 6 – 0,2

Из сравнения результатов расчета и эксперимента можно сделать вывод об удовлетворительном описании разработанной математической модели реального процесса. От-

клонение не превышает 15 %. Следовательно, данная модель может быть рекомендована для практического применения.

Список литературы

1. Гражданская защита: Энциклопедия в 4 томах. Том I (А–И); под общей редакцией В. А. Пучкова; МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 666 с.
2. Васильев В. Г. Аналитическая химия. Книга 2. Физико-химические методы анализа. М.: Дорфа, 2007. 383 с.
3. Волжинский А. И. Константинов В. А. Регенерация ионитов. Теория процесса и расчет аппаратов. Л.: Химия, 1990. 240 с.
4. Дубкова Е. А., Натареев С. В., Харченко И. С. Математическое моделирование

ионного обмена в горизонтальном аппарате // Математические методы в технике и технологиях. ММТТ. № 9-1 (59). 2013. С. 221–222.

5. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. Н. Численные методы. М.: БИНОМ. Лаб. знаний. 2003. 632 с.

References

1. *Grazhdanskaya zashhita: v 4 t. T.1* [Civil protection: in 4 vol. Vol. 1]. In Puchkov V. A. (ed.). Moscow: FGBU VNIIGOSChS (FCz). 2015. 666 p.

2. Vasiliev V. G. *Analiticheskaya khimiya. Kniga 2. Fiziko-khimicheskiye metody analiza* [Analytical chemistry. Book 2. Physico-chemical methods of analysis]. Moscow: Dorfa. 2007. 383 p.

3. Volzhinsky A. I., Konstantinov V. A. *Regeneratsiya ionitov. Teoriya protsessa i raschet apparatov* [Regeneration of ion exchangers. Theory of the process and calculation of apparatuses]. Leningrad: Khimiya, 1990. 240 p.

4. Dubkova E. A., Natareev S. V., Kharchenko I. S. *Matematicheskoye modelirovaniye ionnogo obmena v gorizonta'nom apparate* [Mathematical modeling of ion exchange in a horizontal apparatus]. *Mathematical methods in engineering and technology*. MMTT. 2013, issue 9-1 (59), pp. 221-222.

5. Bakhvalov N. S., Zhidkov N. P., Kobelkov G. N. *Chislennyye metody* [Numerical methods]. Moscow: BINOM. Lab. znaniy. 2003. 632 p.

Натареев Сергей Валентинович

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет
Российская Федерация, г. Иваново
доктор технических наук, профессор
E-mail: natoret@mail.ru

Natareev Sergey Valentinovich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo State University of Chemistry and Technology»,
Russian Federation, Ivanovo
doctor of engineering sciences, professor
E-mail: natoret@mail.ru

Барин Максим Анатольевич

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет
Российская Федерация, г. Иваново
студент
E-mail: barin_99@mail.ru

Bakin Maxim Anatolyevich

Federal State budgetary educational Institution of higher Education «Ivanovo State University of Chemistry and Technology»,
Russian Federation, Ivanovo
student
E-mail: barin_99@mail.ru

Снегирев Дмитрий Геннадьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат химических наук, доцент
E-mail: edufire@mail.ru

Snegirev Dmitriy Gennadevich

Federal State Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
candidate of chemical sciences, docent
E-mail: edufire@mail.ru

УДК 614.841.41

ПРОБЛЕМЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

С. Н. УЛЬЕВА, А. Л. НИКИФОРОВ, С. Н. НАКОНЕЧНЫЙ, О. Г. ЦИРКИНА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
jivotjagina@mail.ru, anikiforoff@list.ru, serny@mail.ru, ogtsirkina@mail.ru

Рассмотрены основные причины возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации технологического оборудования. Одной из причин возникновения пожара является нагрев элементов электрических цепей и технологических установок до опасных температур. Отмечено, что разработка доступного не требующего специальной подготовки, наглядного способа контроля температуры является одной из важнейших задач пожарной профилактики, позволяющей снизить количество пожаров. Предложено использовать обратимые и необратимые термохромные красители для оценки степени нагрева объекта. Предложены области применения термохромных материалов для визуального контроля тепловых режимов эксплуатации технологического оборудования и электроустановок. Указаны сдерживающие факторы массового и повсеместного внедрения указанных материалов.

Ключевые слова: контроль температуры, визуальный контроль, термохромные краски, цветовые переходы, термоиндикаторы, стикер

PROBLEMS OF IMPLEMENTING VISUAL CONTROL OF THERMAL OPERATING MODES OF PROCESS EQUIPMENT TO PREVENT EMERGENCY SITUATIONS

S. N. ULIEVA, A. L. NIKIFOROV, S. N. NAKONECHNY, O. G. TSIRKINA

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
jivotjagina@mail.ru, anikiforoff@list.ru, serny@mail.ru, ogtsirkina@mail.ru

The main causes of emergencies during the operation of technological equipment are considered. One of the causes of a fire is the heating of elements of electrical circuits and technological installations to dangerous temperatures. It is noted that the development of an accessible, not requiring special training, a visual way of temperature control is one of the most important tasks of fire prevention, which allows to reduce the number of fires. It is proposed to use reversible and irreversible thermochromic dyes to assess the degree of object heating. Areas of application of thermochromic materials for visual control of thermal modes of operation of technological equipment and electrical installations are proposed. The constraining factors of the mass and widespread introduction of these materials are indicated.

Key words: temperature control, visual control, thermochromic paints, color transitions, thermal indicators, sticker

Анализ причин возникновения пожаров в России за последние годы [1] показывает, что основное количество пожаров приходится на жилой сектор и транспортные средства (рис.1).

При этом не следует сбрасывать со счетов пожары, происходящие на промышленных объектах — производствах различного профиля, базах хранения и складах.

Так среди основных причин возникновения пожаров, произошедших в РФ, согласно официальной статистике за 2019 год, хотелось бы особо выделить следующие [2]:

- неисправности производственного оборудования, а также нарушения технологических процессов – 794 пожара;
- нарушения эксплуатации и неисправности электрооборудования – 49638;
- неисправности и нарушение эксплуатации печей – 27122;

- неисправности в теплогенерирующих агрегатах и установках – 678;
- нарушения при эксплуатации транспортных средств – 10436;
- самовозгорание различных материалов и веществ – 1995.



Рис.1. Статистика причин возникновения пожаров в России по видам объектов пожаров за период 2016-2019 гг.

Перечисленные причины инициируют возникновение пожаров в 55,6 % случаев от их общего количества. Общим признаком, приводящим в итоге к возгоранию, является нарушение эксплуатации или неисправность оборудования. Как правило, процессы, связанные с переходом установок, машин и механизмов в штатный тепловой режим работы, не происходят мгновенно. Нередко короткому замыканию в кабельных линиях предшествует длительный непрерывный или с повторяющимися циклами нагрев до температур, превышающих нормальные эксплуатационные тепловые режимы работы, что приводит к старению и термодеструкции изоляции, приводящей к возникновению пожара вследствие ее электрического пробоя. Процессы нагрева аварийных элементов электрических цепей до опасных температур также могут занимать достаточно длительное время, что характерно и для перечисленных выше случаев. Поэтому возникновение пожара можно избежать, если вовремя и должным образом осуществлять контроль температурных режимов опасных объектов.

Зачастую отсутствие контроля температуры вполне объяснимо — традиционные способы контроля температуры не обладают наглядностью (термометры), требуют исполь-

зования специальной аппаратуры (термопары) или специальных навыков (пирометры) и при этом отличаются высокой стоимостью (тепловизоры) [3]. Кроме всего прочего, на технологических установках, машинах и механизмах, как правило, контроль температуры ведется в рабочих зонах установок. Данный контроль предназначен для регулирования и управления технологическими процессами, а не для предупреждения перегрева рабочих оболочек, которые чаще всего и являются источниками загорания.

Следует отметить и тот факт, что аппаратные методы контроля температуры реализуются на промышленных объектах и практически не находят применения в частном секторе, где происходит основная масса пожаров. Все это указывает на то, что разработка доступного по цене, не требующего специальной подготовки, наглядного способа контроля температуры является одной из важнейших задач пожарной профилактики, позволяющей в перспективе снизить количество пожаров. Актуальность такой разработки обусловлена тем, что многие физические явления (например — протекание электрического тока), заложенные в основу функционирования большинства современного оборудования, визуально не могут

быть проконтролированы. Собственно нагрев защитных и рабочих оболочек оборудования до температур самовоспламенения большинства горючих материалов также визуалью себя никак не проявляет.

Анализ имеющихся способов и методов контроля температуры на различных объектах позволил выделить доступное и наглядное средство оценки степени нагрева, основанное на использовании термохромных красителей.

Термохромными называются материалы, которые способны обесцвечиваться или изменять свой цвет под воздействием температуры. Следует отметить, что все красители, обладающие термохромизмом можно разделить на две группы, в зависимости от характера цветовой релаксации. Те из них, которые способны изменять цвет при нагреве и возвращаться в исходное состояние после охлаждения, принято называть обратимыми, а те, которые не обладают способностью к релаксации – необратимыми [4].

Цветовые переходы для обоих классов красителей лежат в узком температурном интервале, обычно не превышающем 5°C от начала до окончания изменения окраски, что говорит о достаточно высокой точности измерения. При этом изменение цвета происходит с достаточно высокой скоростью, соизмеримой со скоростью изменения температуры, и обусловлено лишь показателями теплопроводности материалов контролируемых рабочих оболочек оборудования, а также сред-носителей или подложек для термокраски.

Основу термохромных красок составляет термохромный пигмент, реагирующий на изменение температуры и обеспечивающий проявление визуального эффекта. По своей химической природе обратимые и большая часть необратимых термохромных пигментов относятся к классу жидких кристаллов, которые в выпускной форме микрокапсулируются и смешиваются со связующим на масляной, резиновой или акриловой основе. Обычно размер микрокапсул составляет от 1 до 10 микрон. Для жидкокристаллических пигментов диапазон рабочих температур лежит в пределах от -20°C до +280°C. Обычно такие краски крайне чувствительны к действию ультрафиолета — при интенсивном воздействии УФ-излучения термохромная краска сохраняет работоспособность в течение 170 часов. Для увеличения срока службы, термохромные покрытия, эксплуатирующиеся на открытом воздухе, рекомендуется покрывать защитным УФ-лаком [5].

Эффектом термохромизма обладает также ряд неорганических соединений, кото-

рые способны реагировать на изменение температур до 1000°C.

Таким образом, следует отметить, что имеется техническая возможность осуществлять визуальный контроль температуры различных объектов. Однако чаще всего описанный эффект используется преимущественно в декоративных целях [5,6].

В то же время следует упомянуть ряд работ, в которых предлагается использовать термохромные материалы для предупреждения возникновения аварийных режимов работы оборудования. Так авторы Леонов А. П. и Болгова В. А. в своей работе [7] предлагают использовать термоиндикаторы для визуализации мест локального перегрева изоляции электрических кабелей.

В рамках выполнения научно-исследовательских работ в ФГБОУ ВО Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, в том числе совместно с ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ивановской области были разработаны термохромные стикеры, предназначенные для индикации предельно-допустимых температурных режимов эксплуатации электрокабельной продукции, технологических установок, техники и боевой одежды пожарного [8–12].

Как уже отмечалось ранее, наибольшее количество пожаров связано с неисправностью или нарушениями эксплуатации электропроводок. При этом такие причины, как перегрузка и большие переходные сопротивления в электрических цепях, старение и термодеструкция изоляции, заканчивающиеся коротким замыканием и пожаром, происходят не сразу, а протекают во времени и характеризуются повышением температуры объекта. Превышение температуры изоляции проводок выше показателя +50°C уже должно служить сигналом о имеющейся неисправности.

Предлагается для визуального контроля данного уровня температуры вводить в состав изоляции проводок термохромные пигменты. Для базового цвета изоляции пигмент должен подбираться индивидуально с учетом колористических особенностей перехода и обеспечения его визуальной наглядности. В данном случае речь идет только о тех видах электрокабельных изделий, для которых предусмотрена наружная прокладка. Для обеспечения безопасной работы проводок, которые уже находятся в эксплуатации, предлагается использовать стикеры — наклейки с нанесенным слоем термохромного красителя. Внешний вид таких наклеек представлен на рис. 2. Слева показан внешний вид стикеров

при нормальной температуре, справа — в момент срабатывания под воздействием высокой температуры.



Рис. 2. Внешний вид термохромного стикера

Использование проводок с введенным в изоляцию термохромным красителем на автотранспортной технике позволит выявлять на ранних стадиях возможную предаварийную ситуацию, связанную с возникновением больших переходных сопротивлений из-за окисления контактов. Данный способ может быть использован для выявления аналогичных проблем в электрических щитах и распределительных устройствах жилых и промышленных объектов, то есть там, где имеются открытые проводки [13]. При этом для индикации тепловых режимов работы элементов, скрытых в корпусах или электрических щитах электроустановок, можно рекомендовать к использованию пару термохромных стикеров. В данном случае один из стикеров должен быть необратимым и иметь температуру цветового перехода, близкую к критическим температурам электроизоляционного материала. Это необходимо для обеспечения возможности отслеживания скачкообразных изменений в энергоснабжении и выхода оборудования, пусть и на короткое время, на предельные тепловые режимы. Возникновение таких ситуаций также может служить предпосылкой аварий. В данном случае отработавший необратимый стикер подлежит замене, а наличие постоянно действующего обратимого стикера, расположенного рядом и рассчитанного на индикацию температуры в пределах 50–70°C, позволяет судить о текущей ситуации. Обратимый стикер может быть выполнен с использованием нескольких термокрасок с разными температурами и окрасками цветовых переходов, что позволит судить о критичности ситуации и правильно оценить

ее последствия и опасность. Использование необратимых термокрасок в электронной технике и различных электрических устройствах позволит сократить время на поиск неисправностей и вышедших из строя компонентов электрических схем. Чаще всего компоненты элементной базы (резисторы, полупроводниковые приборы, индуктивности и др.) выходят из строя из-за перегрева. Каждый элемент рассчитан на эксплуатацию в определенном диапазоне температур. Выход из строя электронного компонента связан с его нагревом до предельных температур. Поэтому, промаркировав его необратимой краской на лаковой основе, имеющей температуру цветового перехода близкую к верхнему эксплуатационному уровню температуры, появляется возможность визуально определить место локализации неисправности.

Применение обратимых стикеров в частном секторе в качестве визуального средства предупреждения о нагреве горючих элементов и предметов интерьера до опасных температур может кардинально поменять картину, связанную с возникновением пожаров.

В данном случае необходимо подобрать термохромные красители по температурно-цветовым переходам, адаптированные к предельно допустимым температурам для индивидуальных веществ, которые представляют пожарную опасность. При этом все пожароопасные вещества могут быть объединены в группы по показателю предельно допустимой температуры. Размещенный на поверхности горючего материала, на строительной конструкции из древесины (и других полимерных строительных материалов), расположенной вблизи вероятного источника зажигания (печи, дымоходы, электрооборудование и др.) индикатор, изменяя окраску, будет сигнализировать пользователю о возникновении критической ситуации. Это позволит предпринять меры для ее устранения.

Аналогичным образом можно контролировать температуру на поверхности пожарных машин и спецоборудования, участвующих в тушении пожара, для оценки вероятного повреждения лакокрасочных покрытий и агрегатов. Так же можно отслеживать температуру поверхностей объектов защиты, расположенных рядом с горящим объектом, с целью принятия решения по их обработке пожаротушащими или охлаждающими жидкостями.

Подводя итог, можно констатировать тот факт, что использование термохромных красителей в качестве визуальных средств индикации температуры позволит снизить коли-

чество пожаров, связанных с неисправностями или неправильной эксплуатацией технологического оборудования и электроустановок, а в ряде случаев и при неосторожном обращении с огнем. Данный метод является доступным и несложным в использовании для любых возрастных групп населения, так как не требует специальных знаний и подготовки, а его внедрение в массовое использование не представляет трудностей и не требует от пользователя больших финансовых затрат. В то же время следует отметить, что отсутствие достоверных данных о протекании предаварийных процессов является сдерживающим фактором массового и повсеместного внедрения доступного и наглядного способа предупреждения возникновения пожаров и аварий на различных объектах. Решение данной проблемы видится в

том, что для каждого объекта или группы объектов необходимо проведение детального исследования тепловых процессов, связанных с их эксплуатацией, и уже на основе этих данных осуществление грамотного и целенаправленного подбора термохромных красителей с учетом их природы и индивидуальных особенностей протекания температурных переходов. Заключительным этапом таких исследований должна стать разработка, производство и массовое внедрение визуальных индикаторов, в качестве которых могут выступать различного рода стикеры, индивидуальные знаки, маркеры, либо интегрированные в декоративные покрытия и изоляционные материалы термохромные красители с установленными свойствами.

Список литературы

1. Статистика пожаров в России. <https://rosinfostat.ru/pozhary>

2. Статистика пожаров за 2019 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2019 году. Под общей редакцией Гордиенко Д. М. М.: ВНИИПО, 2020. <https://fireman.club/literature/statistika-pozharov-za-2019-god-pozhary-i-pozharnaya-bezopasnost-v-2019/>

3. Ярунов Г. Р., Ульева С. Н., Афанасьев М. В., Никифоров А. Л. Сравнительный анализ методов контроля тепловых режимов работы электроустановок // Проблемы и перспективы пожарно-технической экспертизы и надзора в области пожарной безопасности Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции «Предупреждение. Спасение. Помощь». 2018. С. 66–71

4. Что такое термохромная краска и для чего она нужна? <https://kraska.guru/kraski/vidy/termokhromnaya.html>

5. Термохромная краска. <http://lkmprom.ru/clauses/materialy/termokhromnaya-kraska>.

6. Теплочувствительная краска: свойства и применение. <https://kraskaton.ru/stroykaremont/vidy/termokhromnaya-kraska>.

7. Леонов А. П., Болгова В. А. Визуализация мест локального перегрева изоляции кабелей // «Наукovedение» интернет-журнал № 2 (21) 2014, <https://naukovedenie.ru/PDF/118TVN214.pdf>

8. Никифоров А. Л., Карасев Е. В., Булгаков В. В., Животягина С. Н. Использование термохромных материалов в качестве сиг-

нальных средств предупреждения пожаров в электроустановках // Пожаровзрывобезопасность. 2015. т. 24, № 9. с.141–147.

9. Азовцев А. Г., Ярунов Г. Р., Ульева С. Н., Никифоров А. Л. Использование термохромных сигнальных материалов для обнаружения предаварийных режимов работы оборудования // Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, посвященной всемирному дню гражданской обороны, Москва, 1 марта 2018 г. М.: Академия ГПС МЧС России, 2018, с. 7–9.

10. Роммель И. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Чистов П. В. Разработка термохромного сенсора для контроля температуры боевой одежды пожарного // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 282–286.

11. Азовцев А. Г., Сырбу С. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л. О возможности применения термохромных материалов для индикации самонагрева пиррофорных отложений // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 25 октября 2019 года, г. Железногорск. Изд-во: ФГБОУВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 259–263

12. Азовцев А. Г., Сырбу С. А., Ульева С. Н., Никифоров А. Л., Шумнов Г. С. К вопросу о возможности применения термохром-

ных материалов для индикации самонагрева пиррофорных отложений // Пожарная и аварийная безопасность. № 3 (14). 2019. С. 51–55. <http://pab.edufire37.ru>.

13. Азизов И. И., Никифоров А. Л. Разработка методов диагностики предаварийных состояний электропроводок: сборник материалов Итоговой конференции курсантов и слушателей ИПСА ГПС МЧС России. 2020. С. 5–8.

References

1. *Statistika pozharov v Rossii* [Fire statistics in Russia]. <https://rosinfostat.ru/pozhary>

2. *Statistika pozharov za 2019 god. Statisticheskij sbornik: Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 godu* [Fire statistics for 2019. Statistical Digest: Fires and Fire Safety in 2019]. Pod obshchey redakciej Gordienko D.M. M.: VNIPO, 2020/<https://fireman.club/literature/statistika-pozharov-za-2019-god-pozhary-i-pozharnaya-bezopasnost-v-2019/>

3. Yarunov G. R., Afanas'ev M. V., Ul'eva S. N., Nikiforov A. L. Sravnitel'nyj analiz metodov kontrolya teplovyh rezhimov raboty elektroustanovok [Comparative analysis of methods for controlling thermal modes of operation of electrical installations]. *Problemy i perspektivy pozharno-tekhnicheskoy ekspertizy i nadzora v oblasti pozharnoy bezopasnosti Sbornik trudov XXVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Preduprezhdeniye. Spaseniye. Pomoshch'», 2018*, pp. 66–71

4. *Chto takoe termohromnaya kraska i dlya chego ona nuzhna?* [What is thermochromic paint and what is it for] <https://kraska.guru/kraski/vidy/termoxromnaya.html>

5. *Termohromnaya kraska* [Thermochromic paint]. <http://lkmprom.ru/clauses/materialy/termohromnaya-kraska>.

6. *Teplochuvstvitelnaya kraska: svoystva i primenenie* [Heat sensitive paint: properties and applications]. <https://kraskaton.ru/stroyka-remont/vidy/termohromnaya-kraska>.

7. Leonov A. P., Bolgova V. A. Vizualizatsiya mest lokal'nogo peregreva izolyatsii kabelej. [Visualization of places of local overheating of cable insulation]. *Naukovedenie: internet-zhurnal*, 2014, vol 2 (21). <https://naukovedenie.ru/PDF/118TVN214.pdf>

8. Nikiforov A. L., Karasev E. V., Bulgakov V. V., Zhivotyagina S. N. Ispol'zovanie termohromnyh materialov v kachestve signal'nyh sredstv preduprezhdeniya pozharov v elektroustanovkah [The use of thermochromic ma-

terials as signaling means of preventing fires in electrical installations]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2015, vol. 24, issue 9, pp.141–147.

9. Azovcev A. G., Yarunov G. R., Ul'eva S. N., Nikiforov A. L. Ispol'zovanie termohromnyh signal'nyh materialov dlya obnaruzheniya predavarijnyh rezhimov raboty oborudovaniya [Use of thermochromic signal materials to detect pre-emergency operation modes of equipment]. *Sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj vseмирному dnyu grazhdanskoj oborony, Moskva, 1 marta 2018 g.* M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2018, pp.7–9.

10. Rommel' I. A., Ul'eva S. N., Nikiforov A. L., Chistov P. V. Razrabotka termohromnogo sensora dlya kontrolya temperatury boevoy odezhdy pozharnogo [Development of a thermochromic sensor for monitoring the temperature of a firefighter's uniform]. Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob'ektov Sbornik materialov VI vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 282–286.

11. Azovcev A. G., Syrбу S. A., Ul'eva S. N., Nikiforov A. L. O vozmozhnosti primeneniya termohromnyh materialov dlya indikatsii samonagrevaniya pirofornyh otlozhenij [On the possibility of using thermochromic materials for the indication of self-heating of pyrophoric deposits]. *Monitoring, modelirovanie i prognozirovaniye opasnyh prirodnyh yavlenij i chrezvychajnyh situatsij: Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, 25 oktyabrya 2019 goda.* Zheleznogorsk: Izd-vo: FGBOUVO Sibirskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 259–263

12. Azovcev A. G., Syrбу S. A., Ul'eva S. N., Nikiforov A. L. K voprosu o vozmozhnosti primeneniya termohromnyh materialov dlya indikatsii samonagrevaniya pirofornyh otlozhenij [On the question of the possibility of using thermochromic materials for the indication of self-heating of pyrophoric deposits]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*, 2019, vol. 3 (14), pp. 51–55. <http://pab.edufire37.ru>.

13. Azizov I. I., Nikiforov A. L. Razrabotka metodov diagnostiki predavarijnyh sostoyanij elektroprovodok [Development of diagnostic methods for pre-emergency conditions of electrical wiring]. *Sbornik materialov Itogovoj konferentsii kursantov i slushatelej.* IPSA GPS MCHS Rossii. 2020. P. 5–8.

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

Ульева Светлана Николаевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Ulieva Svetlana Nikolaevna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: jivotjagina@mail.ru

Никифоров Александр Леонидович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник

E-mail: anikiforoff@list.ru

Nikiforov Aleksandr Leonidovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

doctor of technical sciences, professor, senior researcher

E-mail: anikiforoff@list.ru

Наконечный Сергей Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук

E-mail: serny@mail.ru

Nakonechiy Sergey Nikolaevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovocandidate of chemical sciences

E-mail: serny@mail.ru

Циркина Ольга Германовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор, доцент

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

Tsirkina Ol'ga Germanovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

doctor of technical sciences, professor, associate professor

E-mail: ogtsirkina@mail.ru

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ THEORY AND METHODOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

УДК 378.146:65.012.74

УПРАВЛЕНИЕ ПРИРАЩЕНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

С. В. ГОРИНОВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы организации образовательного процесса с позиции приращения профессиональных компетенций на всех стадиях становления и развития специалистов пожарно-технического профиля. Проблема реорганизации образовательных процессов обострилась в период внедрения новых образовательных стандартов, когда основной упор перемещается на тесную связь качества подготовки кадров с требованиями работодателей. Кроме того, развитие новых, дистанционных форм обучения, вызванное карантинными мероприятиями из-за коронавируса ставит новые задачи организации образовательных процессов. Состояние образовательной среды, в которой осуществляется профессиональное становление кадрового потенциала МЧС России должно соответствовать как современным требованиям общества, так и вызовам внешнего окружения. Управление приращением профессиональных компетенций должно строиться на основе анализа состояния образовательной среды. С этой целью проведен анализ мотивации участников процесса накопления профессиональных компетенций и разработана система комплексного оценивания результативности профессионализации личности на каждом уровне накопления необходимых компетенций.

Ключевые слова: управление, образовательный процесс, специалисты пожарно-технического профиля, приращение компетенций, оценка результативности профессиональной подготовки

ISSUES OF ORGANIZATION OF PRACTICE-ORIENTED EDUCATIONAL PROCESS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

S. V. GORINOVA

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

The article deals with modern problems arising in educational organizations of fire-technical profile in the construction of practice-oriented educational process. The challenges that have recently arisen before the security system of the Russian Federation require timely and highly effective responses from society. In this regard, we can say that the problems of development of educational institutions of fire-technical profile are no less multifaceted. The dynamic development of the educational sphere is the key to the progressive economic and social development of the country. The content and technology of education must meet the requirements of modern society and the economy, the mechanisms of financing and public administration

Key words: The educational process, specialists of fire and technical profile, competency-based approach, practice-oriented training

В настоящее время в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля, как и во всех государственных образовательных учреждениях, происходят процессы реорганизации, связанные с одновременными событиями перехода на новые государственные образовательные стандарты и вынужденной виртуализации взаимодействия с обучающимися. Если первое событие было предсказуемо, то второе наступило внезапно и обострило множество проблем, связанных с выбором, внедрением и освоением компьютерных образовательных технологий. Проблема усугубляется и недостающими отечественными разработками в сфере автоматизации управления образовательными учреждениями.

Как известно, подготовка специалистов пожарно-технического профиля является ресурсозатратной, поскольку требует высокой технической оснащенности и специальных условий размещения и физического развития обучающихся. Тем важнее соблюдать принципы экономической эффективности организации образовательного процесса. Эффективность управления системой профессиональной подготовки во многом зависит от согласованности всех элементов образовательной среды как системы, приспособляющейся к условиям изменяющейся внешней среды, которая стремится, с одной стороны, максимально адаптироваться к интересам и индивидуальными особенностям личности, с другой — по возможности гибко реагировать на требования общества (заказчиков образовательных услуг). Реакция на требования комплектующих органов позволяют обеспечить переход от «образования на всю жизнь» к непрерывному образованию «образование в течение всей жизни» [1]. Данные изменения создают преемственность всех уровней системы образования (например, преемственность образования, полученного в учебном заведении МЧС России, в структурных подразделениях, а также при дальнейшем повышении квалификации в процессе службы или переподготовки при дефиците специалистов).

Важнейший аспект системы подготовки кадров — обеспечение соответствия выпускников растущим требованиям работодателей, что является главным условием конкурентоспособности выпускников на рынке труда. Рост требований обусловлен такими факторами роста как высокая скорость обновления информации, появление новых областей знаний, повышенная сложность навыков, рост способностей молодежи к творческому мышлению, возможности удаленного управления и удаленной

работы, в том числе, и работы в командах. Это формирует спрос на новые компетенции, включающие в себя способности результативно преобразовывать знания и накопленный внутренний потенциал человека в умение решать профессиональные задачи.

Комплексное решение проблем реорганизации управления профессиональной подготовкой кадров в пожарно-технических образовательных учреждениях можно связать с постановкой следующих локальных задач:

- описание и формализация управления профессиональной подготовкой как непрерывным процессом;

- совершенствование инструментов и методов решения задач управления профессиональной подготовкой в направлении обеспечения квалификационных требований работодателя в лице комплектующих органов;

- развитие методов получения и обработки информации о состоянии процессов и подпроцессов профессионального развития;

- детальный анализ организации процесса непрерывной профессионализации личности;

- обеспечение адаптивности процесса управления профессиональной подготовкой к изменяющимся условиям внешней среды;

- обоснование направлений совершенствования нормативно-правовой базы образовательных процессов.

Сейчас в системе профессионального образования кадров для МЧС России компетентность специалиста занимает центральное место, являясь основополагающей категорией профессионализма. Ведущими элементами процесса формирования профессиональной компетентности по мнению А. С. Евдакимова являются его субъекты (постоянный состав) и объекты (переменный состав). Образовательный процесс подразумевает целенаправленное, содержательно насыщенное и организационно оформленное воздействие и взаимодействие в образовательной деятельности постоянного и переменного составов учебных заведений МЧС России [2]. Однако это лишь один этап сложного непрерывного процесса. На самом деле субъектов — участников процесса больше. Мы выделяем как минимум четверых: личность; общественные институты; образовательные учреждения, объединенные в образовательную среду; сетевые образовательные ресурсы, формирующие виртуальную образовательную среду. Каждый из перечисленных участников имеет свои интересы и мотивы вступления во взаимоотношения. Для понимания характера протекающего процесса

необходимо контролировать и предугадывать поведение каждого участника, именно тогда взаимодействие принесет необходимый результат.

Так с позиции личности результат образовательного процесса невозможен без развития собственной внутренней мотивации, активизации мышления, тяги к новым знаниям, воображения ожидаемых целей, развития творческих способностей [3]. То есть обучение невозможно без формирования устойчивого познавательного интереса к формированию системы жизненно важных, востребованных на практике знаний и умений. Личность — главный участник образовательного процесса. Это его хозяин, поскольку именно он выбирает остальных участников, решает, следует ли продолжать или ограничивать эти отношения. Однако свобода выбора личности не абсолютна, вступив в отношения с участниками образовательного процесса, хозяин вынужден соблюдать установленные правила.

Система профессионального образования имеет глубокие исторические корни, что обеспечивает развитие личности не только в профессиональном, но и в общечеловеческом плане. Современный компетентный подход в образовании определяет такой уровень профессиональных знаний, который вооружает обучающихся определенным набором компетенций в соответствии с выбранной сферой деятельности, обеспечивает становление будущего профессионала, способного принимать сложные решения, принимать на себя ответственность за их реализацию [4]. Профессиональное развитие не останавливается и после удачного трудоустройства. Личность заинтересована в получении преимуществ кадрового продвижения, в разрешении сложных задач профессиональной деятельности в постоянно развивающейся среде.

Выделим четыре уровня накопления компетенций:

1. Профориентационный уровень, на котором человек определяется с выбором будущей профессии. Зачастую это происходит в старших классах средней школы. Школьные профориентационные программы и тесты способствуют знакомству детей с некоторыми профессиями, но как показывает практика, мотивация накопления конкретных профессиональных компетенций у большинства современных школьников находится на низком уровне. На выбор профессии влияют различные общественные институты, главным из которых является семья. Не имея собственного жизненного опыта, а также четкой профессио-

нальной направленности школьники при выборе профессии часто ориентируются на близких друзей, одноклассников, полагаются на выбор родителей или руководствуются традициями семьи. При условии развития таких общественных организаций как волонтерство, детское пожарное общество, движение «Чистый город», новатории и других, дети привлекаются к решению важных проблем, ощущают полезность профессии и сознательно выбирают образовательные учреждения (в том числе в системе МЧС России).

2. Профобразовательный уровень начинается с вступлением личности в отношения с образовательными учреждениями начального, среднего и высшего профессионального образования. Это наиболее значимый период для формирования и начальной апробации профессиональных компетенций. Система подготовки в учебном заведении — разнообразная и многоуровневая. Наряду с освоением основной образовательной программы высшего образования курсант может освоить и дополнительные программы. Так в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России обучающиеся могут освоить профессии пожарного, водителя автомобиля категории «В», спасателя, командира отделения, оператора беспилотных авиационных систем, получить водолазную подготовку и т.д. Последовательность освоения профессиональных компетенций выстраивается с учетом интересов личности с одной стороны и запросов комплекующих органов с другой стороны.

3. Адаптационный уровень накопления профессиональных компетенций происходит во взаимодействии с Департаментом кадровой политики МЧС России и территориальными органами МЧС России, которые обеспечивают подразделения кадрами для выполнения всех поставленных задач. При поступлении на службу выпускник проходит аттестацию в Главном управлении МЧС России, состав комиссии утверждает начальником Главного управления. После успешного прохождения аттестации молодой специалист приступает к выполнению служебных обязанностей в соответствии с занимаемой должностью. Ведомство заинтересовано в том, чтобы принятый на работу сотрудник не уволился через несколько месяцев и как можно быстрее акклиматизировался в коллективе и разобрался с работой, которую ему предстоит выполнять, учитывая, что она может быть связана с рисками. Поэтому руководители учреждения обязаны оказать содействие прибывшему сотруднику в применении на практике полученных в ВУЗе профес-

сиональных навыков и ускорить процесс адаптации в должности.

4. Базовый уровень освоения компетенций имеет место быть на всем протяжении трудовой деятельности человека. Это профессиональный рост личности. Одна из проблем на данном этапе — отсутствие гибкости сотрудников в ряде вопросов. К этому этапу человек завоевывает авторитет, накапливает опыт, приобретает практические навыки и умения. В служебной деятельности происходят различные стадии профессионального развития в результате перемещения по горизонтали и карьерного роста, соответственно необходима адаптация при горизонтальных и вертикальных перемещениях. Вертикальная мобильность предполагает карьерный рост. При вертикальном перемещении основные проблемы, с которыми сталкивается начинающий руководитель — это, в первую очередь, необходимость заслужить признание подчиненных, тем более тех, с кем ранее работал, научиться отделять себя от повседневной работы и смириться с тем, что её теперь выполняют другие. Горизонтальная ротация предполагает перемещение в другое подразделение того же уровня иерархии. В случае «горизонтального»

передвижения приоритетным является освоение профессиональных качеств, требуемых на новой должности.

Управление многоуровневым процессом накопления профессиональных компетенций — это сложный процесс, охватывающий все этапы профессионального развития личности (от выбора профессии, профессионального обучения, вхождения в должность, адаптации к профессии и сопровождения в течение всего периода службы до подготовки сотрудника к выходу на пенсию) должно быть направлено на достижение эффективности на всех этапах.

Анализируя процесс накопления профессиональных компетенций с позиции его участников можно сделать вывод, что разные субъекты управления, которые направлены на один процесс — профессиональный рост или приращение компетенций, должны работать в тесном взаимодействии.

С помощью приведенной ниже таблицы рассмотрим интересы участников процесса накопления профессиональных компетенций, что поможет нам понять и спрогнозировать поведение субъектов управления в этой сложной социально-экономической системе.

Таблица. Мотивация участников процесса накопления профессиональных компетенций

Участники процесса	Уровни накопления компетенций			
	Ориентационный	Образовательный	Адаптационный	Базовый
Личность	Выбор траектории профессионального становления	Приобретение необходимых компетенций, получение преимущества трудоустройства	Приспособление знаний, навыков и умений к профессиональной деятельности	Развитие профессиональных компетенций
Общественные институты (семья, общественные организации/движения, религиозные организации, клубы по интересам и др.)	Привлечение к общественно-полезному занятию, к выполнению общественно-значимых действий	Прививание умений и навыков общественно-значимой деятельности	Создание благоприятной среды развития личности в интересах общества	Привлечение квалифицированных специалистов в сферу развития знаний, умений и навыков общественно-значимой деятельности
Образовательная среда учреждений общего и среднего, среднего специального, высшего и дополнительного профессионального образования	Определение оптимальной траектории обучения в соответствии с запросами личности и общества	Формирование универсальных и профессиональных компетенций в соответствии с образовательными и профессиональными стандартами	Поддержка выпускника в стремлении кадрового роста, одобрение со стороны работодателя и общества (положительный имидж)	Поддержание и развитие профессиональных компетенций в течении всей трудовой деятельности специалиста
Виртуальная образовательная среда (сетевые образовательные ресурсы)	Привлечение новых пользователей ресурса	Формирование знаний, прививание умений и навыков в соответствии с интересами пользователя	Предложение альтернативных знаний, умений и навыков в случае увольнения	Предложение новых знаний, умений и навыков для кадрового и личностного роста

Профессиональное становление личности на всех этапах сопровождается освоением необходимых компетенций. Необходимо отметить, что процесс освоения компетенций носит накопительный характер, и приобретаются они на всех этапах профессионального становления, вплоть до завершения сотрудником своей служебной деятельности в структуре МЧС России и передачи опыта молодому поколению ведомства [5]. В связи с этим имеет смысл применить процессный подход к решению проблем управления процессом приращивания профессиональных компетенций. Внедрение процессного подхода вообще и в систему управления вузом в частности становится объективной необходимостью. Принципы доминировавшего функционального подхода теперь в значительной мере не отвечают требованиям времени. Принципиальная разница процессного и функционального подходов заключается в том, что внимание концентрируется не на отдельных функциях различных подразделений или должностных лиц, а на процессах, которые объединяют отдельные функции, что нацеливает на конечные результаты. Ориентирование на образовательные процессы обеспечит принцип координации исполнения реализуемых функций и операций в необходимой последовательности. Управление процессами, кроме того, обеспечивает большую прозрачность действий всех элементов организационной структуры. Современные технологии описания бизнес-процессов учитывают динамику процессов, а также связи между ними. Возможности изменения организации процессов в направлении повышения их результативности позволяют лучше адаптировать образовательную среду к изменяющимся условиям и повысить, в конечном итоге, конкурентоспособность образовательного учреждения на постоянно изменяющемся рынке услуг.

Различают два основных подхода при построении моделей процессов: функциональный и объектноориентированный. Использование функционального подхода удобно тогда, когда главным структурообразующим элементом является либо функция, либо действие, либо операция. При этом моделируемая система представляет собой упорядоченную систему взаимосвязанных функций. Применение объектноориентированного подхода связано с моделированием взаимосвязанных объектов, взаимодействующих через обмен сообщениями.

Построенные модели процессов предназначены для реорганизации системы в направлении повышения ее эффективности и

адаптивности. В настоящее время можно наблюдать изменения привычной системы обучения, а именно таких ее параметров, как образовательное пространство, учебное время, кадровые ресурсы, экспертные знания, опыт. Рост требований общества требует высокого качества профессиональной подготовки. Вопрос оценки этого качества стоит не менее остро, поскольку сложно найти такой интегральный критерий, который можно было бы оценить количественно, трудно выявить его влияние на общее качество деятельности ведомства. Компетентностный подход, реализуемый в стандартах нового поколения 3++, требует количественного анализа и адекватной оценки уровня профессиональной подготовки по всем уровням процесса [6]. Анализ позволит выявить сильные и слабые стороны процесса, скорректировать его, обеспечить конечную эффективность.

Одним из ведущих критериев оценивания профессиональной подготовленности можно назвать потребностно-мотивационный критерий. В представленной выше таблице были исследованы проблемы соотношения мотивов каждого участника процесса на каждом уровне развития профессиональных компетенций. При этом следует учесть, что полной определенности в вопросах мотивации профессионализации в научных публикациях нет. Так существует мнение, что мотивы отождествляются с потребностями в образовании, с другой стороны выделяются временные различия мотивов и потребностей. Некоторые авторы говорят о том, что многие мотивы никак не связаны с потребностями, если мотив носит форму распоряжения, приказа или других принуждающих воздействий окружающей среды. Следовательно, построение образовательных процессов необходимо проводить с учетом ролей участвующих субъектов, не забывая о роли хозяина процесса.

Рассмотрим возможные направления оценки результативности процессов профессионализации личности:

- уровень компетенции выпускников, полностью освоивших образовательную программу;
- степень предпочтительности претендента на должность с определенными профессиональными компетенциями в организации, принимающей их на работу;
- затраты ресурсов на подготовку специалиста техноферной безопасности;
- качество учебных и научно-исследовательских модулей подготовки в ба-

калавриате, специалитете, магистратуре и адъюнктуре;

- конечные результаты подготовки, выявленные в ходе итоговой аттестации (качество ВКР, публикации, НИР, проекты развития социальной сферы);

- уровень профессиональной деятельности в адаптационном периоде.

Совершенствование системы управления приращением профессиональных компетенций невозможно без соблюдения следующих условий [7]:

- актуализация процедур накопления профессиональных компетенций с учетом изменяющихся требований и ожиданий образовательной среды ВУЗа;

- реализация внутренних возможностей образовательной среды организации для самореализации личности обучаемых в учебной, внеучебной и служебной деятельности;

- обеспечение развития у обучаемых способности эффективного применения в практической деятельности системы профессиональных знаний, умений и навыков в соответствии с должностным предназначением будущих выпускников;

- формирование профессиональных компетенций будущих сотрудников МЧС России должно осуществляться поступательно, по модели некоторой «пирамиды компетенций» в

основании которого находится матрица компетенций базового уровня (УК), затем специализации (ОПК), обусловленной спецификой отрасли (наличие узкопрофильных знаний) и внутренних технологий (ПК).

Управление приращением профессиональных компетенций должно строиться на основе анализа состояния образовательной среды. Проведенный анализ мотивации участников процесса накопления профессиональных компетенций позволил разработать матрицу взаимодействия, отражающую неразрывную связь действий участников по уровням накопления профессиональных компетенций. Предложено рассматривать профессионализацию кадров МЧС России как непрерывный процесс, в соответствии с чем — применять к решению проблем реорганизации образовательной среды процессный подход. Для выявления направлений совершенствования процесса, корректирования его и обеспечения конечной эффективности предложено считать ведущим критерием оценивания профессиональной подготовленности потребностно-мотивационный критерий. На основе разработанной матрицы мотивации рекомендован состав системы комплексного оценивания результативности процессов профессионализации личности на каждом уровне накопления необходимых компетенций.

Список литературы

1. Аврамова Е. М., Кулагина Е. В. Требования работодателей к системе профессионального образования [электронный ресурс] // Экономика региона. 2012. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimodeystvie-rabotodatelaya-i-vypusnikov-sistem-professionalnogo-obrazovaniya-pered-vyzovom-modernizatsii> (дата обращения: 04.07.2019).

2. Евдакимов А. С. Методическое обеспечение подготовки младшего начальствующего состава в образовательном процессе вуза МЧС России: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Санкт-Петербург, 2019. 30 с.

3. Российская педагогическая энциклопедия: в 2 т. / гл. ред. В. В. Давыдов. М.: Большая рос. энцикл., 1999

4. Малый И. А., Горинова С. В. Проектирование практико-ориентированной среды образовательных учреждений, осуществляющих подготовку управленческих кадров в области пожарной безопасности, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

// Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. 2016. № 4. С.136–142.

5. Закинчак А. И., Крутов М. С., Чумаков М. В. Эволюция управленческих отношений в образовательном процессе // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. С. 656–658.

6. Болотов В. А. О построении общероссийской системы оценки качества образования // Вопросы образования. 2005. № 1. <http://cyberleninka.ru/article/n/o-postroenii-obscherossiyskoy-sistemy-otsenki-kachestva-obrazovaniya> (дата обращения: 29.10.2019).

7. Горинова С. В., Тихановская Л. Б. Адаптация образовательного процесса в учебных заведениях МЧС России под воздействием факторов внешней среды // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4. С. 6–12.

References

1. Avraamova E. M., Kulagina E. V. Trebovaniya rabotodatelei k sisteme professional'nogo obrazovaniya [elektronnyi resurs] [Employers' requirements for the vocational education system [electronic resource]]. *Ehkonomika regiona*, 2012, issue 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimodeystvie-rabotodateliya-i-vypusknikov-sistemy-professionalnogo-obrazovaniya-pered-vyzovom-modernizatsii> (data obrashcheniya: 04.07.2019).
2. Evdakimov A. S. *Metodicheskoe obespechenie podgotovki mladshogo nachal'stvuyushchego sostava v obrazovatel'nom protsesse vuza MCHS Rossii. Avtoref. diss. kand. ped. nauk* [Methodological support for the training of junior commanding staff in the educational process of the EMERCOM of Russia university: author. dis. Cand. ped. sciences]. Sankt-Peterburg, 2019, 30 p.
3. *Rossiiskaya pedagogicheskaya ehntsiklopediya: v 2 t.* [Russian Pedagogical Encyclopedia: in 2 volumes]. gl. red. V. V. Davydov. M.: Bol'shaya ros. ehntsikl., 1999
4. Malyi I. A., Gorinova S. V. *Proektirovanie praktiko-orientirovannoi sredy obrazovatel'nykh uchrezhdenii, osushchestvlyayushchikh podgotovku upravlencheskikh kadrov v oblasti pozharnoi bezopasnosti, zashchity naseleniya i territorii ot chrezvychainykh situatsii* [Designing a practice-oriented environment of educational institutions that train management personnel in the field of fire safety, protection of the population and territories from emergencies]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie*, 2016, issue 4, pp.136–142.
5. Zakinchak A. I., Krutov M. S., Chumakov M. V. *Ehvolutsiya upravlencheskikh otnoshenii v obrazovatel'nom protsesse* [Evolution of management relations in the educational process]. *Pozharnaya i avariinaya bezopasnost': sbornik materialov XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi Godu pozharnoi okhrany, Ivanovo, 24–25 noyabrya 2016 g.* Ivanovo: FGBOU VO Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2016, pp. 656-658.
6. Bolotov V. A. *O postroenii obshcherossiiskoi sistemy otsenki kachestva obrazovaniya* [On the construction of an all-Russian system for assessing the quality of education]. *Voprosy obrazovaniya*, 2005, issue 1. <http://cyberleninka.ru/article/n/o-postroenii-obscherossiyskoy-sistemy-otsenki-kachestva-obrazovaniya> (data obrashcheniya: 29.10.2019).
7. Gorinova S. V., Tikhonovskaya L. B. *Adaptatsiya obrazovatel'nogo protsessa v uchebnykh zavedeniyakh MCHS Rossii pod vozdeistviem faktorov vneshnei sredy* [Adaptation of the educational process in educational institutions of the EMERCOM of Russia under the influence of environmental factors] *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2020, issue 4, pp. 6–12.

Горинова Светлана Владимировна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры основ экономики функционирования РСЧС

E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

Gorinova Svetlana Vladimirovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

doctor of economic sciences, Professor, professor at the department of fundamentals of economics of functioning prevention and response system

E-mail: s.v.gorinova@mail.ru

**ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ)
FIRE AND INDUSTRIAL SAFETY
(PSYCHOLOGICAL SCIENCES)**

УДК 614.8.01+612.8+628.5:613.6

**ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ВОЗМОЖНЫХ ДЕЗАДАПТИВНЫХ СОСТОЯНИЙ У КУРСАНТОВ
С НИЗКИМ УРОВНЕМ УСПЕВАЕМОСТИ
В УСЛОВИЯХ ПОВСЕДНЕВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Ю. С. МИГУНОВА, С. В. КОРОЛЕВА

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: sttassiya@rambler.ru, drqueen@mail.ru

В статье приведен анализ данных психофизиологической диагностики обучающихся с неустойчивым адаптационным статусом, находящихся в условии первичной или вторичной адаптации к условиям профессиональной деятельности. Диагностика была проведена с использованием валидизированных методик, направленных на определение составляющих адаптационного потенциала респондентов, особенностей их мотивационной сферы и копинг-поведения. На основе полученных данных был проведен корреляционный и факторный анализ, позволивший определить возможные дезадаптивные маркеры у курсантов.

Показано, что психофизиологическими сигналами возможного формирования дезадаптивного поведения обучающихся на первоначальном этапе профессионального обучения может быть проявляющийся акцент на достижение своих личных целей в ущерб целям коллективным, преобладание инфантильной копинг-стратегии бегства-избегания в ущерб формированию стратегий планирования решения проблемы, самоконтроля и положительной переоценки.

Определено, что у обучающихся с «хорошим» баллом успеваемости быстрее проходит адаптационный процесс, ввиду гибкости их стратегий реагирования на проблемную ситуацию.

Построение модели психофизиологического реагирования предполагает диагностику и анализ особенностей адаптации обучающихся на первом этапе адаптации, но не ранее второго семестра обучения.

Ключевые слова: дезадаптация; курсант; МЧС России; психофизиологическая модель; адаптация.

**PSYCHOPHYSIOLOGICAL MODEL FOR PREDICTING POSSIBLE MALADAPTIVE STATES
IN CADETS WITH LOW ACADEMIC PERFORMANCE IN EVERYDAY ACTIVITIES**

YU. S. MIGUNOVA, S. V. KOROLEVA

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: sttassiya@rambler.ru, drqueen@mail.ru

The article provides analysis of data of psychophysiological diagnostics of trainees with unstable adaptation status, who are in condition of primary or secondary adaptation to conditions of professional activity. Diagnosis was carried out using validated methods aimed at determining the components of the adaptation potential of respondents, the characteristics of their motivational sphere and coping behavior. On the basis of

the obtained data, correlation and factor analysis was carried out, which made it possible to determine possible maladaptive markers in cadets.

It is shown that psychophysiological signals of possible formation of maladaptive behavior of trainees at the initial stage of vocational training manifested by emphasis on achievement of personal goals to the detriment of goals by collective, predominance of infantile coping strategy of flight-avoidance to the detriment of formation of strategies for planning the solution of the problem, self-control and positive reassessment.

It is determined that students with a «good» score of achievement undergo an adaptation process faster, due to the flexibility of their strategies for responding to a problem situation.

The construction of a model of psychophysiological response involves the diagnosis and analysis of the adaptation features of students at the first stage of adaptation, but not earlier than 2 semesters of training.

Key words: model, methods of professional selection, activity approach, psychophysiological parameters of response, stress States.

Современные квалификационные требования к специальной профессиональной подготовке специалистов экстремального профиля диктуют определенные условия для профессионального психологического отбора и сопровождения обучающихся. Будущие спасатели должны обладать высокой психологической устойчивостью к любым стрессовым нагрузкам, гибкостью реагирования на экстренные ситуации и высоким восстановительным потенциалом после кризисных происшествий. Часто эти требования близки к предельным возможностям человека, а иногда и превышают их, что приводит к многочисленным вынужденным ошибкам и влечет за собой срывы в выполнении оперативно-служебных задач, а также нарушения психического здоровья.

Для успешной реализации в профессии молодым специалистам необходимо обладать высоким адаптационным потенциалом, который раскрывается в трех его составляющих: психофизиологической, психологической и социальной. В данном исследовании затронуты психологический и социальный уровни адаптации, то есть мотивационно-личностные особенности респондентов и специфика их взаимодействия с социальным окружением. Наличие сложностей на одном из уровней адаптации неизбежно вызывает формирование компенсаторных механизмов, обладающих как продуктивным действием, так и ведущим к дезадаптивным состояниям личности.

Особую актуальность тема адаптации приобретает относительно обучающихся с низким баллом успеваемости. Это, в свою очередь, определяет необходимость всестороннего изучения особенностей адаптации данной категории курсантов к условиям обучения, выявление влияния личностных особенностей на успешность их адаптации.

Социальная адаптация зависит от требований окружения и всегда представляет собой процесс взаимодействия индивида с ним, выработку персонального стиля поведения в ней в соответствии с индивидуальными особенностями личности, выбор механизмов психологической защиты и копинг-стратегий. Кроме того, процесс адаптации обучающихся образовательных организаций высшего образования МЧС России имеет свои уникальные особенности. К ним относятся необходимость одновременной адаптации к образовательной деятельности (учебному процессу), к служебной дисциплине, к бытовым условиям казарменного положения, к новой социальной группе. Во время протекания адаптационного процесса один из видов адаптации может стать доминирующим. Кто-то в приоритет ставит взаимодействие и хорошее отношение с товарищами, для кого-то важно выполнить поставленную задачу любой ценой, а кто-то преследует только свои интересы.

Процесс адаптации протекает в течение всего обучения в образовательной организации высшего образования, но основополагающим периодом для образования адаптивных свойств личности обучающегося и формирования продуктивной структуры поведения является начальный период обучения [1]. Поэтому приоритетным направлением сопровождения обучающихся с проблемами адаптации является определение психофизиологической модели прогнозирования возникновения возможных дезадаптивных состояний.

В основе дезадаптации курсанта лежит его неспособность быстро «подстроиться» под новые условия существования и выражается в поведении, отличающегося от типичного, при влиянии стресс-факторов. Дезадаптивное поведение курсанта может выражаться в кратковременном неприятии основных правил но-

вой социальной группы, которой выступает учебная группа.

В исследовании приняли участие 65 обучающихся Ивановской пожарно-спасательной академии с «неустойчивым адаптационным статусом». Из них: 46 человек — обучающиеся, зачисленные на 3 курс обучения по специальности «Пожарная безопасность» переводом из другой образовательной организации, и 19 человек, поступивших на 1 курс. Респондентов со сниженным академическим баллом успеваемости (меньше 3,3) было 29 человек.

В соответствии с целью и задачами исследования были применены следующие валидизированные психодиагностические методики: многоуровневый личностный опросник «Адаптивность» (МЛО-АМ) А. Г. Маклакова и

С. В. Чермянина, копинг-тест Лазаруса, тест мотивации достижения А. Мехрабиана, изучение направленности личности (Методика В. Смекала и М. Кучера). Статистическая обработка данных проведена с помощью пакета программ Microsoft Excel, SPSS 14.0. с применением методов математико-статистического анализа: сравнение выборочных средних величин, корреляционный анализ — коэффициент корреляции Спирмена, факторный анализ.

Сначала обратим внимание на те факторы адаптационного потенциала, которые могут повлиять на средний балл успеваемости обучающихся. В табл. 1 представлены корреляционные данные социометрических показателей респондентов и факторов адаптационного потенциала.

Таблица 1. Взаимосвязь социометрических показателей респондентов и их балла успеваемости с показателями их адаптационного потенциала (по коэффициенту корреляции Спирмена)

Социометрические показатели и балл успеваемости	Показатели адаптационного потенциала			
	Личностный адаптивный потенциал	Нервно-психическая устойчивость	Коммуникативные способности	Моральная нормативность
Средний балл успеваемости	0,211	-0,035	0,190	0,266*
Возраст	0,202	0,161	0,045	0,146
Год обучения	0,073	0,074	0,156	0,097
Должность	0,185	-0,059	0,187	0,075
Комфорт	0,142	0,219	-0,032	0,004
Наличие проблем в учёбе	-0,162	-0,276*	-0,111	-0,077

Примечание- **. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Отмечается тенденция положительного влияния моральной нормативности курсанта на его академический балл успеваемости ($r = 0,266$, при $p \leq 0,05$). Такое соотношение говорит о том, что обучающийся, разумно воспринимающий предписанную ему социальную роль, имеет успехи в обучении. Обратная пропорциональная тенденция между нервно-психической устойчивостью и наличием проблем в учебе ($r = -0,276$, при $p \leq 0,05$) может означать, что курсанты с проблемами стрессоустойчивости имеют трудности в усвоении

учебного материала, так как все психические ресурсы направлены на психофизиологическую стабилизацию курсанта.

Так как наше исследование направлено на рассмотрение возможных предпосылок дезадаптивного поведения курсантов с низким баллом успеваемости в период включения их в учебно-служебную деятельность, обратим внимание на сравнительный анализ корреляционных структур факторов адаптации и направленности поведения (табл. 2).

Таблица 2. Показатели корреляции направленности поведения и составляющих адаптационного потенциала у обучающихся с низким баллом успеваемости и баллом успеваемости выше 3,3 (по коэффициенту корреляции Спирмена)

Показатели корреляции личностных характеристик	Составляющие адаптационного потенциала							
	Обучающиеся с низким баллом успеваемости				Обучающиеся с баллом успеваемости выше 3,3			
	Личностный адаптивный потенциал	Нервно-психическая устойчивость	Коммуникативные способности	Моральная нормативность	Личностный адаптивный потенциал	Нервно-психическая устойчивость	Коммуникативные способности	Моральная нормативность
Конфронтационный копинг	-0,114	0,138	0,029	-0,023	-0,186	-0,034	0,050	-0,206
Дистанцирование	-0,307	0,007	-0,063	0,125	-0,164	-0,092	0,037	-0,206
Самоконтроль	0,080	0,432*	-0,113	-0,292	-0,012	-0,164	0,088	-0,128
Поиск социальной поддержки	0,136	0,122	0,208	0,097	0,006	-0,201	0,146	-0,102
Принятие ответственности	-0,770**	-0,195	-0,030	-0,033	-0,069	-0,036	0,003	-0,045
Бегство-избегание	-0,457*	-0,027	-0,204	-0,133	0,019	-0,144	-0,066	0,027
Планирование решения проблемы	0,126	0,560**	-0,142	-0,073	0,097	-0,078	0,057	-0,039
Положительная переоценка	0,298	0,460*	0,100	-0,120	0,190	-0,010	0,383*	0,115
Мотивация достижения успеха	-0,265	-0,281	-0,373	-0,304	0,113	-0,019	-0,052	0,009
На себя	-0,198	-0,026	0,211	0,196	-0,112	-0,143	0,042	-0,073
На взаимные действия	-0,293	0,104	0,046	0,069	-0,013	0,163	-0,183	0,058
На задачу	0,444*	-0,038	-0,243	-0,280	0,220	-0,015	0,225	0,017

Примечание- **. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Согласно результатам корреляционного анализа, у обучающихся с баллом успеваемости выше 3,3 более гомогенная корреллограмма, позволяющая отметить зрелость личностной позиции и устойчивость в отношении дезадаптивных проявлений. Здесь отмечается наличие лишь взаимосвязи коммуникативной способности и положительной переоценки в ситуации неопределенности и риска ($r = 0,383$,

при $p \leq 0.01$). Благодаря развитым коммуникативным качествам и уверенной позиции в отношении академической успеваемости, данная категория респондентов способна позитивно переосмысливать проблемы и воспринимать трудности как очередной этап саморазвития.

У группы обучающихся с низким баллом успеваемости более оправдано частое применение совладающего поведения для

адаптации к изменяющимся обстоятельствам. Обнаружена положительная связь нервно-психической устойчивости с копинг-стратегиями «самоконтроль» ($r = 0,432$, при $p \leq 0.05$), «планирование решения проблем» ($r = 0,560$, при $p \leq 0.01$), «положительная переоценка» ($r = 0,460$, при $p \leq 0.05$). Эти показатели взаимно усиливают друг друга. Для формирования нервно-психической устойчивости у обучающихся с низким баллом успеваемости важным представляется наличие способности контролировать свое поведение, уметь планировать разрешение проблемной ситуации и воспринимать трудности как разрешимые. Проблемы адаптационного потенциала и проявление дезадаптивных тенденций у данных респондентов также могут быть связаны с избеганием ответственности ($r = -0,770$, при $p \leq 0.01$) и уходе от проблемной ситуации ($r = -0,457$, при $p \leq 0.05$), что говорит о незрелости личностной позиции. В свою очередь, наличие направленности на задачу и настрой на коллективные цели, оказывают положительное влияние на формирование адаптационного потенциала курсантов в ситуации служебной деятельности ($r = 0,444$, при $p \leq 0.05$).

На основе анализа данных литературы и ранее проведенными собственными исследованиями было установлено, что первый год обучения содержит все риски развития дезадаптивного синдрома вплоть до формирования стресс-индуцированных состояний и в перспективе — психосоматических заболеваний [2, 3, 4].

Для курсантов с низким уровнем успеваемости, как выше было продемонстрировано, достаточно характерны низкая стрессоустойчивость, сниженные способности планирования решения проблем и принятия ответственности. В то же время, у курсантов данной категории отмечается наличие мотивации избегания неудач, которая является следствием отсутствия поддержки коллектива. Курсанты с низкой успеваемостью и высокой частотой получения неудовлетворительных оценок, снижают «общий» средний балл группы и, как следствие, лишают учебную группу привилегий в учебно-служебной деятельности. При этом стратегические социально-психологические факторы достижения успеха в профессио-

нальной подготовке у курсантов не влекут за собой тактических социально-психологических «пробелов»: нервно-психическая устойчивость прямо зависит от наличия стратегий самоконтроля, положительной переоценки и планирования решения проблем; личностный адаптивный потенциал направлен на решение задачи (не на себя!), и не использует в качестве снижения стрессогенной нагрузки стратегию «Бегство-избегание». С другой стороны, в раннем периоде адаптации краткосрочное использование в качестве стратегий совладания со стрессом таких дезадаптивных стратегий, как активная конфронтация и бегство-избегание, могли бы иметь непродолжительный положительный эффект в виде снижения уровня стресса.

Поэтому, чтобы более детально понять психофизиологические механизмы и выявить закономерности формирования психосоматических нарушений, был проведен многомерный факторный анализ данных, полученных с помощью представленных психодиагностических методик. В основе факторного анализа находятся преобразования с матрицей интеркорреляций исходных (первичных) переменных. Результатом «вращения» этой матрицы является обрастание «весом» своих корреляционных связей каждой измеренной переменной, позволяющих проводить ранжирование всех переменных по их «весу» в структуре всех переменных. Суммарная дисперсия или так называемый «общий вес» всех переменных при представлении каждого «фактора» измеряется в виде общей дисперсии в относительных величинах — процентах. Интерпретация (название) фактора определяется на основе авторского подхода и доминирующих «весов» переменных. Анализ проводился с использованием метода главных компонент и максимального правдоподобия с ограничением итераций 25. Метод вращения: варимакс с нормализацией Кайзера.

Использованная в настоящем исследовании батарея тестов не в полной мере может рассматриваться в качестве универсальной, поэтому факторный анализ был проведен по двум группам методик отдельно. Показатели факторного анализа первой группы методик представлены в табл. 3.

Таблица 3. Показатели факторного анализа мотивационной сферы респондентов и адаптационных показателей

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Мотивация достижения успеха	0,015	-0,078	-0,468
Направленность на себя	0,834	-0,523	0,172
Направленность на взаимные действия	0,039	0,937	-0,093
Направленность на задачу	-0,873	-0,302	0,111
Нервно-психическая устойчивость	0,000	0,219	0,069
Коммуникативные способности	-0,036	-0,114	0,260
Моральная нормативность	0,058	0,100	0,378

Факторный анализ психофизиологических показателей в экспериментальной группе позволил выделить 3 фактора (Ф1, Ф2, Ф3) с суммарной дисперсией 63,266 % от всей выборки, при этом 1 и 2 фактор в сумме дали 45,058 %. Коэффициент χ^2 (критерий согласия) оказался значимым (0,183 при граничном больше 0,05).

Степень интегрированности структуры установлена невысокой, что подчеркивает незрелость психофизиологических структур адаптации и их дивергентный характер. Самым значимым фактором в данной плеяде оказался Фактор 1, условно обозначенный как «Личный интерес». В него были включены два разнонаправленных компонента — «направленность на себя» и «направленность на задачу». Факторная нагрузка значений составила, соответственно, (0,834) и (-0,873). Таким образом, дезадаптивным фактором у курсантов с низким баллом успеваемости на первоначальном этапе адаптации является наличие ярко выраженной направленности на личные интересы («эгоцентризм» установок). Решение учебно-служебных задач курсантской группы у обучающихся этой категории не первостепенно.

Вторым по информативной нагрузке из всех полученных факторов определяется Фактор 2, который условно был назван «Сотрудничество». Значимую нагрузку данный фактор имел по «направленности на взаимодействие» (0,937) и обратной направленности (-0,523) «на себя». Анализ значений фактора позволяет отметить, что курсанты, которые на первоначальном этапе адаптационного периода направлены, главным образом, на построение товарищеских и дружеских отношений в учебно-служебной единице образовательной организации, «упускают из вида» эффективность личных стратегий и стратегий реализации общеколлективных задач. Такая ситуация может происходить из-за незрелости психофизиологического и социально-психологического статуса среднестатистического респондента в ранний период адаптации. Это делает их уязвимыми для формирования психофизиологических отклонений.

Фактор 3 показал равновесные вклады всех анализируемых составляющих без выделения значимых, что позволило не брать его во внимание.

Данные по факторному анализу копинг-стратегий представлены в табл. 4

Таблица 4. Показатели факторного анализа копинг-стратегий респондентов

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Конфронтационный копинг	0,055	0,474	0,200
Дистанцирование	0,0004	0,374	0,118
Самоконтроль	0,943	-0,135	0,255
Поиск социальной поддержки	0,037	0,148	0,284
Принятие ответственности	-0,202	0,030	0,226
Бегство-избегание	0,264	0,238	0,534
Планирование решения проблемы	0,803	0,551	-0,222
Положительная переоценка	0,650	0,114	0,092

Приведенный в данном исследовании факторный анализ в группе методик оценки копингов, подтвердил полученные результаты более ранних исследований. Выявлено, что даже в периоде ранней адаптации, на первом году обучения, наиболее значимым фактором с суммарной дисперсией 31,472 % оказывается фактор, содержащий три профессионально значимых копинг-стратегии — «самоконтроль», «положительная переоценка» и «планирование решения проблемы» (0,943, 0,803 и 0,650, соответственно). Можно резюмировать, что трудности периода ранней адаптации обучающихся в отношении их копинг-портрета не снижают эффективность профессиональной адаптации в случае диагностирования у них выраженных копингов самоконтроля, положительной переоценки и планирования решения проблемы. В случае наличия у респондентов акцента на «мускулинные» копинги (Фактор 2) конфронтации в сочетании с планированием решения проблемы следует ожидать от них на первоначальном этапе активно-агрессивную личностную позицию в ситуации неопределенности и риска. Наличие у респондента незрелого копинг-поведения «Бегства-избегания» (Фактор 3) также может свидетельствовать о наличии ситуативных дезадаптивных черт, свидетельствующих о недостаточности личностных ресурсов респондента на данном этапе адаптации для решения ситуаций повышенной трудности.

Таким образом, психофизиологическая модель прогнозирования возможных дезадаптивных состояний у курсантов с низким уровнем успеваемости в условиях повседневной деятельности может строиться на анализе активности реагирования обучающихся начального этапа адаптации на сложности учебно-служебной деятельности, а также на особенностях их направленности при осуществлении поставленных перед подразделением целей и задач.

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать выводы:

Список литературы

1. Сергеева С. В., Воскрекасенко О. А. Основные направления педагогического сопровождения адаптации студентов-первокурсников к образовательному процессу вуза // Известия вузов. Поволжский регион. Гуманитарные науки. 2008. № 3. С. 13–14.
2. Авитисов П. В., Королева С. В. К вопросу применения маркеров профессиональ-

1. У обучающихся с баллом успеваемости выше 3,3 психофизиологический адаптационный потенциал также выше. За счет меньшей организованности личностных качеств у этой категории обучающихся их поведение становится более гибким, подвижным и быстро адаптирующемся под изменяющиеся условия существования. Поэтому важно, чтобы обучающиеся в начальный период адаптации раскрыли свои возможности в сфере учебы, т.к. неуспех в этой сфере способен значительно влиять на служебную деятельность в целом.

2. Подтверждено, что в периоде ранней адаптации курсанты с низкой успеваемостью испытывают значительное стрессовое воздействие, главным образом, связанное с необходимостью решения многопрофильных, разнообразных профессиональных задач. При этом сохранение собственного «Я» вступает в противоречие с решением поставленных задач, что является наиболее «весомым» дезадаптирующим механизмом.

3. Определено, что коммуникативные способности и использование ресурсов командного сотрудничества не сформированы: сохранение «Я» вступает в противоречие с направленностью на взаимодействие. В этом мы видим ключ к работе психологического сопровождения: научить укреплять свой социометрический статус в коллективе.

4. Установлено, что выявленные сложности раннего периода дезадаптации могут быть связаны с отсутствием изначально профессионально верного копинг-поведения, включающего применения стратегии «самоконтроля», «положительной переоценки» и «принятия решения проблемы».

5. Незначимость влияния психофизиологических маркеров на успешность учебы является косвенным подтверждением целевых показателей работы психологического сопровождения с акцентом на 1 году обучения (или в раннем периоде адаптации).

ной адаптации в оценке готовности к работе в чрезвычайной ситуации обучающихся вуза МЧС России // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2018. № 1 (36). С. 88–96.

3. Королева С. В., Мкртычян А. С. Психофизиологическая модель риска развития стресс-индуцированных сердечно-сосудистых расстройств // Психология. Психофизиология. 2019. Т.12. № 3. С. 83–92.

4. Королева С. В. Адаптивность студентов среднего профессионального уровня образования в периоде ранней профессиональной адаптации (пилотное исследование) // Психолого-педагогические проблемы становления личности сотрудника МЧС России и преподавателя ОБЖ: сборник трудов секции № 17 XXX Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь», 19 марта 2020 года. ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. 2020. С. 15–22.

References

1. Sergeeva S. V., Voskrekasenko O. A. Osnovny'e napravleniya pedagogicheskogo so-provozhdeniya adaptacii studentov-pervokursnikov k obrazovatel'nomu processu vuza [The main directions of pedagogical support for the adaptation of first-year students to the educational process of the university]. *Izvestiya vuzov. Povolzhskij region. Gumanitarny'e nauki*, 2008, issue 3, pp. 13–14.

2. Avitsov P. V., Koroleva S. V. K vo-prosu primeneniya markerov professional'noj adaptacii v ocenke gotovnosti k rabote v chrez-vy'chajnoj situacii obuchayushixsya vuza MChS

Rossii [On the use of markers of professional adaptation in assessing the readiness to work in an emergency of students of the EMERCOM of Russia]. *Nauchny'e i obrazovatel'ny'e problemy' grazhdanskoj zashhity'*, 2018, vol. 1(36). pp. 88–96.

3. Koroleva S. V., Mkrty'chyan A. S. Psixofiziologicheskaya model' riska razvitiya stress-inducirovanny'x serdechno-sosudisty'x rasstrojstv [Psychophysiological model of the risk of developing stress-induced cardiovascular disorders]. *Psixologiya. Psixofiziologiya*, 2019, vol. 12, issue 3, pp. 83–92.

4. Koroleva S. V. Adaptivnost' studentov srednego professional'nogo urovnya obrazovaniya v periode rannej professional'noj adaptacii (pilotoe issledovanie) [Adaptability of students of secondary vocational education level in the period of early professional adaptation (pilot study)]. *Psixologo-pedagogicheskie problemy' stanovleniya lichnosti sotrudnika MChS Rossii i prepodavatatelya OBZh: sbornik trudov sekcii № 17 XXX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Predotvrashhenie. Spasenie. Pomoshh'», 19 marta 2020 goda. FGBVOU VO AGZ MChS Rossii*, 2020, pp. 15–22.

Мигунова Юлия Станиславовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат психологических наук, старший преподаватель

E-mail: sttassiya@rambler.ru

Migunova Julia Stanislavovna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

candidate of psychological sciences, senior lecturer

E-mail: sttassiya@rambler.ru

Королева Светлана Валерьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
доктор медицинских наук, доцент, профессор

E-mail: drqueen@mail.ru

Koroleva Svetlana Valer'evna

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

doctor of medical sciences, associate professor, professor

E-mail: drqueen@mail.ru

УДК 614.8

ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КУРСАНТОВ ПЕРВОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ К УЧЕБНОЙ И СЛУЖЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ

И. Ю. ШАРАБАНОВА¹, Р. М. ШИПИЛОВ¹, М. А. СТРОКОВА¹, М. А. ПРАВДОВ²

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: sharabanova@bk.ru, rim-sgpu@rambler.ru

² Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: pravdov@yandex.ru

Первый курс обучения является наиболее сложным для курсантов. Это связано с процессом активного включения их в новую среду, т.е. с процессом адаптации. В статье рассматриваются особенности социально-психологической адаптации курсантов вузов МЧС России первого года обучения к новым условиям учебной и служебной деятельности.

Представлены результаты определения уровня социально-психологической адаптации курсантов к новой образовательной среде. Использовался метод эмоционально-деятельностной адаптации, где выявляли уровень приспособления курсантов к обучению и прохождению службы в образовательной организации высшего образования МЧС России. С целью определения уровня успешных межличностных взаимоотношений и сплочённости в группе, применялся индекс групповой сплочённости.

В результате исследования было выявлено, что у большинства курсантов имеются высокие показатели адаптации к новым, окружающим их условиям. Выявлены высокие показатели адаптации к совместной деятельности обучающихся. Установлено, что большинство обучающихся легко переносят различные трудности и испытания, связанные с учебной и служебной деятельностью. Курсанты достаточно эмоционально устойчивы и с лёгкостью преодолевают внешние и внутренние препятствия. Было выявлено, что у курсантов высокий уровень групповой сплочённости, который отражает не только внутреннее состояние коллектива, но и его психологическую атмосферу.

Ключевые слова: уровень социально-психологической адаптации, уровень эмоционально-деятельностной адаптации, групповая сплочённость, курсанты, профессиональная деятельность.

FEATURES OF SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL ADAPTATION OF FIRST YEAR TRAINERS TO TRAINING AND OFFICE ACTIVITIES IN EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION EMERCOM OF RUSSIA

I. YU. SHARABANOVA¹, R. M. SHIPILOV¹, M. A. STROKOVA¹, M. A. PRAVDOV²

¹ Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: sharabanova@bk.ru, rim-sgpu@rambler.ru

² Shuya branch Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Ivanovo State University»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: pravdov@yandex.ru

The first course of study is the most difficult for cadets. This is due to the process of their active inclusion in a new environment, i.e. with the adaptation process. The article examines the features of the so-

cio-psychological adaptation of cadets of higher educational institutions of the Ministry of Emergencies of Russia of the first year of study to the new conditions of educational and service activities.

The results of determining the level of socio-psychological adaptation of cadets to the new educational environment are presented. The method of emotional-activity adaptation was used, where the level of adaptation of cadets to training and service in the educational organization of higher education of the Ministry of Emergencies of Russia was revealed. In order to determine the level of successful interpersonal relationships and cohesion in the group, the group cohesion index was used.

As a result of the study, it was revealed that the majority of cadets have high rates of adaptation to new, surrounding conditions. Revealed high rates of adaptation to joint activities of students. It was found that the majority of students easily endure various difficulties and tests associated with educational and service activities. Cadets are emotionally stable enough and easily overcome external and internal obstacles. It was revealed that the cadets have a high level of group cohesion, which reflects not only the internal state of the team, but also its psychological atmosphere.

Key words: level of socio-psychological adaptation, level of emotional-activity adaptation, group cohesion, cadets, professional activity.

Введение.

Процессы трансформации, в окружающем мире, предъявляют человеку новые, более серьезные требования к адаптации в современном обществе. Наиболее актуальным явлением на сегодняшний день является проблема социализации молодого поколения. Особенно это проявляется на начальном этапе профессионального образования. В настоящее время вопросам социализации и адаптации обучающихся посвящены работы Ананьева Б. Г. (1988) [1], Кона И. С. (1984) [2], Дмитриева М.А. (1991) [3] и др., в трудах которых отмечается вопросы личностного становления и профессионального самоопределения.

Обучение в образовательных организациях высшего образования МЧС России направлено на формирование профессионального самоопределения личности. На первом году обучения характерно стремительное изменение всех сфер жизнедеятельности курсанта. Первый год обучения является достаточно сложным для обучающихся, это связано с процессом адаптации к учебной и служебной деятельности, с включением их в новый коллектив. В этой связи становится актуальным вопрос изучения особенностей адаптации первокурсников и их успешности функционирования в новых условиях учебной и служебной деятельности [4].

Цель исследования: выявление уровня адаптации курсантов к учебной, служебной деятельности, новому коллективу, а также уровню сплоченности в коллективе учебных групп.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи исследования:**

– оценить уровень социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения;

– оценить уровень эмоционально-деятельностной адаптации курсантов первого года обучения;

– выявить уровень групповой сплоченности курсантов первого года обучения.

Материал и методы исследования.

Исследование проводилось в период с ноября по декабрь 2020 года. В исследовании приняли участие 165 курсантов с двух факультетов (в нашем случае факультет № 1 и факультет № 2) первого года обучения образовательной организации высшего образования МЧС России. Из общего числа обучающихся с факультета № 1 в исследовании участвовало 66 курсантов, с факультета № 2 в исследовании приняли участие 99 курсантов.

Для определения способностей индивидуальной адаптации, коллективной самоорганизации и показателей степени интеграции первого года обучения образовательной организации высшего образования МЧС России, применялись методы: «Самооценка социально-психологической и эмоционально-деятельностной адаптации» [5] и «Определение индекса групповой сплоченности Сшоура» [5].

С помощью определения уровня социально-психологической адаптации мы определяли уровень приспособления курсантов к новой социальной среде (условиям проживания, новому окружению). По мере того, как реализуются потребности, интересы и стремления курсантов, раскрывается их индивидуальность. В конце адаптационного периода у курсантов должны сформироваться социальные навыки общения, поведения, принятых окружающей их

среде. Используя метод эмоционально-деятельностной адаптации, мы выявляли уровень приспособления курсантов к обучению и прохождению службы в образовательной организации высшего образования МЧС России. Для определения уровня сплочённости в коллективе учебных групп и для оценки межличностных взаимоотношений применялся индекс групповой сплочённости.

Среди курсантов первого года обучения было проведено психодиагностическое обследование, позволяющее определить адаптационные возможности курсантов к но-

вым условиям обучения. С помощью статистического анализа определялись достоверные показатели по результатам социально-психологической и эмоционально-деятельностной адаптации, а также групповой сплочённости.

Результаты исследования и их обсуждение.

Результаты исследования социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения факультета № 1 представлены в виде диаграммы (рис. 1).

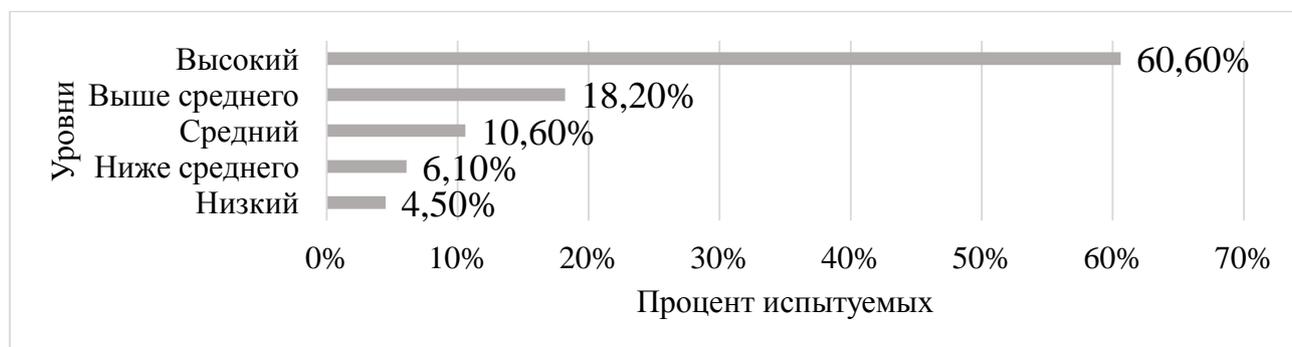


Рис. 1. Определение уровня социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения факультета № 1

Результаты исследования показали, что большая часть респондентов первого года обучения факультета № 1 имеет высокие (60,6 %) и выше среднего (18,2 %) показатели по социально-психологической адаптации. Средний уровень социально-психологической адаптации показали 10,6 % курсантов, ниже

среднего – 6,1 % и только 4,5 % испытуемых показали низкий уровень адаптации.

Анализ результатов социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения факультета № 2 представлен в виде диаграммы (рис. 2).

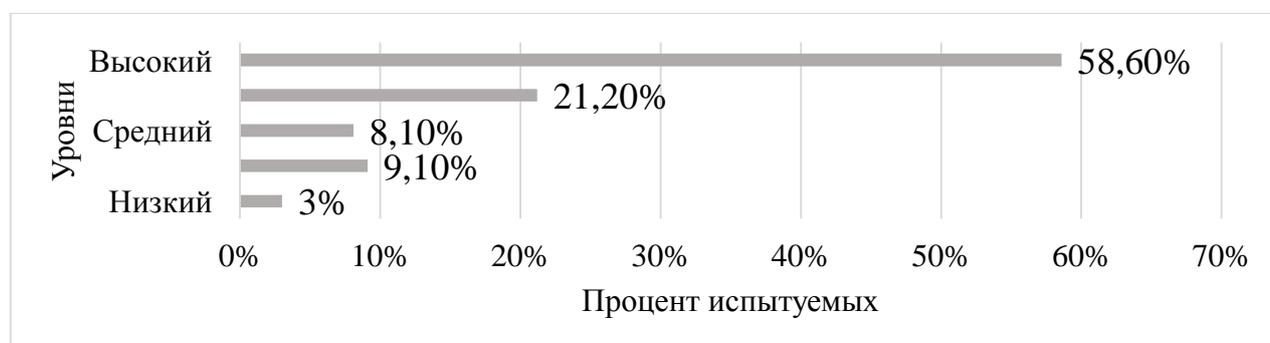


Рис. 2. Определение уровня социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения факультета № 2

Исходя из полученных результатов исследования, можно сделать вывод о том, что у преобладающего большинства курсантов первого года обучения факультета № 2 уровень социально-психологической адаптации находится в пределах показателей высокий (58,6 %) и выше среднего (21,2 %). Средний уровень выявлен у 8,1 % респондентов, показатели ниже среднего имеют 9,1 % курсантов и лишь незначительный процент обучающихся (3,0 %) с низким уровнем адаптации.

Таким образом, оценив уровень социально-психологической адаптации курсантов, можно сделать вывод о том, что у большинства обучающихся первого года обучения факультета № 1 (78,8 %) (рис. 1) и факультета № 2 (79,8 %) (рис. 2) процесс адаптации к новым условиям и новому коллективу протекает достаточно успешно. Эти курсанты способны быстро адаптироваться к новым условиям, ориентироваться в незнакомой ситуации, изменять свое поведение под влиянием внешних обстоятельств и преодолевать трудности на пути к достижению цели. Такие курсанты умеют работать, жить в условиях совместной деятельности (учебной, трудовой), новой социальной среды, новых требований. Они способ-

ны устанавливать новые отношения, эффективно разрешать межличностные противоречия. Показатели уровня среднего значения у курсантов факультета № 1 (10,6 %) (рис. 1) и факультета № 2 (8,1 %) (рис. 2) не являются критическими показателями и в большей степени свидетельствуют о достаточном уровне адаптационных процессов к новым условиям обучения. Курсанты показавшие результаты на уровне ниже среднего и низкие (10,6 % факультета № 1 и 12,1 % факультета № 2 соответственно), могут чувствовать себя не уверенно в новой обстановке, они имеют сложности в установлении и поддержании контактов. Им в большей степени присущи такие личностные качества, как ранимость, мягкость, впечатлительность, нерешительность, восприимчивость. В силу своих личностных особенностей, такие курсанты могут испытывать трудности в построении межличностных отношений в коллективе учебной группы, и их адаптация к новым условиям может протекать более длительно.

Результаты определения эмоционально-деятельностной адаптации курсантов первого года обучения факультета № 1 представлены в виде диаграммы (рис. 3).



Рис. 3. Определение уровня эмоционально-деятельностной адаптации курсантов первого года обучения факультета № 1

В ходе исследования выявлено, что у большинства респондентов процесс адаптации протекает благополучно. Такие курсанты имеют высокий (78,8 %) и средний (16,7 %) уровень адаптации. Затруднение в учебной и служебной деятельности выявлено у 4,5 % ре-

спондентов, соответствующих низкому уровню адаптации.

Данные по эмоционально-деятельностной адаптации курсантов первого года обучения факультета № 2 представлены в виде диаграммы (рис. 4).



Рис. 4. Определение уровня эмоционально-деятельностной адаптации курсантов первого года обучения факультета № 2

Исходя из данных диаграммы, у большинства курсантов первого года обучения факультета № 2 процесс адаптации протекает также благополучно, как и у обучающихся факультета № 1. Такие курсанты имеют высокий (76,8 %) и средний (21,2 %) уровень адаптации. Низкий уровень адаптации к учебной и служебной деятельности выявлен у 2 % респондентов.

Таким образом в ходе определения уровня эмоционально-деятельностной адаптации курсантов первого года обучения, высокие показатели выявлены у 95,5 % респондентов факультета № 1 (рис. 3) и 98 % респондентов факультета № 2 (рис. 4). У данной категории, адаптация к учебной и служебной деятельности протекает благополучно. Как показало исследование, такие курсанты имеют высокий и средний уровень адаптации. Таким образом, преобладающее большинство курсантов адаптировались к новым условиям, круг ситуаций, который бы вызывал у них сильные эмоци-

ональные реакции ограничен. Они способны сохранять эмоциональное равновесие в привычной для себя обстановке, а также имеют стремление преодолевать трудности, с которыми им приходится сталкиваться в процессе обучения и прохождения службы. Как показало исследование, адаптация может быть затруднена у 4,5 % курсантов факультета № 1 (рис. 3) и 2 % курсантов факультета № 2 (рис. 4), имеющих низкий уровень адаптации. Данные курсанты имеют высокую эмоциональную чувствительность и могут чрезмерно эмоционально воспринимать происходящие вокруг изменения. Это может негативно сказаться на продуктивности их учебной и служебной деятельности.

Одной из задач исследования было изучение уровня сплоченности коллективов учебных групп курсантов первого года обучения факультета № 1 и факультета № 2. Результаты исследования представлены в виде диаграммы (рис. 5, 6).

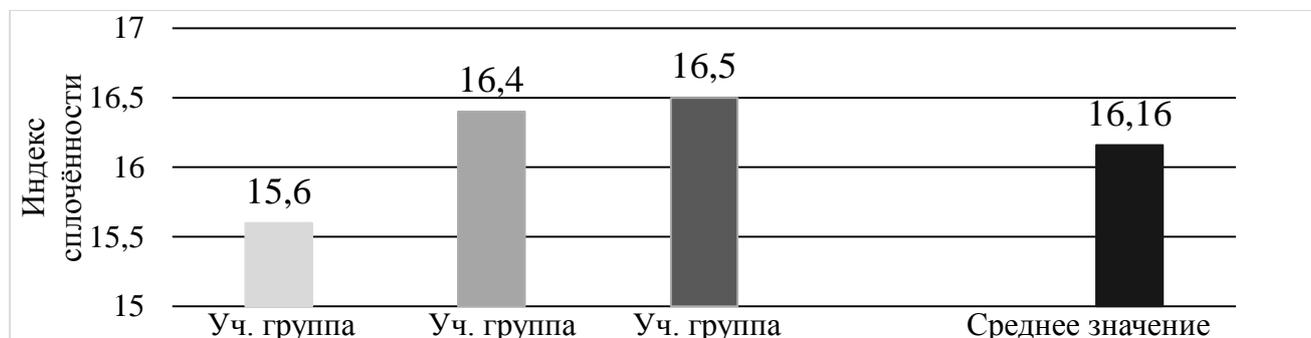


Рис. 5. Определение индекса групповой сплоченности Сироша курсантов первого года обучения факультета № 1

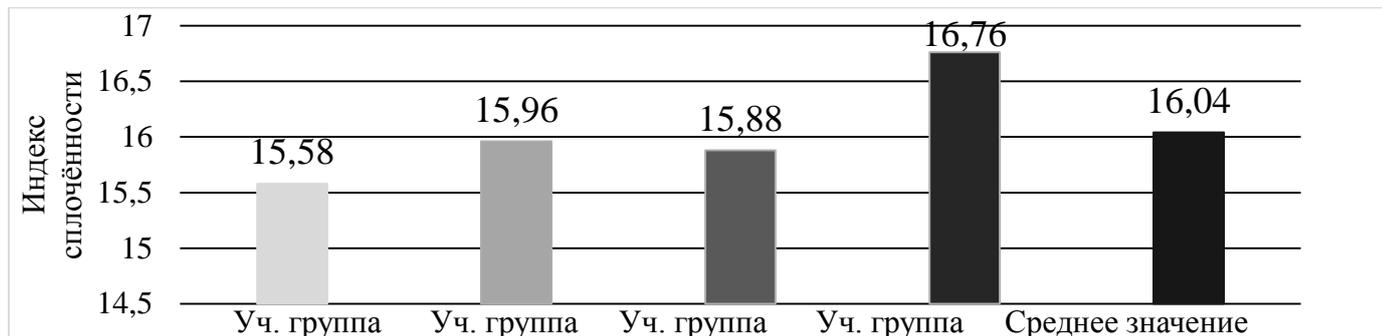


Рис. 6. Определение индекса групповой сплочённости Сироша курсантов первого года обучения факультета № 2

Результаты исследования показали, что на факультете № 1 в трёх учебных группах показатели индекса сплочённости распределились следующим образом: 15,6; 16,4; 16,5 баллов (рис. 5). Такая же картина характерна и для факультета № 2, где в четырёх исследуемых группах показатели индекса сплочённости представлены в виде следующих значений: 15,58; 15,96; 15,88 и 16,76 баллов соответственно (рис. 6). Согласно полученным данным, все результаты уровня групповой сплочённости соответствуют высоким значениям.

Таким образом, рассматривая результаты по индексу групповой сплочённости, мы получили следующие показатели. Среднее значение на факультете № 1 (16,16) (рис. 5) и среднее значение на факультете № 2 (16,04) (рис. 6) соответствует высокому уровню групповой сплочённости. Это может говорить об устойчивости и слаженности работы коллектива, о наличии взаимной симпатии между членами группы и удовлетворённости службой в данных подразделениях. Большинство курсантов принимают активное участие в жизни курса, чувствуют себя частью коллектива. Поэтому адаптация их к новым условиям учебной и служебной деятельности будет протекать благополучно.

Список литературы

1. Ананьев Б. Г. Комплексное изучение человека и психологическая диагностика // Вопросы психологии. 1988. № 6. С. 27-34.
2. Кон И. С. В поисках себя: Личность и ее самосознание. М. 1984.
3. Дмитриева М. А. Психологические факторы профессиональной адаптации // Психологическое обеспечение профессиональной деятельности / Под ред. Никифорова Г. С.

Заключение.

В ходе исследования социально-психологической адаптации курсантов первого года обучения было выявлено, что преобладающее большинство респондентов имеют высокие показатели по адаптации к новым условиям окружающей среды. Исследование показало, что у большей части респондентов уровень совместной деятельности и возможности адаптироваться к новым требованиям достаточно высокий. Данные курсанты легко и быстро устанавливают межличностные отношения в коллективе.

В ходе определения уровня эмоционально-деятельностной адаптации, было выявлено, что большинство обучающихся имеют высокий уровень эмоциональной устойчивости и могут легко преодолевать внутренние препятствия и различные жизненные трудности.

В результате исследования, также был выявлен высокий уровень групповой сплочённости коллективов курсантов первого года обучения. Данный показатель отражает не только внутреннее состояние коллектива, но и его психологическую атмосферу.

СПб: Изд-во Петербургского ун-та. 1991. С. 43-60.

4. Шипилов Р. М., Шарабанова И. Ю., Зейнетдинова О. Г., Кокурин А. К. Особенности адаптации курсантов образовательных организаций высшего образования к действиям в условиях чрезвычайных ситуаций // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2017. Т. 9. № 1. С. 78–89.

5. Фетискин Н. П., Козлов В. В., Мануйлов Г. М. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп: Учеб-

ное пособие для студентов вузов. М.: Изд-во Ин-та Психотерапии, 2002. 488 с.

References

1. Anan'yev B. G. Kompleksnoye izucheniye cheloveka i psikhologicheskaya diagnostika [Complex study of a person and psychological diagnostics]. *Voprosy psikhologii*, 1988, issue 6, pp. 27-34.

2. Kon I. S. *V poiskakh sebya: Lichnost' i yeye samosoznaniye* [In Search of Oneself: Personality and Its Self-Consciousness]. М., 1984.

3. Dmitriyeva M. A. Psikhologicheskiye faktory professional'noy adaptatsii [Psychological factors of professional adaptation]. *Psikhologicheskoye obespecheniye professional'noy*

deyatelnosti; pod red. Nikiforova G.S. SPb: Izd-vo Peterburgskogo un-ta. 1991, pp. 43-60.

4. Shipilov R. M., Sharabanova I. Yu., Zeynetdinova O. G., Kokurin A. K. Osobennosti adaptatsii kursantov obrazovatel'nykh organizatsiy vysshego obrazovaniya k deystviyam v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy [And other Features of adaptation of cadets of educational institutions of higher education to actions in emergency situations]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2017, vol. 9, issue 1, pp. 78–89.

5. Fetiskin N. P., Kozlov V. V., Manuylov G. M. *Sotsial'no-psikhologicheskaya diagnostika razvitiya lichnosti i malykh grupp: Uchebnoye posobiye dlya studentov vuzov* [Socio-psychological diagnostics of the development of personality and small groups]. М.: Изд-во Ин-та Психотерапии, 2002, 488 p.

Шарабанова Ирина Юрьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат медицинских наук, доцент, заместитель начальника академии по научной работе

E-mail: sharabanova@bk.ru,

Sharabanova Irina Yurievna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of medical sciences, associate professor, deputy head of the academy for research

E-mail: sharabanova@bk.ru

Шипилов Роман Михайлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук, доцент, заместитель начальника кафедры

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru,

Shipilov Roman Mikhailovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences, associate professor, deputy head of the department

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Строкова Мария Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

Начальник отделения психологического обеспечения отдела воспитательной работы

Stroкова Maria Alexandrovna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

Head of the psychological support department of the educational work department

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab.edufire37.ru>

№ 1 (20) – 2021

Правдов Михаил Александрович

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры

E-mail: pravdov@yandex.ru

Pravdov Mikhail Alexandrovich

Shuya branch Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State University»,

Russian Federation, Ivanovo

doctor of pedagogical sciences, professor, professor of the department

E-mail: pravdov@yandex.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

К рассмотрению принимаются рукописи в электронном формате документа MicrosoftWord (*.doc, *.docx).
Файлы высылаются по адресу: pab.edufire37@mail.ru

Статьи должны полностью соответствовать специальностям журнала.

Обязательно указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

При направлении материалов в редакцию по электронной почте в одном письме направляются:

— файл статьи в формате MS Word;

— внешняя рецензия, заверенная в установленном в организации порядке (рецензенты и авторы статей не должны находиться в должностных отношениях);

— сканированная копия сопроводительного письма.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ

Обязательные элементы рукописи:

УДК, аннотация, ключевые слова, текст статьи.

Аннотация должна иметь объём 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объём ключевых слов – 5. Ключевые слова отделяются друг от друга точкой с запятой.

В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

Структура размещения статьи в журнале:

- Блок 1 – на русском языке: УДК; название статьи; автор(ы); адресные данные авторов (полное юридическое название организации, адрес организации, адрес электронной почты всех или одного автора); аннотация; ключевые слова;

- Блок 2 – транслитерация и перевод на английский язык соответствующих данных Блока 1 в той же последовательности: название статьи – на английском языке; авторы – на латинице (транслитерация); название организации, адрес организации, аннотация, ключевые слова – на английском языке;

- Блок 3 – полный текст статьи на языке оригинала (русском), оформленный в соответствии с действующими требованиями Журнала;

- Блок 4 – список литературы на русском языке (название «Список литературы»);

- Блок 5 – список литературы в романском алфавите (название References). Если список литературы состоит только из англоязычных источников, то Блок 5 может отсутствовать.

- Блок 6 – сведения об авторах на русском и английском языках.

Технические требования к оформлению

Рукописи представляются в формате А4. Объём представляемых рукописей (с учетом пробелов):

- статьи – до 20 тысяч знаков;

- обзора – до 60 тысяч знаков;

- краткого сообщения – до 10 тысяч знаков.

Оформление текста статьи:

- для набора используется шрифт Arial, размер шрифта – 10;

- отступ первой строки абзаца 1,25 см;

- все поля 2 см;

- все аббревиатуры и сокращения должны быть расшифрованы при первом использовании;

- недопустимо использование расставленных вручную переносов.

Оформление формул, рисунков и таблиц:

- формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 или Math Type 5.0-6.0 Equation (шрифт Arial), размер шрифта – 10. Пояснения к формулам (экспликации) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Формулы нумеруют в круглых скобках по правому краю страницы;

- в тексте статьи обязательно должны содержаться ссылки на таблицы, рисунки, графики;

- графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии должны иметь хороший контраст и разрешение. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Рисунки обязательно должны быть сгруппированы (т.е. не должны «разваливаться» при перемещении и форматировании);

- подрисуночные подписи размещаются по центру;

- названия рисунков даются под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Слово «Рис.» с порядковым номером пишется полужирно, название рисунка – с прописной буквы, обычным шрифтом: **Рис. 1.** Отдельные элементы дымопроницаемой мембраны в сложенном состоянии;

- если рисунок в тексте один, номер не ставится: **Рисунок.** Статистика пожаров, произошедших на различных объектах;

• подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см;

• ссылки в тексте на таблицы пишутся: «табл.», «табл. 1»;

• слово «Таблица» с порядковым номером и названием размещается по центру. Слово «Таблица» набирается курсивом, название таблицы выделяется полужирно:
Таблица 1. Экспериментальные данные по допустимым срокам непрерывной продолжительности работы в изолирующих термоагрессивостойких костюмах для пожарных;

• единственная в статье таблица не нумеруется: **Таблица. Анализ оборудования для подачи воздушно-механической пены;**

• по возможности следует избегать использования рисунков и таблиц, размер которых требует альбомной ориентации страницы;

• поворот рисунков и таблиц в вертикальную ориентацию недопустим;

• текст статьи не должен заканчиваться таблицей, рисунком или формулой.

Правила оформления списка литературы

После текста статьи приводится список литературы, оформленный в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Источники указываются в порядке цитирования в тексте. На все источники из списка литературы должны быть ссылки в тексте.

В список литературы включаются только научные и приравненные к ним публикации (статьи, монографии, учебные издания, патенты на изобретения, авторские свидетельства). Ссылки на нормативные документы (законы, постановления, стандарты) должны оформляться как подстрочные сноски.

В статье должны быть представлены два варианта списка литературы:

– список на русском языке;

– список в романском алфавите (References).

Для изданий на русском языке:

– для книжных изданий на русском языке обязательная транслитерация оригинального названия и перевод названия на английский язык (в квадратных скобках);

– для журнальных статей на русском языке допускается 2 варианта описания – полный и сокращенный.

В полном варианте обязательная транслитерация оригинального названия статьи и её перевод на английский язык (в квадратных скобках). В сокращенном варианте транслитерация и перевод статьи опускаются.

Для изданий на английском языке:

– для книжных изданий на английском языке транслитерация не производится;

– для журнальных статей на английском языке транслитерация не производится;

– тире, а также символ // в описании на английском языке не используются.

Для изданий в переводной версии российского журнала:

– приводится только англоязычное название статьи;

– перечисляются все авторы материала через запятую. Фамилия и инициалы транслитерируются. Инициалы от фамилии запятой не отделяются.

В References при переводе статьи на английский названия изданий и журналов не переводятся, используется транслитерация.

Если есть, обязательно указывается DOI.

Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Пожарная и аварийная безопасность»,
тел.: +7 (4932) 93-08-00 доб. 5-71;
e-mail: pab.edufire37@mail.ru

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
№ 1 (20), 2021

Подготовлено к изданию 15.03.2021 г. Формат 60 × 90 1/8.
Усл. печ. л. 8,3. Заказ №79.

Оригинал-макет подготовлен
Ивановской пожарно-спасательной академией ГПС МЧС России
АДРЕС РЕДАКЦИИ (ИЗДАТЕЛЯ): 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33;
Тел.: (4932) 93-08-00 доб. 5-71; e-mail: pab.edufire37@mail.ru