



ISSN 2542-162X

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»

4(27)/2022

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ISSN: 2542-162X

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Научный журнал «ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Трение и износ в машинах
(технические науки)

Психология труда,
инженерная и
организационная
психология
(психологические науки)

Методология и технология
профессионального
образования
(педагогические науки)

Журнал включен
в «Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные
научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук ВАК
при Министерстве науки и высшего образования
Российской Федерации»

№ 4 (27), 2022

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 включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

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)

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 психологических наук, доцент, профессор кафедры психологии и социальной педагогики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (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 Наталия Владимировна – доктор педагогических наук, доцент, директор института гуманитарного и социально-экономического образования ФГАОУ 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 ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский 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)

Технический редактор: Чуприна Ольга Сергеевна

Дата выхода в свет 29.12.2022 г. Формат 60х90 1/8. Усл. печ. л. 18,5. Заказ № 86.

Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-83830 от 12 сентября 2022 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. 15-60; ф e-mail: pab.edufire37@mail.ru

№ 4 (27) – 2022

The founder and the publisher of Mass Media, Network Journal «Fire and Emergency Safety» is Federal State-Funded 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».

Mass Media, Network Journal «Fire and Emergency Safety» is registered by the Russian Ministry for Press, Broadcasting and Mass Communications (Roskomnadzor) (Mass Media accreditation certificate: EI № FS77-83830 of 12/09/2022).

The journal has been included in the «List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Sciences, for the degree of Doctor of Sciences under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation should be published».

All articles published in the journal are posted to Russian Science Citation Index database (RSCI) and E-Science Library eLIBRARY.RU

The certificate of the registration number has been obtained in ISSN National Agency (Russian Central Institute of Bibliography / ITAR TASS branch)
The ISSN number of edition given is 2542-162X

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Malyi Igor Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, 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 (Russia, Ivanovo)

Deputy Editor-in-Chief

Sharabanova Irina Yurievna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, 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, (Russia, Ivanovo)

THE EDITORIAL BOARD MEMBERS

Isaev Vladimir Anatolyevich – Doctor of Biological Sciences, Academician of International Informatization Academy, Non-Commercial Partnership «International Teacher's Training Academy of Science», Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Biology, Ivanovo State University (Russia, Ivanovo)

Mikhailov Aleksey Aleksandrovich – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Adaptive Physical Culture and Life Safety, Ivanovo State University (Russia, Ivanovo)

Pravdov Mikhail Alexandrovich – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Theory and Methodology of Physical Culture and Sports, Ivanovo State University (Russia, Ivanovo)

Shmeleva Elena Alexandrovna – Doctor of Psychological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Psychology and Social Pedagogy, Ivanovo State University (Russia, Ivanovo)

Bausov Alexey Mikhailovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of «Technical Service and Mechanics», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Agricultural Academy named after D. K. Belyaev» (Russia, Ivanovo)

Tretyakova Natalia Vladimirovna – Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Humanitarian and Socio-Economic Education, Russian State Vocational Pedagogical University (Russia, Ekaterinburg)

Sorokoumova Svetlana Nikolaevna – Doctor of Psychological Sciences, Professor, Professor of the Department of Special Pedagogy and Psychology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University» (Russia, Nizhny Novgorod)

Mukhina Tatiana Gennadevna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Social Security and

Humanitarian Technologies, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Russia, Nizhny Novgorod)

Kislyakov Pavel Alexandrovich – Doctor of Psychology, Associate Professor, Professor of the Faculty of Psychology, Russian State Social University (Russia, Moscow)

Tsirkina Olga Germanovna – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fire Safety of Objects of Protection (as part of the educational and scientific complex «State Supervision»), 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» (Russia, Ivanovo)

Nikiforov Alexandr Leonidovich – Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of the Department of Fire Safety of Objects of Protection (as part of the educational and scientific complex «State Supervision»), 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» (Russia, Ivanovo)

Sizov Alexandr Pavlovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Fire Safety of Objects of Protection (as part of the educational and scientific complex «State Supervision»), 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» (Russia, Ivanovo)

Naumov Alexander Gennadievich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Fire Safety of Objects of Protection (as part of the educational and scientific complex «State Supervision»), 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» (Russia, Ivanovo)

Научный журнал «ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab-edufire37.ru>

№ 4 (27) – 2022

Godlevsky Vladimir Alexandrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation of Fire Equipment, Communication Means and Small-scale Mechanization (as part of the educational and scientific complex «Fire-fighting»), Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy of State Fire-fighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters» (Russia, Ivanovo)

Natareev Sergey Valentinovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Natural Sciences, 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» (Russia, Ivanovo)

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ
FRICTION AND WEAR IN MACHINES

Александров А. С., Васильков Д. В., Голикова В. В. Динамическое моделирование технологической системы механической обработки с учетом реологии в зоне резания	7
Alexakdrov A. S., Vasilkov D. V., Golikova V. V. Dynamic modeling of the technological system of mechanical processing taking into account the rheology in the cutting zone	7
Алисин В. В. Керамика триботехнического назначения на основе порошков диоксида циркония	14
Alisin V. V. Tribotechnical ceramics based on zirconium dioxide powders	14
Егоров С. А., Обронов М. С. Механизм проникающего действия СОТС в паровой фазе в зону резания ..	19
Egorov S. A., Obronov M. S. The mechanism of penetrating action of lubricating and cooling technological means in the vapor phase into the cutting zone	19
Киселев В. В., Зарубин В. П., Покровский А. А. Снижение износа зубчатых колес коробок переключения передач пожарных автомобилей за счет улучшения противоизносных свойств трансмиссионного масла ..	24
Kiselev V. V., Zarubin V. P., Pokrovskiy A. A. Reducing the wear of gears of gearboxes of fire trucks by improving the anti-wear properties of transmission oil	24
Логинов В. И., Илеменов М. В., Архиреев К. Э., Игнатова И. Д. Возможности трибологии в повышении качества пожарно-спасательной техники	30
Loginov V. I., Ilemenov M. V., Arkhireev K. E., Ignatova I. D. Tribology possibilities in improving the quality of fire and rescue equipment	30
Мигранов М. Ш., Исаев Е. В., Мосенз И. И., Мигранов А. М., Репин Д. С. Исследование триботехнических свойств износостойких покрытий для металлорежущего инструмента	35
Migranov M. Sh., Isaev E. V., Mosenz I. I., Migranov A. M., Repin D. S. Research of tribotechnical properties of wear-resistant coatings for metal-cutting tools	35
Мышкин Н. К., Григорьев Ф. А. Цели устойчивого развития и зеленая трибология	44
Myshkin N. K., Grigoriev F. A. Goals of sustainable development and green tribology	44
Наумов А. Г., Колбашов М. А., Скорых Л. С. Изучение механизмов высвобождения смазочно-охлаждающих технологических средств из микрокапсул в процессе фрикционного взаимодействия металлических поверхностей	48
Naumov A. G., Kolbashov M. A., Skoryh L. S. Study of mechanisms of release of lubricant-cooling technological agents from microcapsules in the process of frictional interaction of metal surfaces	48
Прокопенко А. К., Корнеев А. А., Попов С. А. Триботехнические исследования по оптимизации режимов и улучшению качества приработки трущихся деталей двигателей внутреннего сгорания мобильных технических средств	55
Prokopenko A. K., Korneev A. A., Popov S. A. Tribotechnical research on optimizing modes and improving the quality of running-in of rubbing parts of internal combustion engines mobile technical means.....	55
Рева О. В., Врублевский А. В. Композиционные защитные покрытия Cu-CeO ₂ для метизных деталей аварийно-спасательной техники	60
Reva O. V., Vrublevsky A. V. Composite protective coatings Cu-CeO ₂ for threaded details of emergency rescue equipment	60
Репин Д. С., Наумов А. Г., Бубнов В. Б., Зарубина Е. В., Шабунин С. А., Сорокин Д. В. Некоторые результаты применения кислородсодержащих полимерных присадок к СОТС активированных коронным разрядом при механической обработке металлов резанием.....	65
Repin D. S., Naumov A. G., Bubnov V. B., Zarubina E. V., Shabunin S. A., Sorokin D. V. Some results of the application of oxygen-containing polymer additives to lut activated by corona discharge in mechanical processing of metals by cutting	65

**ПСИХОЛОГИЯ ТРУДА, ИНЖЕНЕРНАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПСИХОЛОГИЯ
LABOUR PSYCHOLOGY, ENGINEERING AND ORGANIZATIONAL PSYCHOLOGY**

Собченко А. М., Сорокоумова С. Н. Профессиональная деятельность пилотов при тренажерной подготовке в психологическом изучении влияния экстремальных условий на развитие стресса у пилотов в динамике их деятельности73

Sobchenko A. M., Sorokoumova S. N. Professional activity of pilots during simulator training in the psychological study of the influence of extreme conditions on the development of stress in pilots in the dynamics of their activities73

Шмелева Е. А., Океанская Ж. Л., Кисляков П. А., Дашевский А. Р. Предикторы жизнестойкости курсантов противопожарного вуза79

Shmeleva E. A., Okeanskaja Zh. L., Kislyakov P. A., Dashevskij A. R. Predictors of the hardiness of fire academy cadets79

**МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
METHODOLOGY AND TECHNOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION**

Краснов А. А., Смирнов С. Ф., Семенова К. В. О дидактических принципах в методическом обеспечении дистанционного образования и самообразования на примерах изложения теории вращательного движения в курсах физики и теоретической механики89

Krasnov A. A., Smirnov S. F., Semenova K. V. On didactic principles in methodological support distance education and self-education on the examples of the presentation of the theory of rotational motion in the courses of physics and theoretical mechanics89

Новичкова Н. Ю. Развитие профессиональной подготовки пожарных в Ивановской области97

Novichkova N. Yu. Development of professional training of firefighters in the Ivanovo region97

Павлова В. С. К вопросу о современном состоянии и проблемах мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов102

Pavlova V. S. To the question of the current state and problems of motivation of students' educational and professional activities102

Семенов А. Д., Сараев И. В., Ермилов А. В. Учебно-тренировочный полигон для подготовки к ведению аварийно-спасательных и других неотложных работ109

Semenov A. D., Saraev I. V., Yermilov A. V. Training and training ground for preparation for rescue and other emergency operations109

Солдатов Р. А., Лазарев А. А., Карасев Е. В., Курочкина Е. Ю., Таратанов Н. А. Применение электронных тестов при дистанционном и смешанном обучении с использованием информационно-цифрового инструмента Firetest119

Soldatov R. A., Lazarev A. A., Karasev E. V., Kurochkina E. Yu., Taratanov N. A. The use of electronic tests in distance and mixed learning using the Firetest in-formation and digital tool119

Чумаков М. В., Пустовалова И. Н. Роль практической подготовки в формировании правовой компетенции у обучающихся по специальности правовое обеспечение национальной безопасности129

Chumakov M. V., Pustovalova I. N. The role of practical training in the formation of legal competence among students in the specialty legal support of national security129

Шипилов Р. М., Маринич Е. Е., Смирнов В. А., Кулагин А. В., Кращенко Н. А. Модель профессионально-прикладной физической подготовки обучающихся образовательных организаций высшего образования МЧС России136

Shipilov R. M., Marinich E. E., Smirnov V. A., Kulagin A. V., Kraschenko N. A. Model of professionally-applied physical training of students of educational organizations of higher education of EMERCOM of Russia136

ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ
FRICTION AND WEAR IN MACHINES

УДК 621.91.01: 519.876.5

**ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИИ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ**

А. С. АЛЕКСАНДРОВ, Д. В. ВАСИЛЬКОВ, В. В. ГОЛИКОВА

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

E-mail: k2.bstu@list.ru, vasilkovdv@mail.ru, k2.bstu@list.ru

Предложена нелинейная динамическая модель кусочно-линейного типа в пространстве переменных состояний, в которой на основе реологического подхода рассмотрены особенности контактных взаимодействий со стороны передней и задней поверхностей режущего инструмента и реализована функция переключения между фазами скольжения и схватывания, моделирующая формирование и разрыв адгезионных связей в зоне резания.

Ключевые слова: динамическая модель, переменные состояния, реологические элементы, нелинейная система кусочно-линейного типа, скольжение, схватывание, функция переключений

**DYNAMIC MODELING OF THE TECHNOLOGICAL SYSTEM
OF MECHANICAL PROCESSING TAKING INTO ACCOUNT THE RHEOLOGY
IN THE CUTTING ZONE**

A. S. ALEXAKDROV, D. V. VASILKOV, V. V. GOLIKOVA

Baltic State Technical University «VOENMEH» behalf D. F. Ustinov

Russian Federation, Saint-Petersburg

E-mail: k2.bstu@list.ru, vasilkovdv@mail.ru, k2.bstu@list.ru

A nonlinear dynamic model of piecewise linear type in the space of state variables is proposed, in which, based on the rheological approach, the features of contact interactions from the front and rear surfaces of the cutting tool are considered and a switching function between the sliding and setting phases is implemented, modeling the formation and rupture of adhesive bonds in the cutting zone.

Key words: dynamic model, state variables, rheological elements, nonlinear piecewise linear system, sliding, grasping, switching function

Введение

В работах Вейца В. Л., Василькова Д. В., Максарова В. В. [1, 2, 3, 4] По сравнению с традиционным рассмотрением условий равновесия при взаимодействии режущего клина с обрабатываемым материалом реализован новый подход. Он состоит в следующем. Молекулярные процессы, происходящие в зоне стружкообразования, представлены в виде реологических моделей, связывающих подсистемы заготовки и режущего инструмента. Анализ процессов, происходящих при контактом взаимодействии стружки с передней по-

верхностью инструмента и обработанной поверхности с задней поверхностью инструмента, позволил представить этот процесс как двухфазный: с фазами схватывания и скольжения [5].

Условия переключения фаз скольжения и схватывания при взаимодействии передней и задней поверхностей инструмента соответственно со сходящей стружкой и обработанной поверхностью формируются самой системой, которая является потенциально автоколебательной. Целью исследования является изучение динамики контактных взаимодействий при обработке резанием на основе нелинейной динамической модели.

Материал и методы исследования

Основной идеей, заложенной в рассматриваемом подходе, является кусочно-линейная аппроксимация контактного взаимодействия в технологической системе механической обработки (ТСМО) в процессе резания. Она состоит в рассмотрении контактного взаимодействия при резании в виде последовательности состояний, представленных своей совокупностью реологических моделей. При этом формируются функции переключения,

которые определяют условия перехода из одного состояния в другое.

Описание движений металла в зоне стружкообразования с использованием реологических моделей дает возможность заменить дифференциальные уравнения в частных производных обыкновенными дифференциальными уравнениями. Это резко упрощает математический аппарат моделирования динамических взаимодействий при обработке резанием. Данная замена является усреднением реологических процессов в исследуемой зоне

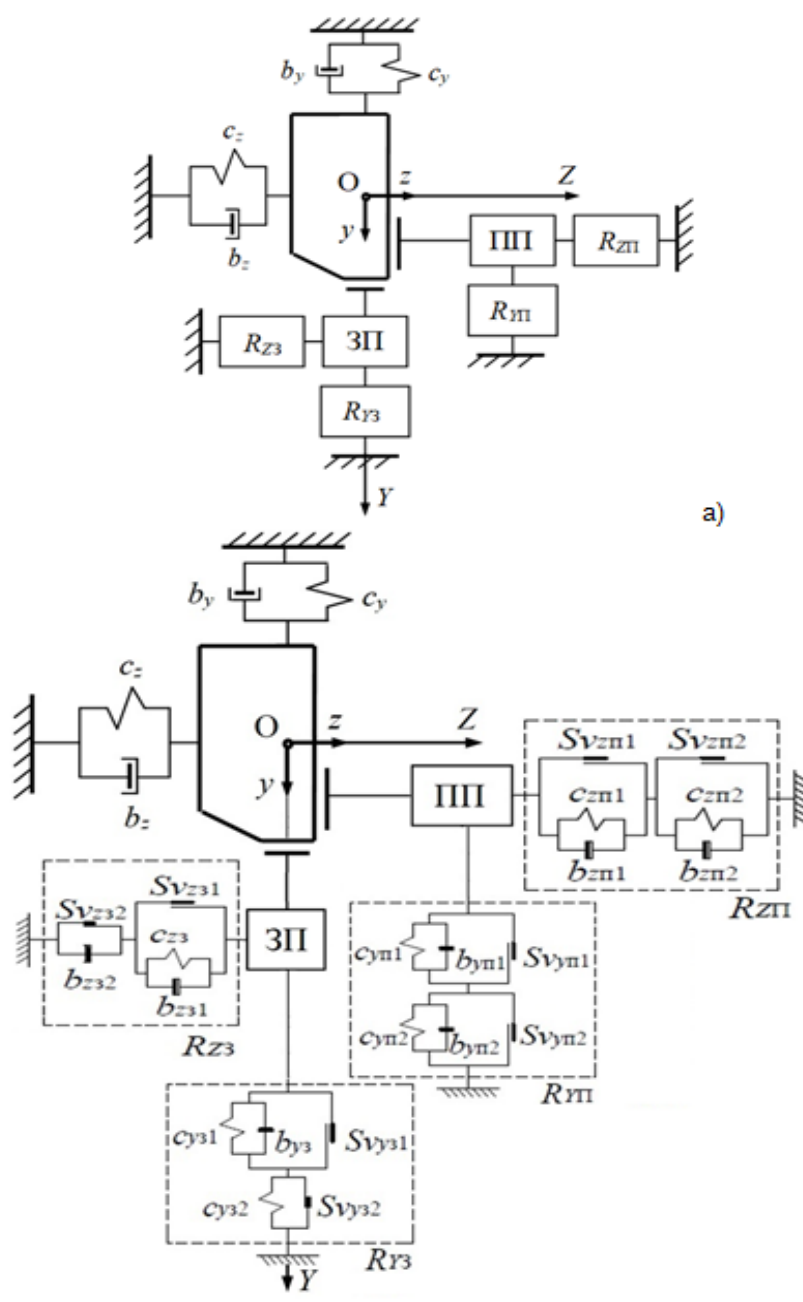


Рис. 1. Реологическое представление силовых взаимодействий в зоне резания:
а – в блочном виде; б – в развернутом виде

Указанное выше дает основание рассматривать контактное взаимодействие обработанной поверхности с задней поверхностью инструмента и сходящей стружки с передней поверхностью инструмента как факторы, определяющие в значительной степени условия формирования и развития автоколебаний. Двухфазный характер процесса контактного взаимодействия реализуется на основе двухчленного закона трения. Он самоорганизует дозирование и избирательность динамических контуров при взаимодействии в автономной динамической ТСМО. С учетом сделанных обоснований рассматриваемые процессы отображаются упруго-вязкой средой Фойхта, идеально упругой средой Гука, идеально вязкой средой Сен-Венана (рис. 1а, б), модифицированными применительно к рассматриваемой задаче. Моделируются условия взаимодействия упруго-диссипативных и инерционных характеристик технологической системы и вязко-упруго-пластических характеристик в зоне стружкообразования [6, 7]. Составляющие силы резания P_z и P_y могут быть выражены через параметры процесса стружкообразования.

На рис.1 обозначено: R_{zn} , R_{yn} - группа реологических элементов по передней поверхности в направлении осей OZ , OY ; R_{z3} , R_{y3} - группа реологических элементов по задней поверхности в направлении осей OZ , OY ; z , y – обобщенные координаты в направлении осей OZ , OY ; c_z , c_y – коэффициенты жесткости, b_z , b_y – коэффициенты диссипации; c_{zn1} , c_{zn2} , c_{yn1} , c_{yn2} , b_{zn1} , b_{zn2} , b_{yn1} , b_{yn2} – коэффициенты упругости и диссипации реологических элементов по передней поверхности инструмента в направлении осей OZ , OY ; c_{z31} , c_{z32} , c_{y31} , c_{y32} , b_{z31} , b_{z32} , b_{y31} , b_{y32} – коэффициенты упругости и диссипации реологических элементов по задней поверхности инструмента в направлении осей OZ , OY ; Sv_{z31} и Sv_{z32} – трибоэлементы Сен-Венана в касательном контуре по задней поверхности инструмента, Sv_{y31} и Sv_{y32} - трибоэлементы Сен-Венана в нормальном контуре по задней поверхности инструмента; Sv_{zn1} и Sv_{zn2} - трибоэлементы Сен-Венана в касательном контуре по передней поверхности инструмента, Sv_{yn1} и Sv_{yn2} - трибоэлементы Сен-Венана в нормальном контуре по передней поверхности.

Реология контактных взаимодействий в зоне стружкообразования в соответствии с рис. 1а формируется со стороны передней и задней поверхностей режущего инструмента. Дифференцированное рассмотрение контактных взаимодействий со стороны передней по-

верхности инструмента выполнено в работе [8], а со стороны задней поверхности – в работе [9]. Совместный учет указанных факторов может дать дополнительные эффекты при исследовании динамики контактных взаимодействий в ТСМО. Со стороны задней поверхности инструмента происходит вязкоупругое взаимодействие с обработанной поверхностью. Реология приповерхностной зоны материала изделия моделируется элементами R_{y3} и R_{z3} . Со стороны передней поверхности инструмента происходит вязкоупругое взаимодействие в области стружкообразования и моделируется элементами R_{yn} и R_{zn} . Детально реологические модели силовых взаимодействий в зоне резания на передней и задней поверхностях инструмента представлены на рис. 1б. Каждый из указанных реологических элементов имеет адгезионный (схватывание) и механический (скольжение) компоненты. Указанные элементы математически могут быть представлены как динамические характеристики резания в форме аperiodических звеньев с отрицательной обратной связью:

R_{zn} :

схватывание:

$$T_{zn}^{(cxв)} \dot{R}_{zn}^{(cxв)} + R_{zn}^{(cxв)} = -(b_{zn1}\dot{z} + c_{zn1}z);$$

скольжение:

$$T_{zn}^{(ск)} \dot{R}_{zn}^{(ск)} + R_{zn}^{(ск)} = -(b_{zn2}\dot{z} + c_{zn2}z);$$

R_{yn} :

схватывание:

$$T_{yn}^{(cxв)} \dot{R}_{yn}^{(cxв)} + R_{yn}^{(cxв)} = -(b_{yn1}\dot{y} + c_{yn1}y);$$

скольжение:

$$T_{yn}^{(ск)} \dot{R}_{yn}^{(ск)} + R_{yn}^{(ск)} = -(b_{yn2}\dot{y} + c_{yn2}y);$$

R_{z3} :

схватывание:

$$T_{z3}^{(cxв)} \dot{R}_{z3}^{(cxв)} + R_{z3}^{(cxв)} = -(b_{z31}\dot{z} + c_{z3}z);$$

скольжение:

$$T_{z3}^{(ск)} \dot{R}_{z3}^{(ск)} + R_{z3}^{(ск)} = -\mu c_{y32}y;$$

R_{y3} :

схватывание:

$$T_{y3}^{(схв)} \dot{R}_{y3}^{(схв)} + R_{y3}^{(схв)} = -(b_{y3} \dot{y} + c_{y31} y);$$

$$\text{скольжение: } T_{y3}^{(ск)} \dot{R}_{y3}^{(ск)} + R_{y3}^{(ск)} = -b_{z32} \dot{z},$$

где $T_{zn}^{(схв)}$, $T_{yn}^{(схв)}$, $T_{zn}^{(ск)}$, $T_{yn}^{(ск)}$, $T_{z3}^{(схв)}$, $T_{y3}^{(схв)}$, $T_{z3}^{(ск)}$, $T_{y3}^{(ск)}$ - постоянные времени реологических элементов.

Трибоэлементы Сен-Венана являются инструментом переключения между фазами скольжения и схватывания при формировании и разрыве адгезионных связей. Каждый элемент Сен-Венана может принимать значения 0 или 1. При $Sv_i = 1$ он замыкает контур связанных с ним реологических элементов, и они исключаются из рассмотрения. При $Sv_i = 0$ контур размыкается и связанные с ним реологические элементы включаются в модельное рассмотрение. Такой механизм переключений позволяет для фаз скольжения и схватывания подключать только те реологические элементы, которые должны участвовать в модельном решении в соответствующей фазе. Механизм включения и выключения реологических элементов реализуется путем умножения правых частей представленных выше динамических характеристик резания на соответствующие им значения элементов Сен-Венана $Sv_i = 1$ или $Sv_i = 0$ (рис. 1,б) в фазах скольжения или схватывания. Такой принцип переключения не является ступенчатым, так как наличие постоянных времени реологических элементов сглаживает переходные процессы.

Принципиально адгезионный процесс имеет место при выполнении следующих условий

$$\delta_{kz} > [\delta_{kz}], \quad (1)$$

где δ_{kz} - контактная нормальная деформация; $[\delta_{kz}]$ - величина контактной нормальной деформации, начиная с которой имеет место адгезионный процесс, и

$$V_y < \frac{l_c}{T_{yn}^{(схв)}} = [V_y], \quad (2)$$

где V_y - относительная касательная скорость в контактной паре; $[V_y]$ - величина относительной контактной касательной скорости, начиная с которой прекращаются адгезионные процессы; l_c - путь стружкообразования, $l_c \approx a\xi$; a -

толщина среза; ξ - коэффициент усадки стружки.

При обработке резанием условие (1) всегда выполняются, поэтому в его проверке нет необходимости. Условие (2) определяется кинематическими характеристиками в контакте и подлежит обязательной проверке. В зависимости от выполнения условия (2) можно рассмотреть следующие режимы:

- Условие (2) не выполняется. Контактные процессы являются чисто механическими. В контакте осуществляется переход из фазы схватывания в фазу скольжения.

- Условие (2) выполняется. Происходит формирование адгезионных связей. В контакте осуществляется переход из фазы скольжения в фазу схватывания.

- В динамических режимах движения условие (2) в процессе движения может периодически выполняться или нарушаться, причем, условия перехода формируются самой системой в зависимости от характера контактных взаимодействий.

Переход из фазы схватывания в фазу скольжения и обратно моделируется подвижными трибоэлементами Сен-Венана Sv_{zn1} , Sv_{zn2} , Sv_{z31} , Sv_{z32} в касательном контуре и Sv_{yn1} , Sv_{yn2} , Sv_{y31} , Sv_{y32} в нормальном контуре. Функция переключения между фазами имеет вид

$$\begin{cases} \text{при } Sv_{zn1} = Sv_{yn1} = Sv_{z31} = Sv_{y31} = 0, \\ Sv_{zn2} = Sv_{yn2} = Sv_{z32} = Sv_{y32} = 1 - \text{схватывание;} \\ \text{при } Sv_{zn1} = Sv_{yn1} = Sv_{z31} = Sv_{y31} = 1, \\ Sv_{zn2} = Sv_{yn2} = Sv_{z32} = Sv_{y32} = 0 - \text{скольжение.} \end{cases} \quad (3)$$

Характеристики трибоэлементов $Sv_i = 1$ указывают на то, что данный трибоэлемент замкнут и его реологический блок является абсолютно твердым телом.

Система дифференциальных уравнений в пространстве переменных состояния динамической модели ТСМО, записывается в виде [3]

$$\dot{u} = Du + S(u), \quad (4)$$

где u - (12×1) -вектор переменных состояния со следующими компонентами:

$$u_1 = z; u_2 = \dot{z}; u_3 = y; u_4 = \dot{y}; u_5 = R_{zn}^{(схв)};$$

$$u_6 = R_{yn}^{(схв)}; u_7 = R_{zn}^{(ск)}; u_8 = R_{yn}^{(ск)}; u_9 = R_{z3}^{(схв)};$$

$$u_{10} = R_{y3}^{(схв)}; u_{11} = R_{z3}^{(ск)}; u_{12} = R_{y3}^{(ск)};$$

D – (12×12)-матрица преобразования со следующими отличными от нуля элементами:

$$d_{1,2} = d_{3,4} = 1; d_{2,1} = -\frac{c_z}{m};$$

$$d_{2,5} = d_{2,7} = d_{2,9} = d_{2,11} = d_{4,6} = d_{4,8} = d_{4,10} = d_{4,12} = \frac{1}{m};$$

$$d_{5,5} = -\frac{1}{T_{zn}^{(cxв)}}; d_{2,2} = -\frac{b_z}{m}; d_{4,3} = -\frac{c_y}{m};$$

$$d_{4,4} = -\frac{b_y}{m}; d_{6,6} = -\frac{1}{T_{yn}^{(cxв)}}; d_{7,7} = -\frac{1}{T_{zn}^{(ck)}};$$

$$d_{8,8} = -\frac{1}{T_{yn}^{(ck)}}; d_{9,9} = -\frac{1}{T_{z3}^{(cxн)}}; d_{10,10} = -\frac{1}{T_{y3}^{(cxв)}};$$

$$d_{11,11} = -\frac{1}{T_{z3}^{(ck)}}; d_{12,12} = -\frac{1}{T_{y3}^{(ck)}};$$

S – (12×1)-вектор-функция со следующими отличными от нуля кусочно-линейными коэффициентами:

$$s_5 = -Sv_{zn1} \left(\frac{c_{zn1}}{T_{zn}^{(cxв)}} u_1 + \frac{b_{zn1}}{T_{zn}^{(cxв)}} u_2 \right);$$

$$s_6 = -Sv_{yn1} \left(\frac{c_{yn1}}{T_{yn}^{(cxв)}} u_3 + \frac{b_{yn1}}{T_{yn}^{(cxв)}} u_4 \right);$$

$$s_7 = -Sv_{zn2} \left(\frac{c_{zn2}}{T_{zn}^{(ck)}} u_1 + \frac{b_{zn2}}{T_{zn}^{(ck)}} u_2 \right);$$

$$s_8 = -Sv_{yn2} \left(\frac{c_{yn2}}{T_{yn}^{(ck)}} u_3 + \frac{b_{yn2}}{T_{yn}^{(ck)}} u_4 \right);$$

$$s_9 = -Sv_{z31} \left(\frac{c_{z31}}{T_{z3}^{(cxв)}} u_1 + \frac{b_{z31}}{T_{z3}^{(cxв)}} u_2 \right);$$

$$s_{10} = -Sv_{y31} \left(\frac{c_{y31}}{T_{y3}^{(cxв)}} u_3 + \frac{b_{y31}}{T_{y3}^{(cxв)}} u_4 \right);$$

$$s_{11} = -Sv_{z32} \frac{b_{z32}}{T_{z3}^{(ck)}} u_2; s_{12} = -Sv_{y32} \frac{c_{y32}}{T_{y3}^{(ck)}} u_3.$$

Результаты исследования и их обсуждение

Были выполнены расчеты для условий: заготовка - диаметр $d=90$ мм, вылет 135 мм, материал ХН65ВМТЮ; инструмент - задний угол $\alpha = 8^\circ$; передний угол $\gamma = -8^\circ$, главный угол в плане $\phi = 70^\circ$, вспомогательный угол в плане $\phi_1 = 20^\circ$, материал пластины М101S, державка 40х20; вылет 95 мм; режимы резания - подача $S=0,19$ мм/об, глубина резания $t=1,0$ мм; скорость резания $V = 30 \dots 220$ м/мин. Обработка без охлаждения.

Во всех рассмотренных случаях движение в модели начинается с фазы схватывания (диаграмма 2 на рис. 2,а). Смещение по нормали к формообразующей точке инструмента в направлении y (кривая 1 на рис. 2,а) получено в результате расчета по модели (4) с учетом (3).

Список литературы

1. Вейц В. Л., Васильков Д. В., Максarov В. В. Управление параметрами зоны и траектории локальной метастабильности в обрабатываемом материале // Машиностроение и автоматизация производства: межвузовский сборник. Вып. 15. СПб.: СЗПИ, 1999. С. 16–20.
2. Васильков Д. В., Вейц В. Л., Максarov В. В. К вопросу упрощения динамической модели технологической системы механической обработки // Машиностроение и автоматизация производства: межвузовский сборник. СПб.: СЗПИ, 1998. Вып. 14. С. 35–41.
3. Вейц В. Л., Васильков Д. В. Задачи динамики, моделирования и обеспечения ка-

чества при механической обработке маложестких заготовок // СТИН, 1999, № 6. С. 9–13.

4. Вейц В. Л., Максarov В. В. Динамическое моделирование стружкообразования в процессе резания // Машиностроение и автоматизация производства: межвузовский сборник. СПб.: СЗПИ, 1999. Вып. 14. С. 15–20.

5. Васильков Д. В., Вейц В. Л., Шевченко В. С. Динамика технологической системы механической обработки. СПб.: Инструмент, 1997. 230 с.

6. Васильков Д. В. Формирование реологических свойств поверхностного слоя материалов // Машиностроение и автоматизация производства: межвузовский сборник. СПб.: СЗПИ, 1996. Вып. 3. С. 94–99.

7. Васильков Д. В., Вейц В. Л., Максarov В. В. Моделирование процесса стружкообразования на основе кусочно-линейной аппроксимации // Академический вестник. Информатизация. Вып. 1. СПб.: Иماش., 1998. С. 16–21.

8. Вейц В. Л., Максarov В. В., Козлова Е. Б. Математическое моделирование процесса стружкообразования при лезвийной обработке // Машиностроение и автоматизация производства: межвузовский сборник, Вып. 14. СПб.: СЗПИ, 1999. С. 139–145.

9. Васильков Д. В., Кочина Т. Б. Теория и методы исследования контактных взаимодействий в технологических машинах на основе реологических представлений. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008. 179 с.

References

1. Veits V. L., Vasilkov D. V., Maksarov V. V. Upravleniye parametrami zony i trayektorii lokal'noy metastabil'nosti v ob-rabatyvayemom materiale [Control of the parameters of the zone and trajectory of local metastability in the processed material]. *Mashinostroyeniye i avtomatizatsiya proizvodstva: mezhvuzovskiy sbornik*, issue 15. SPb.: SZPI, 1999, pp. 16–20.

2. Vasilkov D. V., Veits V. L., Maksarov V. V. K voprosu uproshcheniya dinamicheskoy modeli tekhnologicheskoy sistemy mekhanicheskoy obrabotki [On the issue of simplifying the dynamic model of the technological system of mechanical processing]. *Mashinostroyeniye i avtomatizatsiya proizvodstva: mezhvuzovskiy sbornik*. SPb.: SZPI, 1998, vol. 14, pp. 35–41.

3. Veits V. L., Vasilkov D. V. Zadachi dinamiki, modelirovaniya i obespecheniya kachestva pri mekhanicheskoy obrabotke malozhestkikh zagotovok [Problems of dynamics, modeling and quality assurance in the machining

of low-rigid workpieces]. *STIN*, 1999, issue 6, pp. 9–13.

4. Veits V. L., Maksarov V. V. Dinamicheskoye modelirovaniye struzhkoobrazovaniya v protsesse rezaniya. [Dynamic modeling of chip formation in the cutting process]. *Mashinostroyeniye i avtomatizatsiya proizvodstva: mezhvuzovskiy sbornik*. SPb.: SZPI, 1999, vol. 14, pp. 15–20.

5. Vasilkov D. V., Veits V. L., Shevchenko V. S. *Dinamika tekhnologicheskoy sistemy mekhanicheskoy obrabotki* [Dynamics of the technological system of mechanical processing]. SPb.: Instrument, 1997. 230 p.

6. Vasilkov D. V. Formirovaniye reologicheskikh svoystv poverkhnostnogo sloya materialov [Formation of rheological properties of the surface layer of materials]. *Mashinostroyeniye i avtomatizatsiya proizvodstva: mezhvuzovskiy sbornik*, SPb.: SZPI, 1996, issue 3, pp. 94–99.

7. Vasilkov D. V., Veits V. L., Maksarov V. V. Modelirovaniye protsessa struzhkoobrazovaniya na osnove kusochno-lineynoy approksimatsii [Modeling of chip formation process based on piecewise linear approximation]. *Akademicheskii vestnik. Informatizatsiya*, SPb.: Imash, 1998, issue 1, pp. 16–21.

8. Veits V. L., Maksarov V. V., Kozlova E. B. Matematicheskoye modelirovaniye protsessa struzhkoobrazovaniya pri lezviynoy obrabotke [Mathematical modeling of the chip formation process during blade processing]. *Mashinostroyeniye i avtomatizatsiya proizvodstva: mezhvuzovskiy sbornik*, vol. 14. SPb.: SZPI, 1999. pp. 139–145.

9. Vasilkov D. V., Kochina T. B. *Teoriya i metody issledovaniya kontaktnykh vzaimodeystviy v tekhnologicheskikh mashinakh na osnove reologicheskikh predstavleniy* [Theory and methods of research of contact interactions in technological machines based on rheological representations]. SPb.: izd-vo SPbGPU, 2008. 179 p.

Александров Александр Сергеевич

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

старший преподаватель

E-mail: k2.bstu@list.ru

Alexandrov Alexander Sergeevich

Baltic State Technical University «VOENMEH» behalf D. F. Ustinov

Russian Federation, Saint-Petersburg

senior lecturer

E-mail: k2.bstu@list.ru

Васильков Дмитрий Витальевич

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

доктор технических наук, профессор

E-mail: vasilkovdv@mail.ru

Vasilkov Dmitry Vitalievich

Baltic State Technical University «VOENMEH» behalf D. F. Ustinov

Russian Federation, Saint-Petersburg

Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: vasilkovdv@mail.ru

Голикова Варвара Васильевна

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

старший преподаватель

E-mail: k2.bstu@list.ru

Golikova Varvara Vasilyevna

Baltic State Technical University «VOENMEH» behalf D. F. Ustinov

Russian Federation, Saint-Petersburg

senior lecturer

E-mail: k2.bstu@list.ru

УДК 620.1

КЕРАМИКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

В. В. АЛИСИН

Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН,
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: vva-imash@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы формирования керамических образцов на основе порошков частично стабилизированного диоксида циркония. На основе анализа дисперсности порошков, показан широкий спектр размеров как первичных частиц, так и агломерации. Методом гидростатического взвешивания выполнены измерения открытой пористости и кажущейся плотности. По керамической технологии изготовлены образцы для изучения трибологических и прочностных свойств. Приведена микроструктура керамики, состава ZrO_2 -3 моль.% Y_2O_3 , полученных из наноструктурированных порошков при температуре спекания – 1450°C. Проведены сравнительные испытания пар трения керамика-сталь и керамика-керамика в условиях трения скольжения без смазки при среднем контактном давлении $p = 5$ Мпа и скорости $v = 0,2$ м/с. Установлено, что в условиях сухого трения циркониевая керамика способна обеспечить удовлетворительную работу узла трения механизма в возможных условиях пожаротушения. Были проведены стендовые испытания подшипников скольжения содержащих циркониевую керамику, подтвердившие работоспособность материала.

Ключевые слова: диоксид циркония, наноструктурные порошки, керамика, трибологические испытания, прочность, интенсивность изнашивания

TRIBOTECHNICAL CERAMICS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE POWDERS

V. V. ALISIN

A. A. Blagonravov Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences,
Russian Federation, Moscow
E-mail: vva-imash@yandex.ru

The article deals with the formation of ceramic samples based on powders of partially stabilized zirconium dioxide. Based on the analysis of the dispersion of powders, a wide range of sizes of both primary particles and agglomerates is shown. Measurements of open porosity and apparent density were performed by hydrostatic weighing. Samples were made using ceramic technology to study the tribological and strength properties of the properties. The microstructure of ceramics of the composition ZrO_2 -3 mol is given.% Y_2O_3 obtained from nanostructured powders at a sintering temperature of – 1450 °C. Comparative tests of ceramic-steel and ceramic-ceramic friction pairs were carried out under sliding friction conditions without lubrication at an average contact pressure $p = 5$ Mpa and a velocity $v = 0.2$ m/s. It is established that in conditions of dry friction, zirconium ceramics are able to ensure satisfactory operation of the friction unit of the mechanism in possible fire extinguishing conditions. Demonstration poster sessions were held

Key words: zirconium dioxide, nanostructured powders, ceramics, tribological tests, strength, wear intensity

Введение

Узлы трения в автоматических системах пожаротушения в ряде случаев работают в условиях высоких температур, при которых невозможно применение смазочных материалов на жидкой основе. Применение твердых смазочных материалов, например, дисульфида молибдена, расширяет интервал допусти-

мых температур, но ограничен температурой 400°C, при которой твердая смазка превращается в абразив. Поэтому актуальны исследования материалов способных работать в условиях высоких температур. Интересным и перспективным научным направлением в настоящее время является исследование возможности применения для работы в условиях высо-

ких температур такого материала как керамика на основе порошков соединений циркония [1]. Перспективность данного материала для использования в различных деталях триботехнического назначения обусловлена высокими прочностными свойствами керамики на основе частично стабилизированного диоксида циркония (ЧСЦ). Это свойство возникает за счет мартенситного превращения метастабильной тетрагональной (Т) фазы в стабильную моноклинную (М) под воздействием приложенных напряжений [2]. В сравнении с другими керамическими материалами циркониевые керамики обладают наибольшей трещиностойкостью.

Свойства керамики на основе ZrO_2 определяются в основном фазовым составом и микроструктурой. Характеристики исходных порошков и процесса их технологического преобразования непосредственно влияют на свойства материала и его микроструктуру [4]. Для модификации структуры и свойств можно использовать наноструктурированные порошки с узким распределением частиц по размерам, высокой степени чистоты и гомогенности, следствием чего является получение износостойкого материала из керамики (состав ZrO_2 – 3 моль.% Y_2O_3) с заданным комплексом свойств. Установлено [5], что повышение температуры проведения реакции с 25 °С до 70 °С уменьшает агломерацию получаемых наноструктурированных порошков и приводит к увеличению физико-механических свойств керамического материала. Экспериментально показано [7], что в условиях нагрева до темпе-

ратуры до 1500 °С показатели прочности циркониевой керамики уменьшаются с 680 МПа до ~ 360 МПа, что характеризует циркониевую керамику как высоко температуростойкий материал. Трибологические свойства циркониевой керамики изучены мало.

Цель исследования изучить возможность применения циркониевой керамики в подшипниках скольжения, работающих в режиме сухого трения.

Материал и методы исследования. Для проведения исследования выбрана керамика на основе диоксида циркония частично стабилизированного оксидом иттрия. Образцы имеют химический состав ZrO_2 -3 моль.% Y_2O_3 и получены из порошков синтезированных по золь-гель технологии [6]. Дисперсность порошков определялась на лазерном анализаторе «Mastersizer Micro».

Трибологические испытания проведены на машине трения УМТ-1 по схеме диск-палец. Контроль выполнено в виде диска диаметром 120 мм, который изготавливался из стали У10А и керамики состава ZrO_2 +17моль.% CeO_2 .

Результаты

Выбрана оптимальная температура проведения химической реакции – 70 °С, время гелирования 15 часов. Однако анализ дисперсности порошков, показывает широкий спектр размеров как первичных частиц, так и агломератов (рис. 1).

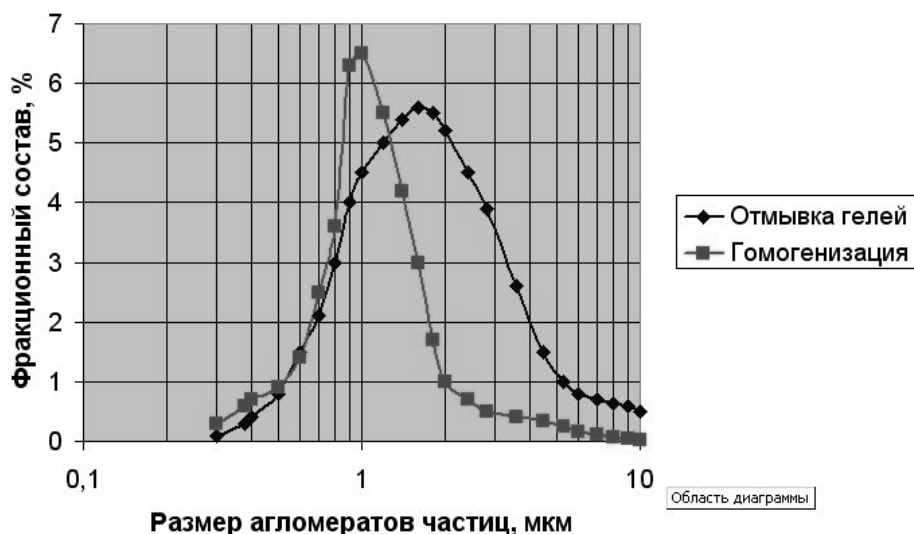


Рис. 1. Распределение агломератов частиц наноструктурированных порошков по размерам

Из полученных порошков были изготовлены керамические образцы (рис. 2) для изучения трибологических и прочностных свойств: квадраты $10 \times 10 \times 4$ мм, балки $7 \times 7 \times 70$ мм.

Проведение испытаний. Образец устанавливается на опоры. В программу вводятся геометрические размеры образца. Испытание проводится постепенным наращиванием нагрузки, вплоть до разрушения образца.

В процессе испытаний все данные с пульта оператора поступают в ЭВМ и обрабаты-

ваются программой. Процесс испытаний осуществляется автоматически. Общая погрешность метода не превышает $\pm 5\%$.

Измерение кажущейся плотности, открытой пористости проводили методом гидростатического взвешивания в соответствии с ГОСТ 2409-95. Результаты испытаний макетных образцов, изготовленных из керамического материала, полученного из наноструктурированных порошков ЧСЦ, показаны в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний керамического материала $ZrO_2 - 3$ моль.% Y_2O_3 , полученного из наноструктурированных порошков

Свойства	Значение
Плотность, $г/см^3$	5,9
(относительная плотность, %)	98
Открытая пористость, %	0,01
Прочность при симметричном изгибе, МПа	800
Критический коэффициент интенсивности напряжений, $МПа \cdot м^{1/2}$	8



Рис. 2. Образцы для определения трибологических и прочностных свойств керамического материала

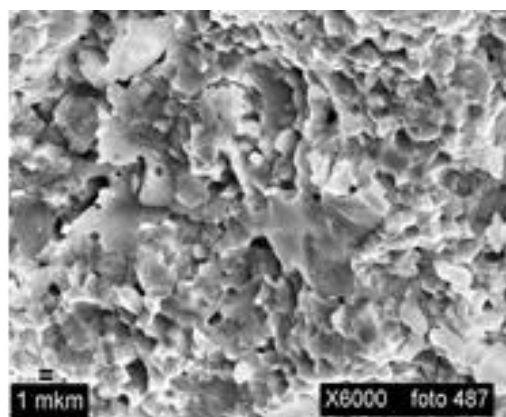


Рис. 3. Микроструктура керамических материалов

На рис. 3 приведена микроструктура керамики, состава $ZrO_2 - 3$ моль.% Y_2O_3 , полученных из наноструктурированных порошков при температуре спекания – $1450^\circ C$.

В узлах трения машин, содержащих циркониевую керамику в качестве контртела,

применяют закаленную сталь и керамику. Проведены сравнительные испытания пар трения керамика-сталь и керамика-керамика в условиях трения скольжения без смазки при среднем контактом давлении $p = 5$ МПа и скорости $v = 0,2$ м/с. (табл. 2).

Таблица 2. Интенсивности изнашивания J и керамических материалов

Пальчиковый образец	контртело	J палец	J диск
Керамика ($ZrO_2 + 3$ моль.% Y_2O_3)	Сталь У10 А	$7,5 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-8}$
Керамика $ZrO_2 + 17$ моль.% CeO_2 ,	Керамика $ZrO_2 + 17$ моль.% CeO_2	$6,0 \cdot 10^{-7}$	$6,5 \cdot 10^{-7}$



Рис. 4. Подшипники скольжения с втулками из циркониевой керамики

Результаты испытаний показывают, что в условиях сухого трения циркониевая керамика способна обеспечить удовлетворительную работу узла трения механизма в возможных условиях пожаротушения. Были проведены стендовые испытания подшипников скольжения содержащих циркониевую керамику (рис. 4).

Работоспособность подшипников скольжения подтверждена стендовыми испытаниями.

Выводы

Применение керамических материалов на основе диоксида циркония в узлах трения работающих без смазки может повысить безопасность эксплуатации работы механизмов в экстремальных условиях процесса пожаротушения за счет уменьшения вероятности задира поверхностей.

Список литературы

1. Dry sliding wear behaviour of ZrB₂-based ceramics: Self-mated and cross coupling with alumina / D. Sciti, S. Guicciardi, L. Zoli [et al.]. *Journal of the European Ceramic Society*. 2022, vol. 42, issue 14, pp. 6335–6346. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.07.022>.
2. Grain-size dependence of sliding wear in tetragonal zirconia polycrystals / Y. J. He, A. J. A. Winnubst, A. J. Burggraaf [et al.]. *J. Amer. Ceram. Soc.* 1996, vol. 79, issue 12, pp. 3090–3096.
3. Enhancing toughness and strength of SiC ceramics with reduced graphene oxide by HP sintering / Y. Huang, D. Jiang, X. Zhang [et al.]. *Journal of the European Ceramic Society*, 2018, vol. 38, issue 13, pp. 4329–4337. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2018.05.033>.
4. Combustion synthesis of ZrB₂-TaB₂-TaSi₂ ceramics with microgradient grain structure and improved mechanical properties / E. A. Vorotilo, M. I. Levashov, M. I. Petrzhik [et al.]. *Ceramics International*, 2019, vol. 45, issue 2A, pp. 1503–1512. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.10.020>.
5. Зависимость изнашивания керамики от состава наноструктурных порошков ЧСЦ / В. Г. Лаптева, В. В. Алисин, Л. И. Куксенова [и др.] // *Проблемы машиностроения и надежности машин*. 2011. № 2. С. 50–54.
6. Microstructure and mechanical properties of in-situ grown mullite toughened 3Y-TZP zirconia ceramics fabricated by gelcasting P. Liu, Z. Li, P. Xiao, [et al.]. *Ceramics International*,

2018, vol. 44, issue 2, pp. 1394–1403. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.08.336>.

7. Neuman E. W., Hilmas G. F., Fahrenholtz W. G. Mechanical behavior of zirconium diboride–silicon carbide ceramics at elevated temperature in air. *Journal of the European Ceramic Society*, 2013, vol. 33, issue 15–16, pp. 2889–2899. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2013.05.003>.

References

1. Dry sliding wear behaviour of ZrB₂-based ceramics: Self-mated and cross coupling with alumina / D. Sciti, S. Guicciardi, L. Zoli [et al.]. *Journal of the European Ceramic Society*. 2022, vol. 42, issue 14, pp. 6335–6346. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2022.07.022>.
2. Grain-size dependence of sliding wear in tetragonal zirconia polycrystals / Y. J. He, A. J. A. Winnubst, A. J. Burggraaf [et al.]. *J. Amer. Ceram. Soc.* 1996, vol. 79, issue 12, pp. 3090–3096.
3. Enhancing toughness and strength of SiC ceramics with reduced graphene oxide by HP sintering / Y. Huang, D. Jiang, X. Zhang [et al.]. *Journal of the European Ceramic Society*, 2018, vol. 38, issue 13, pp. 4329–4337. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2018.05.033>.
4. Combustion synthesis of ZrB₂-TaB₂-TaSi₂ ceramics with microgradient grain structure and improved mechanical properties / E. A. Vorotilo, M. I. Levashov, M. I. Petrzhik [et al.]. *Ceramics International*, 2019, vol. 45, issue 2A, pp. 1503–

1512. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.10.020>.

5. Zavisimost' iznashivaniya keramiki ot sostava nanostrukturnykh poroshkov CHSTS [Dependence of wear of ceramics on the composition of nanostructured ChSTS powders] / V. G. Lapteva, V. V. Alisin, L. I. Kuksenova [et al.]. *Problemy mashinostroyeniya i nadezhnosti mashin*, 2011, issue 2, pp. 50–54.

6. Microstructure and mechanical properties of in-situ grown mullite toughened 3Y-TZP zir-

conia ceramics fabricated by gelcasting P. Liu, Z. Li, P. Xiao, [et al.]. *Ceramics International*, 2018, vol. 44, issue 2, pp. 1394–1403. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.08.336>.

7. Neuman E. W., Hilmas G. F., Fahrenholtz W. G. Mechanical behavior of zirconium diboride–silicon carbide ceramics at elevated temperature in air. *Journal of the European Ceramic Society*, 2013, vol. 33, issue 15–16, pp. 2889–2899. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2013.05.003>

Алисин Валерий Васильевич

Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, зав. лабораторией

E-mail: vva-imash@yandex.ru

Alisin Valery Vasilyevich

A. A. Blagonravov Institute of Machine Science of the Russian Academy of Sciences

Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences,

Head. laboratory

E-mail: vva-imash@yandex.ru

УДК 621.895

МЕХАНИЗМ ПРОНИКАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ СОТС В ПАРОВОЙ ФАЗЕ В ЗОНУ РЕЗАНИЯ

С. А. ЕГОРОВ, М. С. ОБРОНОВ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»
Российская Федерация, г. Иваново
E-mail: esa21-02@mail.ru

Смазочно-охлаждающие технологические средства в паровой фазе обладают рядом преимуществ. Их применение позволяет повысить стойкость инструмента, чувствительного к перепадам температуры, снизить расход СОТС, сравнимый с подачей аэрозоли, повысить точность обработки вследствие снижения тепловых деформаций, снижения времени попадания активных компонентов в зону резания.

Для получения СОТС в парообразном состоянии был сконструирован парогенератор проточного типа производительностью 995 л пара в час. С его помощью промышленно выпускаемые водосмешиваемые СОТС преобразовывали в пар и подавали в зону резания.

В результате исследований было определено влияние ПАВ на конденсацию компонентов СОТС из парообразного состояния на заготовку и инструмент. Компоненты сохраняют свою формулу при переходе из одного агрегатного состояния в другое.

Компоненты в паровой фазе в результате диффузии попадают в микрокапилляры, которые образованы стружкой и инструментом, и заполняют их. Скорость проникновения пара в микрокапилляры зависит от температуры стружки и обратно пропорциональна корню квадратному из молярной массы. Диффузия почти не зависит от размеров микрокапилляров и повышается при сходе стружки и отрыве нароста. Скорость заполнения капилляров газообразной средой будет зависеть от давления на границах капилляров и разницы концентраций снаружи и внутри.

Ключевые слова: Смазывание, охлаждение, резание, механизм проникающего действия, парообразные смазочно-охлаждающие технологические средства

THE MECHANISM OF PENETRATING ACTION OF LUBRICATING AND COOLING TECHNOLOGICAL MEANS IN THE VAPOR PHASE INTO THE CUTTING ZONE

S. A. EGOROV, M. S. OBRONOV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
«Ivanovo State Power Engineering University by V. I. Lenin»
Russian Federation, Ivanovo
E-mail: esa21-02@mail.ru

Lubricating and cooling technological means in the vapor phase have a number of advantages. Their use makes it possible to increase the durability of a tool sensitive to temperature changes, reduce the consumption of STS, comparable to the supply of aerosol, increase the accuracy of processing due to reduced thermal deformations, reduce the time of ingress of active components into the cutting zone.

A flow-type steam generator with a capacity of 995 liters of steam per hour was designed to produce STS in a vaporous state. With its help, industrially produced water-miscible STS were converted into steam and fed into the cutting zone.

As a result of the research, the influence of surfactants on the condensation of the components of the STS from the vapor state on the workpiece and tool was determined. The components retain their formula during the transition from one aggregate state to another.

The components in the vapor phase as a result of diffusion fall into the microcapillaries, which are formed by chips and tools, and fill them. The rate of vapor penetration into the microcapillaries depends on the chip temperature and is inversely proportional to the square root of the molar mass. Diffusion almost

does not depend on the size of the microcapillaries and increases with the descent of the chips and the separation of the growth. The rate of filling of capillaries with a gaseous medium will depend on the pressure at the boundaries of the capillaries and the difference in concentrations outside and inside.

Key words: Lubrication, cooling, cutting, penetrating mechanism, vapor-like lubricating and cooling technological means.

Одним из путей повышения стойкости инструмента при резании, повышения качества поверхности и производительности является применение СОТС. [1]

Любое машиностроительное производство потребляет значительное количество разнообразных смазочно-охлаждающих жидкостей в больших объемах. После снижения эффективности действия которых встает вопрос об утилизации. С целью уменьшения затрат на закупку и утилизацию СОТС предлагается подача СОТС в парообразном состоянии. [2]

Данный способ позволяет значительно снизить расход СОТС и затраты на утилизацию, повысить производительность, качество поверхности и повысить стойкость инструмента.

Подачей СОТС в парообразном состоянии занимались Подгорков В. В., Капустин А. С. [3, 4], Годлевский В. А., Волков А. В. [5], Егоров С. А. [6], Розенцвейг А. К., Страшинский С. С. [7], Лю Дж., Хан Р., Сунь И. [8], Чжун Я. Л., Ронг Д. Х., Ян В. [9, 10].

Большинство работ посвящено исследованию действия водяного пара на процесс лезвийного резания [4, 6, 7–9]. Вода и водяной пар являются универсальным растворителем и

оказывают сильное корродирующее воздействие на оборудование и обрабатываемый материал. С целью снижения коррозии необходимо вводить в состав воды, используемой для получения водяного пара, ингибиторы коррозии. Также необходимы и другие функциональные присадки, улучшающие обрабатываемость, снижающие износ инструмента. Поэтому для получения парообразных СОТС решено было использовать готовые промышленно выпускаемые жидкости. Оценить их эффективность действия в парообразном состоянии и выявить закономерности их влияния на процесс резания.

Для получения СОТС в парообразном состоянии был сконструирован парогенератор проточного типа [6] производительностью 995 л пара в час. С его помощью промышленно выпускаемые водосмешиваемые СОТС преобразовывали в пар и подавали в зону резания.

В контакте инструмент-заготовка стружка имеет развитую сеть микрокапилляров, которые образованы микронеровностями поверхностей контакта. Величина микронеровностей лезвийного инструмента изучена профилографированием и составляет размер от 1 до 8 мкм (см. рис.).

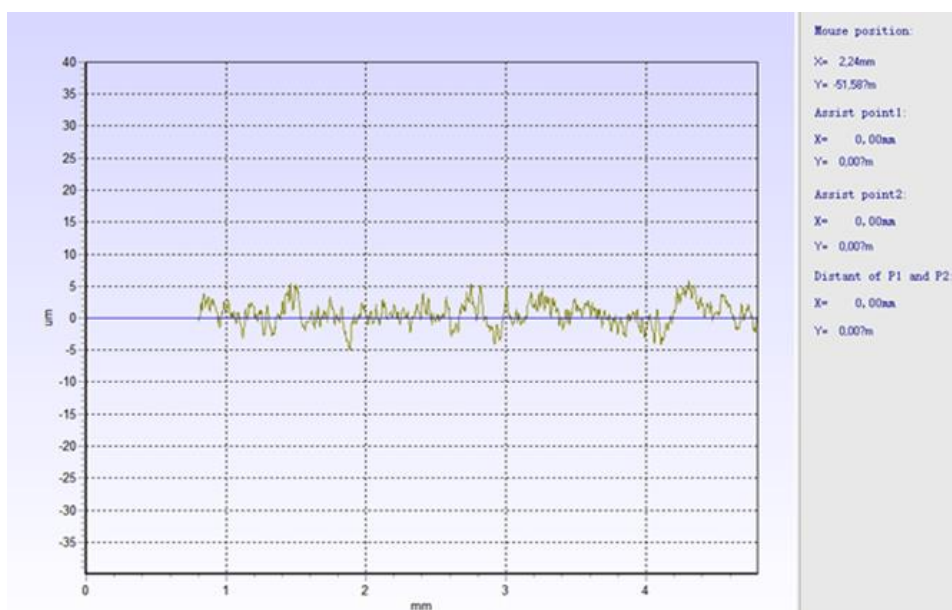


Рисунок.
Профилограмма
передней
поверхности
инструмента
в направлении
перпендикулярно
главной
режущей кромке

Линейная плотность микрокапилляров по краю контакта определяется длиной контакта и размерами микрокапилляров. Так на длине контакта 0,5 мм плотность составит 0,2 на 1 мкм. Так как микрокапилляры открыты со всех сторон, в них попадает пар и воздух. Скорость заполнения капилляров газообразной средой будет зависеть от разницы давлений снаружи и внутри, разницы температур снаружи и внутри, разницы концентраций снаружи и внутри. Уравнение носит название уравнение Дарси:

$$U = -\frac{B_0}{\mu} \frac{dp}{dx}, \quad (1)$$

где U – поверхностная скорость, B_0 – проницаемость, μ – вязкость, $\frac{dp}{dx}$ изменение давления внутри капилляра. Скорость проникновения СОТС по микрокапиллярам ограничивается вязкостью жидкости, разностью давлений на концах капилляров и проницаемостью дефектного слоя.

С уменьшением микронеровностей между инструментом, стружкой и заготовкой проницаемость микрокапиллярной сети снижается и будет по значению приближаться к скорости резания. Благодаря этому различия в эффективности СОТС более заметны на малых скоростях резания.

Проницаемость ограничивается размером микрокапель дисперсии, поэтому высокодисперсные составы более эффективны при резании.

Было определено влияния ПАВ на конденсацию компонентов СОТС из парообразного состояния на заготовку и инструмент. Компоненты сохраняют свою формулу при переходе из одного агрегатного состояния в другое.

Кинетика парообразных СОТС описывается уравнением:

$$U = -\left(\frac{B_0}{\mu} + \frac{4}{3} K_0 \frac{V}{\rho}\right) \frac{dp}{dx}, \quad (2)$$

где K_0 – коэффициент проникновения, находящийся в пределах 0,02–0,08, V – скорость газа на входе в капилляр, ρ – плотность газа ($\approx 0,6 \text{ кг/м}^3$ при 100°C).

Расчеты показывают, что скорость течения пара по микрокапиллярам на пять порядков превышает скорость течения жидкости, поэтому ограничения в эффективности дей-

ствия СОТС по скорости резания нет. Давление газа зависит от температуры и изменяется на порядки. Так при 20°C давление будет составлять 2 КПа, а при 100°C уже 100 КПа.

Согласно кинетической теории газов средняя скорость молекул газа находится по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{3RT}{M}}, \quad (3)$$

где R – универсальная газовая постоянная ($8,31 \text{ Дж/К}\cdot\text{моль}$), T – абсолютная температура (373K), M – молярная масса вещества (18 кг). Отсюда, для водяного пара при 100°C , скорость молекул газа 22 м/с . А давление пара на входе в капилляр будет равно 10^5 Па , если капилляр мгновенно открывается. В дальнейшем при стационарных условиях разность давлений на концах капилляра будет находиться в пределах 1 бар. Так как подвижность молекул в капиллярах обратно пропорциональна их молярной массе, то скорость их движения в микрокапиллярах будет также зависеть от их молярной массы. Средняя скорость движения молекул на входе в капилляры определяется выражением 3 и зависит от корня квадратного из молярной массы.

Выводы по работе

1. Существует ограничение смазочного действия СОТС по скорости резания, которое связано с проницаемостью контакта для жидкой фазы и скоростью течения СОТС в контакте.

2. Смазочное действие СОТС зависит от агрегатного состояния СОТС.

3. Порядок скорости течения СОТС в паровой фазе не зависит от размера микрокапилляров. Давление газа зависит от температуры и изменяется на порядки.

4. Скорость движения молекул СОТС в паровой фазе по микрокапиллярам согласно кинетической теории газов зависит от температуры и молярной массы молекул.

5. Проникновение СОТС в паровой фазе в зону резания происходит благодаря наличию сети микрокапилляров между стружкой и инструментом и между заготовкой и инструментом. Периодически возникающие новые капилляры имеют разницу давлений на концах. СОТС под давлением заполняет капилляры. Процесс заполнения капилляра паром замедляется по мере выравнивания давления.

Список литературы

References

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под общ. ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. М.: Машиностроение. 1995. 496 с.
2. Дорохов А. А., Егоров С. А., Деметьева Н. А. Исследование работоспособности парогенератора для подачи смазочно-охлаждающих технологических средств // Обработка металлов (технология оборудования инструменты). 2014. № 2 (63). С. 56–61.
3. Патент 2163862 Российская Федерация МПК В 23 Q 011/10 Автоматизированное устройство для подачи смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания / А. С. Капустин, В. В. Подгорков, С. В. Подгорков [и др.]; опубл. 10.03.2001.
4. Капустин А. С. Исследование эффективности действия СОТС в парообразном состоянии при обработке металлов резанием: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01. Иваново: Ивановский энерг. ун-т., 1997. 17 с.
5. Волков А. В., Годлевский В. А. Математические модели смазочных процессов в технических трибосистемах. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2010. 144 с.
6. Патент 136136 Российская Федерация МПК U1 F 24 H 1/00. Устройство для получения горячей воды и пара / И. А. Свиридов, С. А. Егоров, Д. В. Коробов; опубл. 27.12.13, Бюл. №36.
7. Rozentsvaig A. K., Strashinskii C. S. Modeling of heat transfer conditions in cooling lubricant emulsions with low-boiling continuous media in narrow gaps. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2016, vol. 102, pp. 555–560.
8. Liu J., Han R., Sun Y. Research on experiments and action mechanism with water vapor as coolant and lubricant in green cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, vol. 45, issue 6, pp. 687–694.
9. Junyan L., Rongdi H., Yang W. Research on difficult-cut-material in cutting with application of water vapor as coolant and lubricant *Industrial Lubrication and Tribology*, 2010, vol. 62, issue 5, pp. 251–262.
10. The study on lubrication action with water vapor as coolant and lubricant in cutting ANSI 304 stainless steel / L. Junyan, H. Rongdi, L. Huanpeng [et al.]. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2010, vol. 50, issue 3, pp. 260–269.

1. *Smazochno-okhlazhdayushchiye tekhnologicheskiye sredstva dlya obrabotki metallov rezaniyem: Spravochnik* [Lubricating and cooling technological means for metal cutting: Reference] / Pod obshch. red. S. G. Entelisa, E. M. Berlinera. M.: Mashinostroyeniye. 1995. 496 p.
2. Dorokhov A. A., Egorov S. A., Dementieva N. A. Issledovaniye raboto-sposobnosti parogeneratora dlya podachi smazochno-okhlazhdayushchikh tekhnolo-gicheskikh sredstv [Investigation of the efficiency of a steam generator for the supply of lubricating and cooling technological means]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya oborudovaniye instrumenty)*. 2014, vol. 2 (63), pp. 56–61.
3. [Automated device for supplying coolant to the cutting zone] / A. S. Kapustin, V. V. Podgorkov, S. V. Podgorkov [et al.]. Patent 2163862 RU B 23 Q 011/10, opubl. 10.03.2001, Byul. №
4. Kapustin A. S. *Issledovaniye effektivnosti deystviya SOTS v paroobraznom sostoyanii pri obrabotke metallov rezaniyem: avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Investigation of the effectiveness of STS in a vaporous state during metal cutting. Abstract diss. cand. techn. sci.]. Ivanovo: Ivanovskiy energ. un-t, 1997. 17 p.
5. Volkov A. V., Godlevsky V. A. *Matematicheskiye modeli smazochnykh protsessov v tekhnicheskikh tribosistemakh* [Mathematical models of lubricating processes in technical tribosystems]. Ivanovo: Ivan. state University, 2010. 144 p.
6. Sviridov I. A., Egorov S. A., Korobov D. V. *Ustroystvo dlya polucheniya goryachey vody i para* [Device for obtaining hot water and steam]. Patent 136136 RU U1 F 24 H 1/00. Application 2013117569/06. opubl. 27.12.2013. Byul. № 36
7. Rozentsvaig A. K., Strashinskii C. S. Modeling of heat transfer conditions in cooling lubricant emulsions with low-boiling continuous media in narrow gaps. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2016, vol. 102, pp. 555–560.
8. Liu J., Han R., Sun Y. Research on experiments and action mechanism with water vapor as coolant and lubricant in green cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2005, vol. 45, issue 6, pp. 687–694.
9. Junyan L., Rongdi H., Yang W. Research on difficult-cut-material in cutting with application of water vapor as coolant and lubricant *Industrial Lubrication and Tribology*, 2010, vol. 62, issue 5, pp. 251–262.

10. The study on lubrication action with water vapor as coolant and lubricant in cutting ANSI 304 stainless steel / L. Junyan, H. Rongdi,

L. Huanpeng [et al.]. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2010, vol. 50, issue 3, pp. 260–269.

Егоров Сергей Анатольевич

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,

Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: esa21-02@mail.ru

Egorov Sergey Anatolevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Power Engineering University by V. I. Lenin»

Russian Federation, Ivanovo

Candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: esa21-02@mail.ru

Обронов Михаил Сергеевич

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,

Российская Федерация, г. Иваново

Аспирант

E-mail: silverz1988@mail.ru

Obronov Michael Sergeevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo State Power Engineering University by V. I. Lenin»

Russian Federation, Ivanovo

Postgraduate student

E-mail: silverz1988@mail.ru

УДК 621

**СНИЖЕНИЕ ИЗНОСА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС КОРОБОК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ
ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ ТРАНСМИССИОННОГО МАСЛА**

В. В. КИСЕЛЕВ, В. П. ЗАРУБИН, А. А. ПОКРОВСКИЙ

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

E-mail: slavakis76@mail.ru, docent432@yandex.ru, aapokrovskiy@mail.ru

Долговечность работы узлов и механизмов в значительной степени может зависеть от качества и своевременности проведения технического обслуживания. При проведении технического обслуживания особое внимание следует уделять узлам трения транспортной техники, поскольку по статистике доля поломок, вызванных износом трущихся деталей составляет порядка 70 %. Эффективным способом повышения долговечности узлов трения является использование высокоэффективных масел и смазок, соответствующих условиям работы конкретного узла или агрегата. В статье затрагивается проблема повышенного износа зубчатых колес коробок переключения передач пожарных автомобилей на базовых шасси КамАЗ, эксплуатируемых в тяжелых условиях и со значительными нагрузками. Для снижения износа зубчатых колес предлагается улучшить противоизносные свойства применяемых трансмиссионных масел за счет добавления в них разработанной противоизносной присадки на основе стеаратов мягких металлов. В работе описана методика проведения триботехнических испытаний, показаны результаты испытаний трансмиссионного масла, модифицированного разработанной противоизносной присадкой, сделан вывод о целесообразности улучшения противоизносных свойств трансмиссионных масел для коробок переключения передач пожарных автомобилей.

Ключевые слова: трансмиссионное масло, специальная автомобильная техника, износ, коэффициент трения, долговечность, присадка к маслам.

**REDUCING THE WEAR OF GEARS OF GEARBOXES OF FIRE TRUCKS
BY IMPROVING THE ANTI-WEAR PROPERTIES OF TRANSMISSION OIL**

V. V. KISELEV, V. P. ZARUBIN, A. A. POKROVSKIY

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: slavakis76@mail.ru, docent432@yandex.ru, aapokrovskiy@mail.ru

The durability of the operation of components and mechanisms can largely depend on the quality and timeliness of maintenance. When carrying out maintenance, special attention should be paid to the friction units of transport equipment, since according to statistics, the share of breakdowns caused by wear of rubbing parts is about 70 %. An effective way to increase the durability of friction units is to use high-performance oils and lubricants that correspond to the operating conditions of a particular unit or unit. The article touches upon the problem of increased wear of the gears of gearboxes of fire trucks on the KamAZ base chassis, operated in difficult conditions and with significant loads. To reduce wear of gear wheels, it is proposed to improve the anti-wear properties of the gear oils used by adding the developed anti-wear additive based on soft metal stearates to them. The paper describes the methodology for conducting tribotechnical tests, shows the results of testing gear oil modified with the developed anti-wear additive, and concludes that it is expedient to improve the anti-wear properties of gear oils used in gearboxes of fire trucks.

Key words: transmission oil, special automotive equipment, wear, friction coefficient, durability, oil additive.

Повышение надежности и долговечности пожарной автомобильной техники является важной задачей. Данный вопрос актуален для любых машин и механизмов, в том числе для пожарных автомобилей, от технического состояния которых во многом зависит эффективность выполнения задач по тушению пожаров и спасению людей. Долговечность пожарного автомобиля определяется многими факторами, в том числе долговечностью его отдельных элементов.

Условия эксплуатации пожарных автомобилей можно считать тяжелыми, поскольку интенсивность их применения в различных климатических условиях достаточно высокая. С точки зрения безотказности функционирования такой эксплуатационный режим автомобилей является неблагоприятным. Детали узлов и агрегатов пожарного автомобиля будут подвергаться постоянному износу за счет высоких фрикционных нагрузок. Часто причиной выхода автомобиля из строя являются поломки в коробках переключения передач (КПП), вызванные износом зубчатых колес и других трущихся деталей.

На большинстве пожарных автомобилей отечественного производства устанавливается механическая коробка переключения передач со ступенями. Переключение передач в таких коробках производится перемещением шестерен в зацеплениях внутри коробки или блокировкой шестерен на валу с помощью синхронизаторов. На валах коробки переключения передач установлены наборы шестерен с различными числами зубьев, что позволяет выбирать необходимое передаточное отношение. Сами валы устанавливаются в картере на подшипниковых опорах. На первичном валу КПП жестко установлена ведущая шестерня, передающая крутящий момент на промежуточный вал. На вторичном валу устанавливается необходимый набор шестерен, количество которых определяет число ступеней КПП. В современных КПП пожарных автомобилей устанавливаются косозубые зубчатые колеса, имеющие более низкие показатели шумности и лучшие прочностные показатели. Принцип работы КПП основан исключительно на теории зубчатого зацепления. А, как известно, степень износа зубчатых колес зависит, в том числе от качества применяемых смазочных материалов и соблюдения регламента по их замене.

Объем трансмиссионного масла в коробке переключения передач пожарных автомобилей, изготовленных на шасси КамАЗ, Урал и других, составляет от 8,5 до 12 литров. Коробка переключения передач нуждается в регулярном контроле уровня масла. Такой кон-

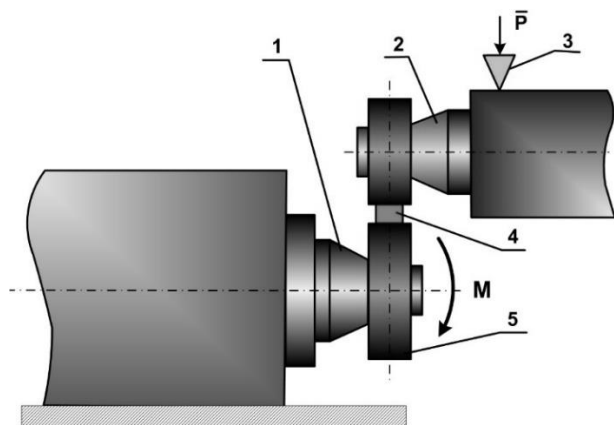
троль нужно осуществлять не реже одного раза в месяц. Для пожарных автомобилей, эксплуатируемых в тяжелых условиях, трансмиссионное масло подлежит полной замене один раз в год. Для автомобилей со значительным пробегом межсервисный интервал рекомендуется сократить вдвое. Тяжелый режим работы сопряжен с необходимостью частого переключения скоростей и длительной работе на низких передачах, что способствует интенсивной выработке ресурса трансмиссионного масла.

Несомненно, использование качественного трансмиссионного масла позволит продлить срок эксплуатации дорогостоящего узла, обеспечит точность в переключении передач [1, 2]. Ассортимент предлагаемых на рынке трансмиссионных масел достаточно широк. В составе большинства современных смазочных материалов присутствуют присадки различного действия и назначения, в том числе противоизносные присадки. Однако, ранее проведенные исследования [3] показали, что противоизносные показатели используемых в трансмиссиях пожарных автомобилей масел требуют улучшения. С этой целью была разработана противоизносная присадка на основе солей мягких металлов для трансмиссионных масел, имеющих минеральную или полусинтетическую основу. Присадка представляет собой стеараты меди и олова насыщенных и ненасыщенных жирных кислот растительных масел. Металлические компоненты присадки находятся в базовом масле в растворенном виде и способны проходить фильтрующие системы автомобилей. Технология изготовления присадки достаточно проста и не требует больших материальных затрат. Присадка является химически нейтральной к любым трансмиссионным маслам на минеральной или полусинтетической основе как отечественного, так и иностранного производства [4]. Мягкие металлы в присадке способны восстанавливаться на металлических поверхностях трения, разделяя их пленкой мягкого металла и предотвращая непосредственный контакт поверхностей зубчатых колес.

В качестве испытуемого трансмиссионного масла было выбрано минеральное трансмиссионное масло известного отечественного производителя марки ТМ-5 с индексом вязкости 80W-90. Такое трансмиссионное масло находит широкое применение в коробках переключения передач пожарных автомобилей, выполненных на шасси грузовых автомобилей. У масла заявлены высокие эксплуатационные характеристики, оно отличается невысокой стоимостью и доступностью на отечественном рынке в современных условиях. Исследуемая противоиз-

носная присадка добавлялась в базовое трансмиссионное масло с концентрацией 1,5 масс. %. Такая концентрация для данного типа присадок считается оптимальной на основании ранее проведенных исследований [5].

Для оценки противоизносных свойств модифицированного трансмиссионного масла проводились его триботехнические испытания с использованием стандартной методики на машине трения модели СМТ-1. В качестве основных показателей антифрикционных свойств смазочного материала определялись коэффициент трения, интенсивность изнашивания и стойкость к образованию задира при максимальных нагрузках. На рис. 1 представлена упрощенная схема трения машины СМТ-1. В качестве исследуемых триботехнических характеристик определялись зависимости коэффициента трения от давления в паре трения и интенсивности изнашивания от давления. Максимальная нагрузочная способность смазочного материала определялась по резкому увеличению момента трения при повышении контактной нагрузки. Величина максимальной нагрузки на образцы показывает стойкость смазочного материала к образованию задира. Данные триботехнические характеристики дают возможность судить о противоизносных свойствах трансмиссионного масла, модифицированного разработанной противоизносной присадкой [6]. Пара трения представляет собой ролик и частичный вкладыш, изготовленные из конструкционной стали 45 с последующим улучшением. Смазочный материал добавлялся в зону трения капельным способом. Нагружение в контакте образцов создаётся винтовым нагружающим устройством и регулируется ступенчато до разрушения смазочного слоя (заедания). Путь трения составлял 20 км при каждом значении нагрузки.



Интенсивность изнашивания поверхности трения определялась с помощью метода «Искусственных баз» по заранее нанесенным отпечаткам (рис. 2). Проводились длительные испытания при фиксированном давлении в паре трения и постоянной скорости. Данный метод является одним из наиболее простых и эффективных методов контроля износа трущихся поверхностей. На рабочей поверхности выполнялось углубление заранее заданной геометрической формы при помощи индентора конической формы твердомера Роквелла. В этом случае вершина конусного отпечатка, полученного на исследуемой поверхности, принимается за искусственную базу, относительно которой производится определение износа трущейся поверхности.

Линейный износ определяли по формуле:

$$u = \frac{(d_1 - d_2) \cdot \tan(90 - \frac{\alpha}{2})}{2}, \quad (1)$$

где u – линейный износ, мм; d_1 – значение диаметра отпечатка до испытания, мм; d_2 – значение диаметра отпечатка после испытания, мм; α – угол конуса индентора.

Интенсивность изнашивания определяли по формуле 2:

$$I = \frac{u}{S}, \quad (2)$$

где I – интенсивность изнашивания, мм/км; S – путь трения, км.

На рис. 3, 4 представлены данные по результатам проведенных триботехнических испытаний – это зависимости коэффициента трения от давления и интенсивности изнашивания от давления для базового трансмиссионного масла ТМ-5 (80W90) и того же трансмиссионного масла с разработанной противоизносной металлосодержащей присадкой.

Рис. 1. Упрощенная схема узла трения машины СМТ – 1: 1 – нижний (вращающийся) вал; 2 – верхний (неподвижный) вал; 3 – нагружающее устройство; 4 – образец; 5 – контртело

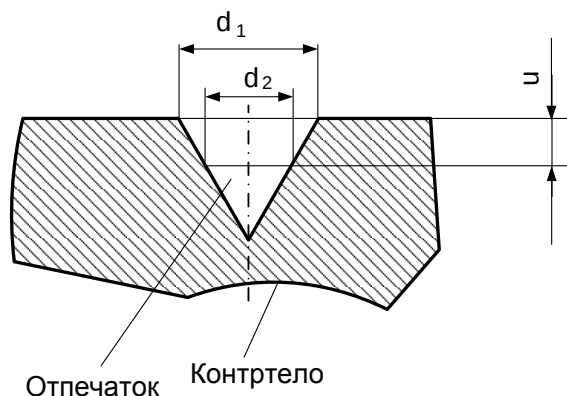


Рис. 2. Определение износа по методу искусственных баз

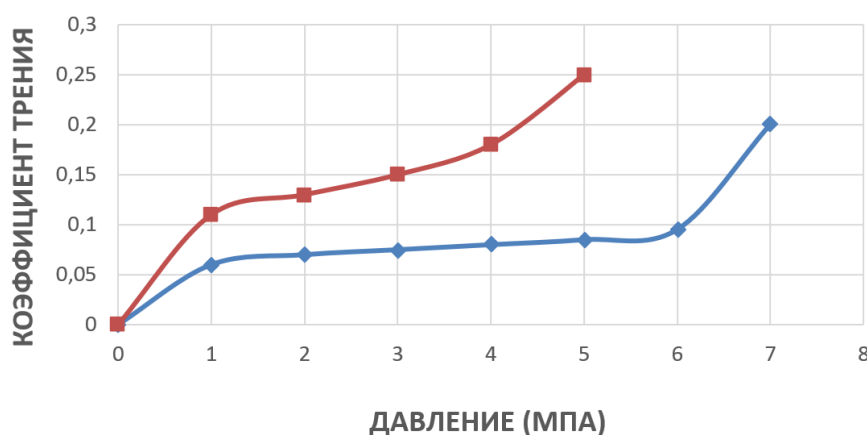


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от давления:

■ – трансмиссионное масло ТМ-5 (80W-90);
◆ – трансмиссионное масло ТМ-5 (80W-90) с 1,5 % разработанной металлосодержащей присадкой

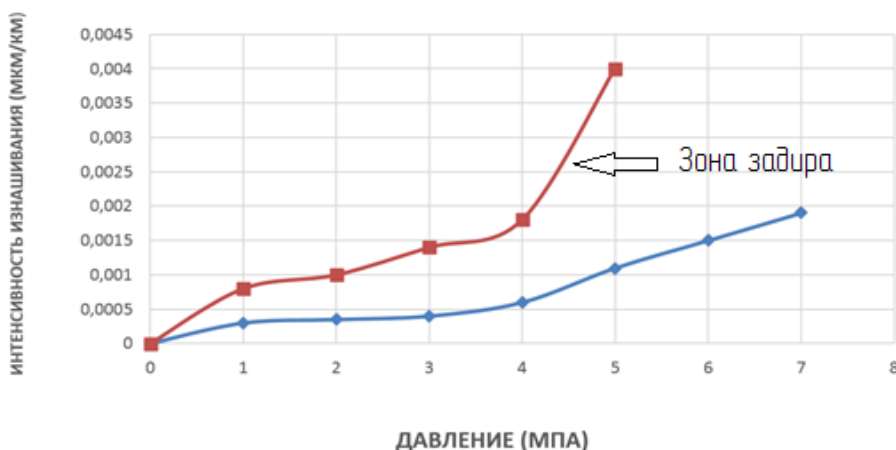


Рис. 4. Зависимость интенсивности изнашивания от давления за 20 км пути трения:

■ – трансмиссионное масло ТМ-5 (80W-90);
◆ – трансмиссионное масло ТМ-5 (80W-90) с 1,5 % разработанной металлосодержащей присадкой

Анализируя представленные выше триботехнические зависимости, можем сделать следующие выводы:

1. Введение в базовое трансмиссионное масло ТМ-5 (80W90) разработанной металлосодержащей противоизносной присадки позволило увеличить рабочее давление в паре

трения с 5 МПа до 7 МПа, что составляет около 40 %. Повышение нагрузочной способности важно для узлов трения тяжело нагруженных транспортных средств.

2. Наблюдается снижение коэффициента трения во всем диапазоне давлений испытываемой пары трения. Можем заметить, что

при давлении в паре трения 4 МПа коэффициент трения снизился с 0,18 до 0,08, что составляет 125 %. При больших значениях нагрузки в паре трения снижение коэффициента трения становится более значимым. Это указывает на повышение стабильности работы пары трения в модифицированном трансмиссионном масле в широком диапазоне нагрузок.

3. Показатель интенсивности изнашивания испытываемых образцов также снизился при трении в модифицированном трансмиссионном масле во всем диапазоне нагрузок. Так, например, при давлении в паре трения 4 МПа данный триботехнический показатель снизился с 0,0018 мкм/км до 0,0006 мкм/км, что составляет 3 раза.

4. График зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки позволяет определить диапазон возникновения задира в паре трения. Так трансмиссионное масло без

наполнителя в диапазоне давления от 4 до 5 МПа склонно к образованию участков разрыва пленки смазочного материала и возникновению очагов задира. Добавка 1,5 % разработанной присадки увеличивает этот показатель до 6–7 МПа, что говорит о повышении нагрузочной способности смазочного материала и возможности снизить негативные последствия резкого повышения удельного давления в узле трения.

На основании анализа полученных экспериментальных данных можем сделать вывод, что разработанная и исследованная противоизносная металлосодержащая присадка для трансмиссионных масел, применяемых в коробках переключения передач пожарных автомобилей, позволит в значительной степени снизить износ зубчатых колес, а, следовательно, повысить долговечность этих деталей и всего агрегата в целом.

Список литературы

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность). М.: «Издательство МСХА», 2001. 616 с.
2. Крагельский И. В. Новые аспекты науки о трении и износе // Физико-химическая механика контактного взаимодействия и фреттинг – коррозия. Киев: Книга, 1973. 526 с.
3. Киселев В. В., Зарубин В. П. Повышение надежности трансмиссий пожарных автомобилей за счет улучшения триботехнических свойств смазочных материалов // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 1 (34). С. 31–37.
4. Разработка конструкции установки для определения интенсивности износа трущихся деталей пожарной техники / В. В. Киселев, В. П. Зарубин, П. В. Пучков [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность. 2022. № 1 (24). С. 7–13.
5. Киселев В. В. Улучшение противоизносных характеристик смазочных материалов для повышения надежности пожарной техники // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2022. № 2. С. 75–78.
6. Киселев В. В., Жуков Ю. А. Повышение износостойкости деталей трансмиссий пожарных автомобилей за счет применения высокоэффективных смазочных материалов // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охране России. Иваново: Ивановская пожарно-

спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 147–149.

References

1. Garkunov D. N. *Tribotekhnika (iznos i bezyznosnost')* [Tribotechnology (wear and tear)]. M.: «Izdatel'stvo MSKHA», 2001. 616 p.
2. Kragelsky I. V. *Novyye aspekty nauki o trenii i iznose* [New aspects of the science of friction and wear]. *Fiziko-khimicheskaya mekhanika kontaktnogo vzaimodeystviya i fretting – korroziya*. Kiev: Kniga, 1973. 526 p.
3. Kiselev V. V., Zarubin V. P. *Povysheniye nadezhnosti transmissiy pozharnykh avtomobiley za schet uluchsheniya tribotekhnicheskikh svoystv smazochnykh materialov* [Improving the reliability of fire truck transmissions by improving the tribotechnical properties of lubricants]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*. 2020, vol. 1 (34), pp. 31–37.
4. *Razrabotka konstruktssii ustanovki dlya opredeleniya intensivnosti iznosa trushchikhsya detaley pozharnoy tekhniki* [Development of the installation design for determining the intensity of wear of rubbing parts of fire equipment] / V. V. Kiselev, V. P. Zarubin, P. V. Puchkov [et al.]. *Pozharnaya i avariynaya bezopasnost'*. 2022, vol. 1 (24), pp. 7–13.
5. Kiselev V. V. *Uluchsheniye protivoznosnykh kharakteristik smazochnykh materialov dlya povysheniya nadezhnosti pozharnoy tekhniki* [Improving the anti-wear performance of lubricants to improve the reliability of fire fighting equipment]. *Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 370-y godovshchine obrazovaniya pozharnoy okhrane Rossii*. Ivanovo: Ivanovskaya požarno-

6. Kiselev V. V., Zhukov Yu. A. Povysheniye iznosostoykosti detaley transmissiy pozharnykh avtomobiley za schet primeneniya vysokoeffektivnykh smazochnykh materialov [Improving the wear resistance of fire engine transmission parts through the use of high-performance lubricants]. *Pozharnaya i avariynaya*

bezopasnost': sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 370-y godovshchine obrazovaniya pozharnoy okhrane Rossii. Ivanovo: Ivanovskaya pozharno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 147–149.

Киселев Вячеслав Валериевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: slavakis76@mail.ru

Kiselev Vyacheslav Valerievich

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 tech. sciences, assistant professor
E-mail: slavakis76@mail.ru

Зарубин Василий Павлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат технических наук, доцент
E-mail: docent432@yandex.ru

Zarubin Vasily Pavlovich

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 tech. sciences, assistant professor
E-mail: docent432@yandex.ru

Покровский Аркадий Алексеевич

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

Pokrovskiy Arkadiy 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 tech. sciences, assistant professor
E-mail: aapokrovskiy@mail.ru

УДК 614.846

ВОЗМОЖНОСТИ ТРИБОЛОГИИ В ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В. И. ЛОГИНОВ, М. В. ИЛЕМЕНОВ, К. Э. АРХИРЕЕВ, И. Д. ИГНАТОВА

Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий
Российская Федерация, г. Балашиха
E-mail: LoginovVlad@mail.ru

Сформулированы основные направления возможных совместных НИОКР с научными организациями, занимающимися проблемами трибологии и, в частности, триботехники и заинтересованными подразделениями МЧС России в части повышения уровня качества пожарно-спасательной техники с целью повышения её надёжности, увеличения сроков службы, расширения оперативно-тактических возможностей. Негативные факторы, влияющие на работоспособность агрегатов, узлов и деталей, смазочные материалы – оперативность применения, климатические условия, тепловые факторы пожара, токсичные продукты горения, дым. Наиболее востребованы исследования по следующим видам (типам) пожарно-спасательной техники – основные и специальные пожарные автомобили, компрессоры для зарядки дыхательных аппаратов, робототехнические комплексы, насосные агрегаты, дымососы, гидравлическое оборудование, средства защиты и спасения.

Ключевые слова: пожарно-спасательная техника, качество, надёжность, трение, износ, смазочные материалы.

TRIBOLOGY POSSIBILITIES IN IMPROVING THE QUALITY OF FIRE AND RESCUE EQUIPMENT

V. I. LOGINOV, M. V. ILEMENOV, K. E. ARKHIREEV, I. D. IGNATOVA

FGBU VNIPO EMERCOM of Russia
Russian Federation, Balashikha
E-mail: LoginovVlad@mail.ru

The main directions of possible joint R&D with scientific organizations dealing with problems of tribology and, in particular, tribotechnics, and interested units of the Emercom of Russia in terms of improving the quality of fire and rescue equipment in order to increase its reliability, increase service life, expand operational and tactical capabilities are formulated. Negative factors affecting the operability of aggregates, assemblies and parts, lubricants – efficiency of application, climatic conditions, thermal factors of fire, toxic fire products, smoke. The most in demand research on the following types (types) of fire and rescue equipment - basic and special fire trucks, compressors for charging breathing apparatus, robotic systems, units pumping, smoke pumps, hydraulic equipment, means of protection and rescue.

Key words: fire and rescue equipment, quality, reliability, friction, wear, lubricants.

Трибология – раздел физики, занимающийся исследованием и описанием контактного взаимодействия твёрдых деформируемых тел при их относительном перемещении. Соответственно областью трибологических исследований являются процессы трения, изнашивания, смазки. Раздел трибологии – трибо-

техника исследует перечисленные процессы в узлах, агрегатах машин и механизмов.

МЧС России – государственная структура, использующая для решения своих гуманитарных задач сложную, высокотехнологичную пожарно-спасательную технику (далее – ПСТ). От качества и возможностей этой техники, сохранения её работоспособности достаточно длительный срок во многом зависит успешное выполнение подразделениями по-

жарной охраны различных оперативно-тактических задач.

Специфика работы всех видов пожарно-спасательной техники, применяемой подразделениями МЧС России заключается в оперативности её применения, в воздействии на неё тепловых факторов пожара, токсичных продуктов горения, дыма, эксплуатации в любых климатических условиях. Перечисленные факторы, которые, как правило, воздействуют на ПСТ совокупно, негативно сказываются на износ агрегатов, узлов и деталей, физико-химические свойства смазочных материалов и, в конечном итоге, на надёжность, сроки службы пожарно-спасательной техники. Исходя из сказанного возникает широкое поле возможностей взаимодействия и проведения совместных прикладных научных исследований и опытно-конструкторских работ между научными подразделениями, работающими в области триботехники и МЧС России [1].

Основные направления совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ возможно сформулировать следующим образом. Повышение уровня надёжности и сроков службы пожарно-спасательной техники – мобильной пожарной техники (основные и специальные пожарные автомобили), робототехнических комплексов (далее – РТК), насосных агрегатов, компрессорных установок, мотопомп, дымососов, средств защиты и спасения.

Мобильная пожарная техника

1. Исследование работы:

- поршневых групп двигателей и тормозных систем пожарных автомобилей. Работа двигателей пожарных автомобилей происходит, как правило, в очень жёстком режиме, когда необходимо оперативно выезжать по тревоге, и нет времени на предварительный прогрев двигателя. Как следствие это приводит к повышенному износу деталей поршневой группы. [2–4];

- ступеней сжатия компрессоров для зарядки дыхательных аппаратов. Ступени сжатия компрессоров для зарядки дыхательных аппаратов работают при высоких температурах, что также необходимо учитывать, рассматривая, например, взаимодействие поршня и стенок цилиндра ступеней сжатия;

- механических приводов РТК, пожарных автолестниц и автоподъёмников;

- рабочих колёс центробежных пожарных насосов;

- вентиляторов дымососов.

Рабочие колёса центробежных пожарных насосов, вентиляторы пожарных дымососов

сов взаимодействуют с твёрдыми частицами, которые находятся в засасываемой воде или в дыму, что негативно влияет на их износ и, в конечном счёте, на их производительность [5].

2. Исследование взаимодействия узлов, агрегатов, деталей в процессе работы пожарно-спасательной техники в условиях воздействия высоких температур газовой среды или тепловых потоков большой интенсивности, что требует специальных исследований.

3. Изучение путей снижения сил трения и износа узлов, агрегатов, деталей в указанных условиях пожаров, том числе, путём использования современных смазочных материалов.

4. Измерение сил трения, износа и несущей способности трущихся тел в узлах и агрегатах пожарной техники в процессе их фрикционного воздействия.

Гидравлическое оборудование

В части пожарного гидравлического оборудования основное направление исследований заключается в повышении качества и производительности гидравлического оборудования.

Для этого необходимы исследования по снижению гидравлических потерь в гибких трубопроводах при:

- подаче огнетушащих веществ (порошки, многокомпонентные смеси);

- откачке воды с твёрдыми примесями при ликвидации опасных гидрологических явлений (наводнения, ветровые нагоны воды и т.п.) [6;7].

Актуально изучение процессов изнашивания внутренних поверхностей гидравлического оборудования, изготавливаемых из различных полимерных композиций от трения при движении твёрдых огнетушащих веществ.

Актуальны также вопросы повышения надёжности и сроков службы запорных элементов пожарных кранов, гидроэлеваторов, гидрантов (это различные вентили, задвижки, шиберы).

Средства защиты и спасения

Изучение процессов, связанных с эрго-техническими моделями «человек-пожарно-спасательная техника». [8]

Для этого необходимы:

- определение путей снижения механического износа специальной защитной одежды: механический износ полимерных композиций, входящих в водозащитный слой многослойного пакета материалов и тканей от трения в слоях или при трении внешних поверхностей окружающей рабочей среды на пожаре (разрушенные здания и сооружения, различные кон-

струкции), определение путей снижения механического износа;

- повышение надёжности и долговечности средств спасения с высотных уровней, работающих по принципу поддержания стабильности скорости спуска человека за счёт фрикционных сил трения [9].

Заключение

Результаты исследований по указанным направлениям будут способствовать:

- расширению оперативно-тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений;

- улучшению эксплуатационных характеристик пожарно-спасательной техники;

- повышению уровня её надёжности, включая такие параметры как сроки службы;

- увеличению межремонтных сроков и сроков технического обслуживания;

- снижению импортозависимости;

- снижению затрат на эксплуатацию пожарной техники.

И в конечном итоге снижению потерь от пожаров и чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

1. Пожарная техника. Учебник в 2 частях. Службное издание / Б. В. Гавкалюк, М. А. Марченко, А. И. Преснов [и др.]. Санкт-Петербургский университет, 2021 г.

2. Новое поколение автомобилей с расширенными функциональными возможностями. Пожарный автомобиль газодымозащитной службы / А. И. Пичугин, Е. В. Павлов, В. И. Старцев [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 3. С. 66–70.

3. Пичугин А. И., Кузнецов Ю. С. Анализ надёжности пожарных автомобилей в гарнизонах ФПС ГПС МЧС России // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXIII Международной научно-практической конференции, посвящённой году науки и технологий, 2021. С. 887–894

4. Некоторые направления создания и эксплуатации пожарных автомобилей первой помощи / А. И. Пичугин, В. И. Старцев, Д. Г. Мичудо [и др.] // Пожарная безопасность. 2021. № 4. С. 71–77.

5. Погружные насосы – практика применения, технические требования, пути развития / М. В. Илеменов, В. И. Логинов, С. М. Ртищев [и др.] // Пожарная безопасность. 2021. № 4. С. 55–62

6. Расчётное обоснование применения рукавов больших диаметров в насосно-рукавных комплексах при ликвидации чрезвычайных ситуаций / С. М. Ртищев, М. В. Илеменов, В. И. Логинов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2021. № 7. С. 42–48

7. Опыт участия специалистов ФГБУ ВНИИПО МЧС России в ликвидации техногенной катастрофы с разливом нефтепродуктов в районе Норильска / В. Е. Павлов, М. В. Илеменов, С. М. Ртищев [и др.] // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: материалы V Международной научно-

практической конференции посвящённой Всемирному дню гражданской обороны. Часть II. 2021. С. 266–271

8. Исследования боевой одежды пожарного, предназначенной для эксплуатации в условиях Крайнего Севера и Арктической зоны / В. И. Логинов, К. Э. Архиреев, Е. Д. Михайлова [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 11. С. 44–50

9. Применение агрегатно-комбинированных устройств для спасения людей во время пожара / К. Э. Архиреев, М. В. Вищекин, С. М. Дымов [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, 2021. С. 7–13.

References

1. *Pozharnaya tekhnika. Uchebnik v 2 chastyakh. Sluzhebnoye izdaniye* [Fire engineering. Textbook in 2 parts. Service Edition] / B. V. Gavkalyuk, M. A. Marchenko, A. I. Presnov [et al.]. St. Petersburg University, 2021.

2. *Novoye pokoleniye avtomobiley s rasshirennymi funktsional'nymi vozmozhnostyami. Pozharnyy avtomobil' gazodymozashchitnoy sluzhby* [A new generation of vehicles with enhanced functionality. Fire truck of the gas and smoke protection service] / A. I. Pichugin, E. V. Pavlov, V. I. Startsev [et al.]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti*, 2021, issue 3, pp. 66–70.

3. Pichugin A. I., Kuznetsov Yu. S. *Analiz nadozhnosti pozharnykh avtomobiley v garnizonakh FPS GPS MCHS Rossii* [Analysis of the reliability of fire trucks in the garrisons of the Federal Fire Service of the Emercom of Russia]. *Aktual'nyye problemy pozharnoy bezopasnosti: materialy XXXIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy godu nauki i tekhnologii*, 2021. pp. 887–894

4. Nekotoryye napravleniya sozdaniya i ekspluatatsii pozharnykh avtomobiley pervoy pomoshchi [Some areas of creation and operation of first aid fire trucks] A. I. Pichugin, V. I. Startsev, D. G. Michudo [et al.]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2021, issue 4, pp. 71–77

5. Pogruzhnyye nasosy – praktika primeneniya, tekhnicheskiye trebovaniya, puti razvitiya [Submersible pumps – application practice, technical requirements, ways of development] / M. V. Ilemenov, V. I. Loginov, S. M. Rtishchev [et al.]. *Pozharnaya bezopasnost'*, 2021, issue 4, pp. 55–62.

6. Raschotnoye obosnovaniye primeneniya rukavov bol'shikh diametrov v nasosno-rukavnykh kompleksakh pri likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy [Calculation justification for the use of large-diameter hoses in pump-hose complexes during emergency response] / S. M. Rtishchev, M. V. Ilemenov, V. I. Loginov [et al.]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2021 issue 7, pp. 42–48.

7. Opyt uchastiya spetsialistov FGBU VNMMPO MCHS Rossii v likvidatsii tekhnogennoy katastrofy s rozlivom nefteproduktov v rayone Noril'ska [The experience of participation of specialists of the FGBU VNIPO EMERCOM of Rus-

sia in the elimination of a man-made disaster with oil spills in the Norilsk region] / V. E. Pavlov, M. V. Ilemenov, S. M. Rtishchev [et al.]. *Grazhdanskaya oborona na strazhe mira i bezopasnosti: materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii posvyashchonnoy Vsemirnomu dnyu grazhdanskoy oborony. Chast' II*, 2021, pp. 266–271.

8. Issledovaniya boyevoy odezhdy pozharnogo, prednaznachennoy dlya ekspluatatsii v usloviyakh Kraynego Severa i Arkticheskoy zony [Research of firefighter combat clothing designed for operation in the conditions of the Far North and the Arctic zone] / V. I. Loginov, K. E. Arkhireev, E. D. Mikhailova [et al.]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2020, issue 11 p.44-50.

9. Primneniye agregatno-kombinirovannykh ustroystv dlya spaseniya lyudey vo vremya pozhara [The use of aggregate-combined devices to save people during a fire] K. E. Arkhireev, M. V. Vishchekin, S. M. Dymov [et al.]. *Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernykh sistem obespecheniya pozharnoy bezopasnosti ob»yektov: sbornik materialov VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2021, pp. 7–13.

Логинов Владимир Иванович

Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Российская Федерация, г. Балашиха

доктор технических наук, главный научный сотрудник

E-mail: LoginovVlad@mail.ru

Loginov Vladimir Ivanovich

FGBU VNIPO EMERCOM of Russia

Russian Federation, Balashikha

Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: LoginovVlad@mail.ru

Илеменов Михаил Валериевич

Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

Российская Федерация, г. Балашиха

начальник сектора

Ilemenov Mikhail Valerievich

FGBU VNIPO EMERCOM of Russia

Russian Federation, Balashikha

Head of Sector

Архиреев Кирилл Эдуардович

Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Российская Федерация, г. Балашиха

начальник отдела

Arkhireev Kirill Eduardovich

FGBU VNIPO EMERCOM of Russia

Russian Federation, Balashikha

Head of Department

Игнатова Ирина Дмитриевна

Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт противопожарной обороны
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

Российская Федерация, г. Балашиха

старший научный сотрудник

Ignatova Irina Dmitrievna

FGBU VNIPO EMERCOM of Russia

Russian Federation, Balashikha

Senior Researcher

УДК 621.74

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

М. Ш. МИГРАНОВ¹, Е. В. ИСАЕВ¹, И. И. МОСЕНЗ¹, А. М. МИГРАНОВ¹, Д. С. РЕПИН²

¹ Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Российская Федерация, г. Москва

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: migmars@mail.ru, isaev.ev@yandex.ru, igormosenz@yandex.ru,
migranov_art_1993@inbox.ru, denisrep@mail.ru

В статье представлены результаты теоретико-экспериментального исследования триботехнических характеристик (износ инструмента по задней поверхности, период стойкости инструмента, критическая длина пути резания до затупления) инновационных наноструктурированных многослойных композиционных покрытий на инструменте для фрезерования жаропрочных сплавов деталей аэрокосмической техники.

Ключевые слова: наноструктурированные композитные многослойные покрытия, жаропрочные сплавы, износостойкость, период стойкости инструмента, длина пути резания.

RESEARCH OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF WEAR-RESISTANT COATINGS FOR METAL-CUTTING TOOLS

M. SH. MIGRANOV¹, E. V. ISAEV¹, I. I. MOSENZ¹, A. M. MIGRANOV¹, D. S. REPIN²

Moscow State Technological University, «STANKIN»
Russian Federation, Moscow

² 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: migmars@mail.ru, isaev.ev@yandex.ru, igormosenz@yandex.ru,
migranov_art_1993@inbox.ru, denisrep@mail.ru

The paper presents the results of theoretico-experimental research of tribotechnical characteristics (tool wear on the back surface, tool durability period, critical cutting path length before blunting) of innovative nanostructured multilayer composite coatings on the tool for milling heat-resistant alloys of aerospace parts.

Key words: nanostructured composite multilayer coatings, heat resistant alloys, wear resistance, tool durability period, cutting path length.

Введение

В технологиях формообразования, лезвийная обработка резанием является основным процессом, широко применяемым в машиностроении на современном производстве и, по оценкам ведущих экспертов, сохранит ведущую роль в ближайшем будущем [1-5]. И это обусловлено следующими обстоятельствами: во-первых, все большее применение в машиностроительном произ-

водстве современных изделий находят инновационные перспективные типы конструкционных материалов, обладающие уникальными физико-механическими и теплофизическими свойствами (например, в авиакосмической промышленности), которые невозможно обрабатывать без использования высокопроизводительного инструмента; во-вторых, резко возрастают требования к показателям качества обработанной поверхности деталей (шероховатость, класс чистоты, остаточные напряжения и т.д.) при необходимости обеспечения наиболее высокой производительности обработки резанием с

минимальными затратами. А также известно [3], что эксплуатационные свойства режущего инструмента (износостойкость при высоких скоростях резания, период стойкости, вибро- и ударопрочность, термостойкость и т.д.) предопределяет в большей степени уровень технических возможностей и необходимость разработки и применения современных дорогостоящих мехатронных систем с высокопроизводительными устройствами для управления с ЧПУ и АдСУ с последующим обязательным сокращением сроком их окупаемости [3, 5]. Анализ отечественных и зарубежных публикаций [6–10] показал, что при высоких температурно-силовых нагрузках на режущий клин при обработке жаропрочных сталей и сплавов для повышения износостойкости наиболее эффективны наноструктурированные покрытия, полученные методами физического осаждения на установках ведущих компаний, как Plait, Cemicon, Metaplas, Balzers, Leybold и др. Известно [5], что при проектировании и разработке современных покрытий для улучшения их эксплуатационных свойств (износостойкость, адгезия с поверхностью инструмента, трещиностойкость, прочность и т.д.) и обеспечения работоспособности режущего клина при циклическом воздействии силового и температурного фактора, в настоящее время все большее применение в качестве основы находят материалы с ультрадисперсной структурой для обеспечения значительного увеличения площади границ между зернами. Вместе с тем известно, что основной причиной потери свойств (разрушение) материалов со структурой микроуровня (ориентировочно более 1 мкм) служит образование трещин и сколов, как результат перенасыщения образующихся дислокаций и возможных дефектов. А при размерах зерна менее 80–100 нм в наноструктурном покрытии имеет место другой характер разрушения, связанный с особенностью расположения и количеством атомов в межграницных зернах, по сравнению в объеме самого зерна. Наноструктурное зерно в износостойком покрытии имеет существенное преимущество и имеет идеальное сочетание свойств. При этом вероятность разрушения из-за наличия дислокации исключается в виду высокой вероятности их эффективного торможения в приграничной зоне зерна. И это подтверждается наблюдением в наноструктурных материалах особенностей образования трещин и их ветвления при вероятности упрочняющего воздействия на межзеренную границу [4, 5].

Несмотря на разработку высокопроизводительных типов инструментальных материалов и различных способов повышения их режущих свойств, проблема повышения эксплуатационных свойств металлорежущих инструментов по сегодняшний день остается актуальной для лезвийной обработки резанием, особенно обрабатываемых материалов используемых в ракетно-космической технике – жаропрочные хромоникелевые сплавы. Одним из самых перспективных способов улучшения режущих свойств лезвийных инструментов при фрезеровании труднообрабатываемых материалов является формирование на их рабочих поверхностях модифицированных многослойно-композиционных многокомпонентных наноструктурированных износостойких покрытий [8–10].

В работе рассмотрены методы повышения эффективности обработки резанием хромоникелевых сплавов на операции фрезерования инструментом с современными износостойкими покрытиями на основе исследования контактных процессов (износостойкости, адгезионных явлений и т.д.)

Теоретико-экспериментальные предпосылки

Процесс обработки металлов резанием сложный процесс по своей физической сущности [1–5]. При контакте инструментального материала с обрабатываемой деталью имеет место повышенная удельная нагрузка на режущий клин (до 2000 МПа и более), которая ведет к повышению температуры (до 1000...1300⁰С) и способствует возникновению высоких скоростей деформации (до 10⁶ с⁻¹) и т.д. Этот процесс приводит к созданию благоприятных условий для адгезионного схватывания контактирующих материалов с последующим их отрывом и изнашиванием, взаимной диффузии и наводораживания поверхности, изменению структурно-фазового состава и генерирования термо-ЭДС. Вышеперечисленные условия оказывают значимое воздействие на свойства и состояние контактных поверхностей режущего инструмента и материала заготовки. При лезвийной обработке резанием, определяющими факторами контактных процессов, как высокие значения температуры и составляющих сил резания, так и показателей качества обработанной поверхности (шероховатость, наклеп, остаточные напряжения и т.д.) являются не только режимы резания, но и условия трения и изнашивания. Известно, что трение и износ режущего инструмента происходят при

повышенных температурах и существенном пластическом деформировании контактирующих материалов с идеальными поверхностями, и эти факторы способствуют их адгезионному взаимодействию [6]. Скольжение в относительном движении стружки обрабатываемой заготовки по поверхности инструментального материала способствует кратковременному образованию адгезионных пятен (схватывание) в непрерывном режиме с последующей их аннигиляцией и зарождением вновь в течение всего процесса резания. При этом рабочая поверхность режущего клина инструмента подвергается напряжениям среза с последующим отделением (отрывом) фрагмента контактирующего материала. Срыв обычно наблюдается больше у мягкого, обрабатываемого материала, но исследования на электронном микроскопе фиксируют одновременный перенос частиц инструментального, более твердого материала, на более мягкий материал.

Для анализа и объяснения контактных процессов при резании металлов, напряженно-деформированного состояния режущего клина при различных температурно-силовых режимах работы используются различные подходы и методы описания этих явлений. Кроме того, на сегодняшний день преимущественное применение и развитие получает структурно-энергетическая концепция к описанию трения, изнашивания и в целом контактных процессов поверхностей обрабатываемой детали и инструментального материала. Согласно [2, 5], процесс резания рассматривается, как открытая термодинамическая система с диссипацией энергии, затраченной на какой-либо процесс, т.е. диссипативная функция (энергия, затраченная за единицу времени на единицу площади) работы внешних сил тратится на пластическую деформацию обрабатываемого материала, формоизменение (изнашивание) режущего инструмента и структурно-фазовые превращения поверхностных слоев обрабатываемого и инструментального материалов. В современных условиях при разработке инновационных многослойных и многокомпонентных наноструктурных покрытий нового поколения необходимо учитывать особенности влияния температурно-силовых условий резания к адаптации поверхностей трения с положительным влиянием на повышение износостойкости, также возможностью управлять стадиями кривой изнашивания. Таким образом, одним из направлений совершенствования физически осажденных покрытий является создание

комбинаций составов, позволяющих использовать материалы со смазывающими и защитными свойствами при высоких температурно-силовых условиях обработки за счет образования вторичных структур в виде оксидов титана, алюминия, хрома и т.д.

Оборудование и методика экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования износостойкости режущего инструмента и триботехнических параметров инновационных композиционных многослойных покрытий на металлорежущем инструменте производятся путем прямого измерения фасок износа трущихся поверхностей. Вместе с тем анализ литературных данных [1-5] и полученные предварительные экспериментальные данные показали, что в условиях чистовой и получистовой обработок, превалирующей и основной частью изнашиваемой поверхности инструмента остается износ по задней поверхности. Согласно результатам исследований [4], наименьшей изменчивостью величины фаски износа обладает задняя поверхность режущего клина по ленточке фрезы. Поэтому в качестве контролируемого параметра размерного износа фрезы при постоянной величине заднего угла и ширины ленточки режущей части была принята фаска износа ленточки при вершине зубьев, учитывающая работу и торцевой части инструмента.

На предварительной стадии для уменьшения времени на определение эффективного состава покрытий и режимов их нанесения, а также затрат как инструментального, так и катодного материала были проведены серии адгезионных испытаний. Согласно [6], при проведении триботехнических испытаний и оценки их параметров (τ_{rn} , p_m , τ_{nr}/p_m) были использованы экспериментальные метод и разработанная установка [7] (рис. 1). При этом за основу данного метода была принята физическая модель, которая позволяет приблизительно отразить механизм контактных процессов и фактические параметры трения на участках локального контакта. Для обеспечения идентичности применительно к процессу резания, наличие пластического контакта и температурного режима в контактной зоне (имитация контакта единичной неровности при трении твердых тел), два плоскопараллельных образца из обрабатываемого материала (10) с ювенильными поверхностями зажимают с нагрузкой N сферический индентор (1) из материала инструмента с различными покрытиями, который приводится во вращение диском (3) посредством тросика (4). Второй

конец тросика соединен с упругими элементами (6,9) и записывающим устройством (8), посредством которого регистрируются усилия привода для вращения индентора (7).

Обеспечение температурного режима в зоне контакта индентора с образцами из

обрабатываемого материала в широком диапазоне изменения (0–1300°C) используется электро-контактный способ, от силового управляемого трансформатора (14) подается высокое напряжение к изолированным от корпуса клеммам (11) [6].

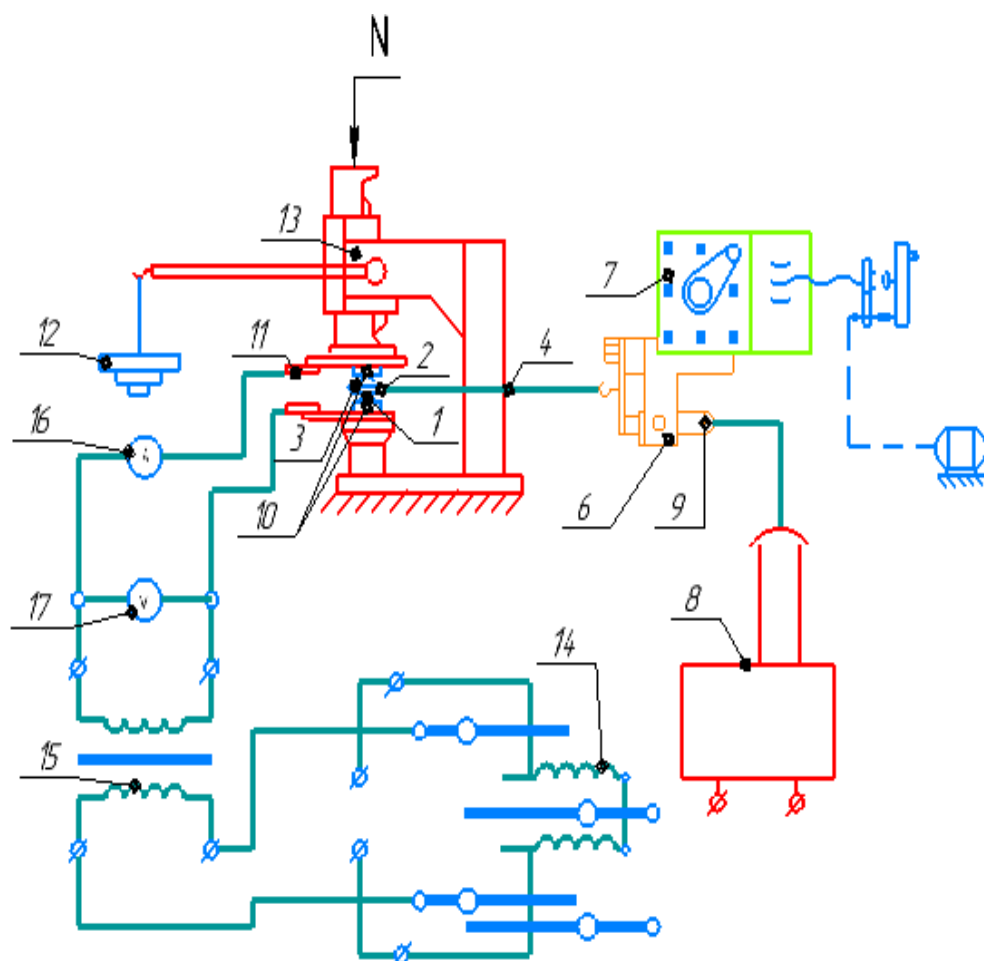


Рис. 1. Экспериментальная установка

Прочность τ_n адгезионных связей на срез определяется из соотношения:

$$\tau_n = \frac{3}{4} \cdot \frac{F_{\text{экс}}}{\pi} \cdot \frac{R_{\text{экс}}}{r_{\text{омп}}^3}, \quad (1)$$

где $F_{\text{экс}}$ – окружная сила на диске, вращающая индентор; $R_{\text{экс}}$ – радиус диска, в котором закрепляется индентор; $r_{\text{омп}}$ – радиус отпечатка (лунки) на образцах.

По результатам адгезионных испытаний из-за сопоставимости размеров отпечатка во всех проводимых опытах можно предположить, что на поверхность сферы

действуют постоянные по величине нормальные напряжения, и они равномерно распределены по всей контактной области сферы. При этом рассчитывается так:

$$p_r = \frac{N}{n \cdot r_{\text{омп}}^2}, \quad (2)$$

Величину коэффициента трения при адгезии определяем как:

$$f_M = \frac{\tau_n}{p_r} = \frac{3}{4} \cdot \frac{F_{\text{экс}}}{N} \cdot \frac{R_{\text{экс}}}{r_{\text{омп}}}, \quad (3)$$

Для обеспечения повторяемости и достоверности результатов экспериментальных исследований, испытания при адгезионных исследованиях и фрезеровании проводились на аттестованном оборудовании. Фрезерование осуществлялось на вертикально-фрезерном станке «ВМ 127М» с повышенной точностью и жесткостью. Обработываемый материал из хромоникелевых сплавов – ХН50МВКТЮР; ХН58МБЮД (физико-механические свойства, химический состав, термообработка испытуемых материалов приведены в ГОСТ 5632-72).

Для исследования закономерностей износа режущих инструментов при торцевом встречном фрезеровании твердосплавными цельными пальчиковыми фрезами из вольфрамокобальтового материала с мелкозернистой структурой ВК10 ОМ с диаметром 12 мм и количеством зубьев $z = 4$ с нанесенными на них разными покрытиями.

Экспериментальное исследование износостойкости фрез с различными покрытиями при натурных испытаниях выполнялись при следующих режимах обработки: частота вращения шпинделя 800 об/мин; минутная подача 65 мм/мин; ширина и глубина фрезерования соответственно 4 мм и 1 мм. В процессе фрезерования измерялись ширина h_3 фаски износа инструмента по задней поверхности с помощью отсчетного микроскопа МИР-2М с насадкой МОВ-15 точностью отсчета до 0,002 мм на рабочем месте и на универсальном моторизированном стереомикроскопе «Carl Zeiss Stereo Discovery V12» с системой визуализации на базе видеокамеры «Zeiss Axiocam 503 Color» 3 мп.

Период стойкости металлорежущего инструмента определялся по формуле для определенного критерия износа по задней поверхности

$$T = l/V, \quad (4)$$

Величины относительного линейного $h_{ол}$ и относительного поверхностного износа $h_{оп}$ по следующим зависимостям:

$$h_{ол} = \frac{h_{3,к} - h_{3,н}}{l_к - l_н},$$

или

$$h_{оп} = \frac{(h_{3,к} - h_{3,н}) \cdot 100}{(l_к - l_н) \cdot S}. \quad (5)$$

Результаты экспериментальных исследований и их анализ

Наноструктурные композиционные многослойные покрытия для адгезионных испытаний на индентор из инструментального материала и износостойкие для концевых фрез были нанесены на трех различных установках: «Platit п311» на базе лаборатории «Технологии нанесения покрытий и термической обработки» - $(CrAlSi)N$; $(CrAlSi)N$ с DLC (Diamond-Like Carbon - алмазоподобное углеродное покрытие); $(TiAlSi)N$; $(CrAlSi)N$ + эпилама; $(CrAlSi)N$ с DLC + эпилама; $(TiAlSi)N$ + эпилама; модернизированной ННВ - 6.6 - И1 в лаборатории «Инновационных материалов и покрытий» ИКТИ РАН - $(TiCrAl)N$; $(ZrCrAl)N$; $(ZrMoAl)N$; $(ZrMoHfCrAl)N$ и «Platit п411» на базе Технопарк «Витязь» - TiB_2 ; $nACo_3$; $nACrO$; $nACo_3 + TiB_2$; $nACrO + TiB_2$; TiB_2 +эпилама; $nACo_3$ +эпилама; $nACrO$ +эпилама; $nACo_3 + TiB_2$ +эпилама; $nACrO + TiB_2$ +эпилама.

Температурные зависимости фрикционных характеристик пластического контакта при испытаниях на адгезию приведены на рис. 2 и 3. Полученные данные адгезионных исследований позволили определить наиболее благоприятные состав покрытий и технологию их нанесения. Установлено, что:

- наиболее эффективными покрытиями с точки зрения контактных процессов на единичном пятне контакта и коэффициента адгезионного взаимодействия являются покрытия, нанесенные на установке «Platit п411»: $nACo_3$; $nACrO$; $nACo_3 + TiB_2$; $nACrO + TiB_2$ и $(CrAlSi)N$ с DLC;

- наименьший коэффициент адгезионного взаимодействия инструментального материала с обрабатываемым при различных температурах обеспечиваются такими покрытиями $nACo_3 + TiB_2$ для ХН50МВКТЮР и $nACrO + TiB_2$ для ХН58МБЮД, что подтверждает наилучшую адгезию покрытия с подложкой и позволяет использовать их для высокоскоростного фрезерования.

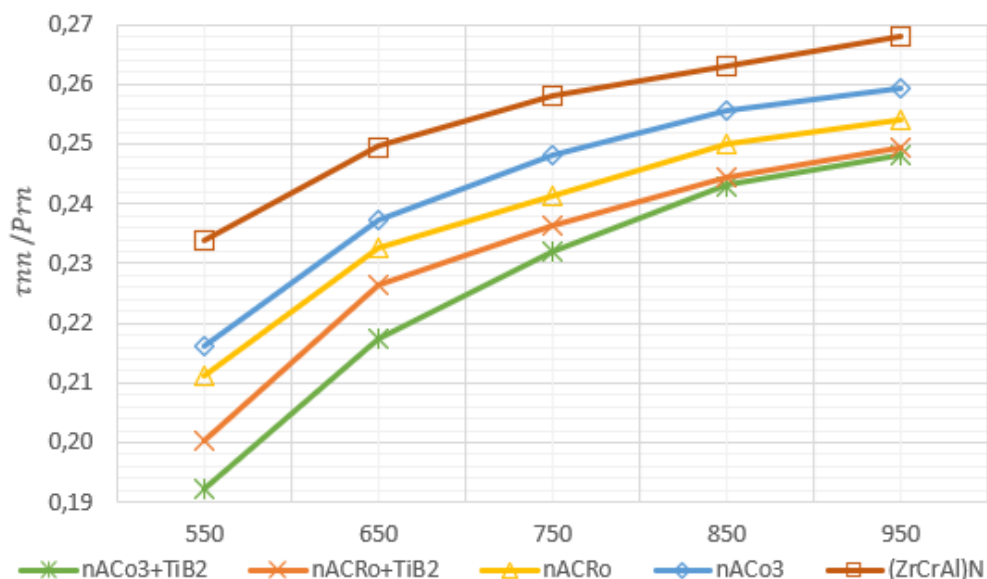


Рис. 2. Температурная зависимость фрикционных характеристик пластического контакта «ХН50МВКТИОР – ВК10 ОМ с покрытиями»

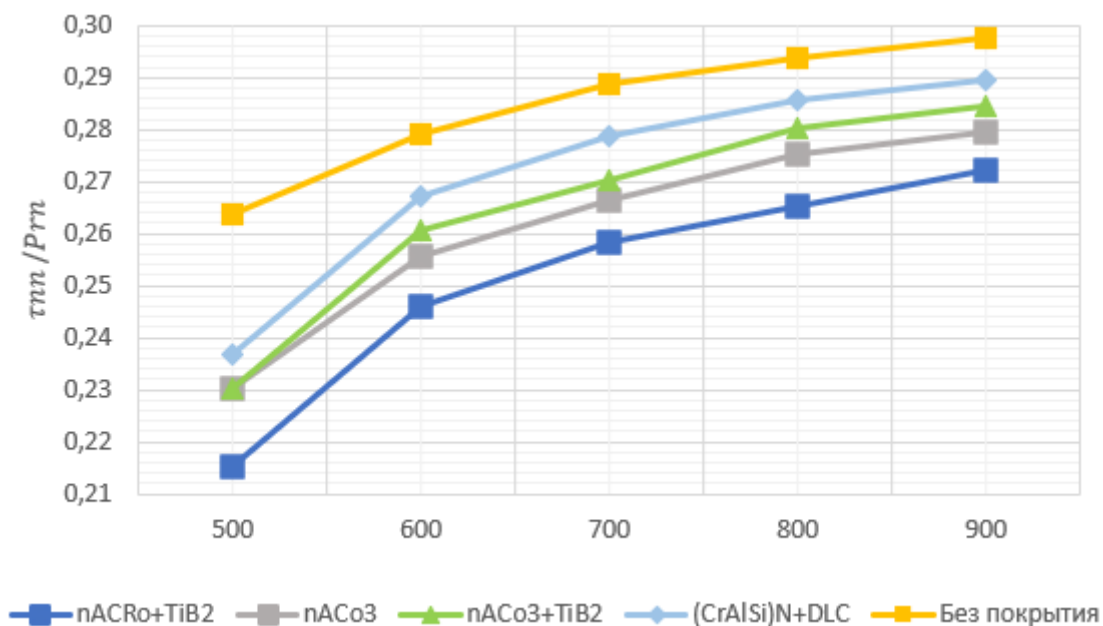


Рис. 3. Температурная зависимость фрикционных характеристик пластического контакта «ХН58МБЮД – ВК10 ОМ с покрытиями»

Заключение

Известно [1–3], что большинство современных наноструктурных многослойных композиционных покрытий, используемых на режущем инструменте при лезвийной обработке резанием, при определенных

контактных процессах и температурно-силовых условиях способны улучшить свои триботехнические характеристики. В частности:

- нанокompозитное покрытие на основе нитрида алюминия и титана nACo₃ – это

высокотехнологичное твердое покрытие, наносимое физическим осаждением в вакууме и состоящее из наночастиц, пребывающих в связующей аморфной матрице. Уникальность покрытия заключается в успешном сочетании физически взаимоисключающих параметров: при увеличении твердости одновременно увеличивается его эластичность;

- нанокompозитное покрытие на основе карбонитридов хрома и алюминия $nACrO$, обладающие очень высокой твердостью при повышенных температурах резания;

- нанокompозитное покрытие диборид титана TiB_2 – синтетический особо твердый, жаропрочный, тугоплавкий и износостойкий материал. Данное покрытие выгодно из-за высокой твердости и модуля упругости, а также хорошей стойкости к истиранию;

- DLC (Diamond-Like Coating) - алмазоподобный углеродный материал с прочным и снижающим трение покрытие, наносимое в большинстве случаев поверх других обычных износостойких покрытий.

Результаты серии экспериментальных исследований адгезионных параметров и износостойкости режущего инструмента с различными покрытиями при фрезеровании хромоникелевых сплавов подтвердили эффективность и улучшенные трибо-технические характеристики вышеперечисленных покрытий. По результатам натуральных экспериментов установлено, что:

- наилучшие показатели адгезионного взаимодействия $ХН50МВКТЮР-ВК10ОМ$ обеспечиваются при применении покрытий: $nACo_3+TiB_2$ и $nACrO+TiB_2$, а для пары $ХН58МБЮД-ВК10ОМ$ – при « $nACrO+TiB_2$ » и « $nACo_3$ »;

- наилучшие показатели по износостойкости режущего инструмента (износ по задней поверхности, длина пути резания и период стойкости инструмента) обеспечиваются:

- при фрезеровании хромоникелевого сплава $ХН50МВКТЮР$ при использовании износостойких покрытий обеспечивались: улучшение на 24 % с покрытием « $nACo_3+TiB_2$ » и на 23 % с покрытием « $nACrO+TiB_2$ » по сравнению с покрытием « $nACo_3$ »;

- при фрезеровании хромоникелевого сплава $ХН58МБЮД$ при использовании износостойкого покрытия обеспечивалось улучшение на 23 % с покрытием « $nACrO+TiB_2$ » по сравнению с покрытием « $nACo_3$ »;

Вышеизложенные эффекты согласно исследованиям как отечественных, так и зарубежных исследователей можно объяснить адаптацией поверхностей трения к внешнему температурно-силовому воздействию, при котором происходит формирование защитных аморфноподобных и смазывающих пленок.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00670, <https://rscf.ru/project/22-19-00670/>.

Список литературы

1. Верещака А. С., Кушнер В. С. Резание материалов. М.: Высшая школа, 2009. 336 с.
2. Табаков В. П., Сагитов Д. И. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями в условиях стесненного резания. Ульяновск: УлГТУ, 2015. 179 с.
3. Верещака А. А., Григорьев С. Н. Теоретическое обоснование выбора рациональной архитектуры элементов состава многослойно-композиционных износостойких покрытий. М.: МГТУ «СТАНКИН», 2020. 141 с.
4. Криони Н. К., Мигранов М. Ш., Шехтман С. Р. Наноструктурированные вакуумные ионно-плазменные покрытия. М.: Издательство «Инновационное машиностроение», 2017. 367 с.
5. Mihranov M. Sh., Mihranov A. M. Composite multilayer coatings for end mills.

Assembling in Mechanical Engineering, Instrument-Making, 2021, issue 1, pp. 15–19.

6. Шустер Л. Ш. Адгезионное взаимодействие твердых металлических тел. Уфа: издательство «Гилем», 1999. 198с.

7. Патент 34249 Российская Федерация Прибор для исследования адгезионного взаимодействия / Л. Ш. Шустер, М. Ш. Мигранов; опублик. 27.11.2003.

8. Equipment for deposition of thin metallic films bombarded by fast argon atoms / A. Metel, V. Bolbukov, M. Volosova [et al.]. Instruments and Experimental Techniques, vol. 57(3), pp. 345–351. DOI: 10.1134/S0020441214020110.

9. Cutting tools nitriding in plasma produced by a fast neutral molecule beam / A. Metel, S. Grigoriev, Y. Melnik [et al.]. Japanese Journal of Applied Physics, vol. 50 (8 PART 2). DOI: 10.1143/JJAP.50.08JG04.

10. Broad beam source of fast atoms produced as a result of charge exchange collisions of ions accelerated between two

plasmas / S. N. Grigoriev, Y. A. Melnik, A. S. Metel [et al.]. Instruments and Experimental Techniques, vol. 52 (4), pp. 602–608. DOI: 10.1134/S002044 120904023X.

References

1. Vereshchaka A. S., Kushner V. S. *Rezaniye materialov* [Cutting materials]. M.: Vysshaya shkola, 2009. 336 c.

2. Tabakov V. P., Sagitov D. I. *Rabotosposobnost' rezhushchego instrumenta s iznosostoykimi pokrytiyami v usloviyakh stesnennogo rezaniya*. [The serviceability of cutting tools with wear-resistant coatings in conditions of constrained cutting]. Ul'yanovsk: UIGTU, 2015. 179 p.

3. Vereshchaka A. A., Grigoryev S. N. *Teoreticheskoye obosnovaniye vybora ratsional'noy arkhitektury elementov sostava mnogosloynno-kompozitsionnykh iznosostoykikh pokrytiy* [Theoretical substantiation of the choice of rational architecture-elements of multilayer composite wear-resistant coatings]. M.: MG TU «STANKIN», 2020. 141 p.

4. Krioni N. K., Mihranov M. Sh., Shehtman S. R. *Nanostrukturirovannyye vakuumnyye ionno-plazmennyye pokrytiya* [Nanostructured vacuum ion-plasma coatings]. M.: Izdatel'stvo «Innovatsionnoye mashinostroyeniye», 2017. 367 p.

5. Mihranov M. Sh., Mihranov A. M. Composite multilayer coatings for end mills. Assembling in Mechanical Engineering, Instrument-Making, 2021, issue 1, pp. 15–19.

6. Shuster L. Sh. *Adgezionnoye vzaimodeystviye tverdykh metallicheskih tel* [Adhesion interaction of solid metal bodies]. Ufa: izdatel'stvo «Gilem». 1999. 198 p.

7. Shuster L. Sh., Migranov M. Sh. Pribor dlya issledovaniya adgezionnogo vzaimodeystviya [Device for the study of adhesive interaction] / Patent 34249, opubl. 27.11.2003.

8. Equipment for deposition of thin metallic films bombarded by fast argon atoms / A. Metel, V. Bolbukov, M. Volosova [et al.]. Instruments and Experimental Techniques, vol. 57(3), pp. 345–351. DOI: 10.1134/S002044 1214020110.

9. Cutting tools nitriding in plasma produced by a fast neutral molecule beam / A. Metel, S. Grigoriev, Y. Melnik [et al.]. Japanese Journal of Applied Physics, vol. 50 (8 PART 2). DOI: 10.1143/JJAP.50.08JG04.

10. Broad beam source of fast atoms produced as a result of charge exchange collisions of ions accelerated between two plasmas / S. N. Grigoriev, Y. A. Melnik, A. S. Metel [et al.]. Instruments and Experimental Techniques, vol. 52 (4), pp. 602–608. DOI: 10.1134/S002044 120904023X.

Мигранов Марс Шарифуллович

ФГБОУ ВО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Российская Федерация, г. Москва

Доктор технических наук, профессор

E-mail: Migmars@mail.ru

Migranov Mars Sharifullovich

Moscow State Technological University «STANKIN»,

Russian Federation, Moscow

Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: Migmars@mail.ru

Исаев Евгений Владимирович

ФГБОУ ВО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Российская Федерация, г. Москва

Ведущий научный сотрудник

E-mail: Isaev.ev@mail.ru

Isaev Evgeny Vladimirovich

Moscow State Technological University «STANKIN»,

Russian Federation, Moscow

Leading Researcher

E-mail: Isaev.ev@mail.ru

Мосенз Игорь Ильич

ФГБОУ ВО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Российская Федерация, г. Москва

Ведущий научный сотрудник

E-mail: Igormosenz@yandex.ru

Mosenz Igor Ilyich

Moscow State Technological University «STANKIN»,

Russian Federation, Moscow

Leading Researcher

E-mail: Igormosenz@yandex.ru

Мигранов Артур Марсович

ФГБОУ ВО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Российская Федерация, г. Москва

Младший научный сотрудник

E-mail: Migranov_art_1993@inbox.ru

Migranov Artur Marsoovich

Moscow State Technological University «STANKIN»,

Russian Federation, Moscow

Junior research assistant

E-mail: Migranov_art_1993@inbox.ru

Репин Денис Сергеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: denisrep@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: denisrep@mail.ru

УДК 621.893

ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ЗЕЛЕНАЯ ТРИБОЛОГИЯ

Н. К. МЫШКИН, Ф. А. ГРИГОРЬЕВ

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем
имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси»,
Беларусь, г. Гомель

E-mail: nkmyshkin@mail.ru, grigoriev.feodor@gmail.com

В XXI веке Генеральная ассамблея ООН разработала концепцию целей устойчивого развития человеческой цивилизации. Одним из факторов достижения этих целей стала трибология, которая объединяет исследования в области трения и изнашивания, а глобальные потери в этой области очень велики. Снижение этих потерь, снижение вредных выбросов двигателей, применение экологически чистых смазок может служить достижению целей устойчивого развития, определенных ООН. Кроме того, устойчивое развитие означает предотвращение чрезвычайных ситуаций, связанных с отказами и катастрофами, а их было немало на Земле и в Космосе из-за отказов техники. Трибология всегда служила предотвращению таких отказов, а в настоящее время она, кроме того, сосредоточена и на достижении целей охраны окружающей среды. При этом перспективно создание конструкционных полимерных материалов и смазок для снижения потерь материалов и энергии в узлах трения при минимальном экологическом вредном эффекте.

Ключевые слова: устойчивое развитие, чрезвычайные ситуации, зеленая трибология, полимерные композиты, экологичные смазочные материалы.

GOALS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREEN TRIBOLOGY

N. K. MYSHKIN, F. A. GRIGORIEV

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of Belarus National Academy of Sciences,
Belarus, Gomel

E-mail: nkmyshkin@mail.ru, grigoriev.feodor@gmail.com

In the XXI century the UN General Assembly has developed the concept of the Sustainable Development Goals. One of the factors in achieving these goals is tribology, which is combining the research and development in friction and wear studies, while the global economical losses in this area are enormous. Decrease of these losses, as well as harmful emissions of machines, usage of ecological lubricants can serve the goals of UN. Moreover sustainable development means prevention of catastrophes resulted from engineering failures which have happened on the Earth and in Space. Tribology always has served such prevention and it is currently focused on achieving the goals saving the environment. It looks very promising to develop creation of structural polymeric materials and lubricants to reduce material and energy losses in friction units with minimal environmental damage.

Key words: Sustainable Development, Catastrophes, Green Tribology, Polymer composites, Eco-friendly Lubricants.

В современном машиностроении существует основная проблем – это трение и изнашивание, которые приносят огромные потери энергии и приводят к выводу из строя деталей узлов механизмов и машин. На трение в машинах и их контакт с дорогой или рельсами расходуется большая доля топлива, потребляемого автомобилями, локомотивами и другими

транспортными средствами. В целом, потери, связанные с трением и износом машин, оцениваются значительной частью валового национального продукта и энергии в промышленности, на транспорте, в сельском и лесном хозяйстве [1, 2].

Трибология имеет большое социальное значение в экологическом и медицинском аспекте, а также в обеспечении безопасности, в целом. Сокращение потерь энергии и износа

материалов в машинах наряду с устранением вредных выбросов, очень важно для предотвращения аварийных чрезвычайных ситуаций. Устойчивое развитие инициировало интерес к более эффективному и чистому транспорту и промышленности. Около одной пятой всей мировой промышленной энергии и одна треть энергии, используемой на транспорте, расходуется на преодоление трения, не говоря уже о воздействии транспорта на окружающую среду из-за потерь на износ движущихся механических частей и компонентов. Последние достижения в области трибологии могут снизить потери энергии из-за трения и износа на 18-40%, что означает до 8,7% от общего мирового потребления энергии и 1,4% от валового национального продукта (ВНП) в развитых странах. Например, 30% топлива в легковом автомобиле идет на преодоление трения, причем половина расхода приходится на двигатель и трансмиссию [3].

Учитывая количество автомобилей, можно ожидать огромной экономии даже при небольшом снижении этого энергопотребления в сотнях миллионов автомобилей. Проектирование в машиностроении может обеспечить снижение этих негативных эффектов за счет использования легких полимерных композитов вместо металлических материалов, а также внедрения электроприводов вместо двигателей внутреннего сгорания, что позволяет экономить энергию с одновременным положительным экологическим эффектом за счет снижения вредных выбросов. Потери энергии автомобилей примерно в 3,4 раза ниже по сравнению с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания, а выбросы CO₂ в 4,5 раза ниже, если электроэнергия поступает от «зеленых» источников энергии [3, 4].

Полимерные композиты по своим механическим характеристикам приближаются к металлическим материалам, а по стойкости к коррозии их намного превосходят. Их меньшая удельная масса приводит к резкому снижению контактных нагрузок и потерь на трение, поэтому эти композиты уже широко применяются в наземном транспорте и в аэрокосмической технике [5].

Применение смазки, которая разделяет трущиеся тела тонким слоем материала с низким сопротивлением сдвигу, в настоящее время является одним из широко применяемых методов уменьшения трения и износа. В некоторых трибосистемах машин применяется гидродинамический режим смазки. При данном режиме происходит скольжение в слое жидко-

сти. В этом случае сопротивление скольжению будет определяться в основном ее вязкостью.

В настоящее время быстро развиваются такие области трибологии, как зеленая трибология и биотрибология [1]. Природа является создателем совершенных трибосистем – это суставные системы человека и животных, которые функционируют в течение многих лет, практически не изнашиваясь. Самыми важными достижениями биотрибологии являются разработка искусственных суставов в ортопедии, использование имплантатов, воспроизведение природных предпочтений в технических устройствах, применение материалов, имитирующих поверхностные слои растений и животных, и т.д.

Экологически чистые смазочные материалы и их применение также быстро развиваются. До XX века растительные масла и животные жиры были наиболее распространенными смазочными материалами. Развитие присадок к минеральным маслам в XX веке сделало их доминирующими в промышленности. С 1990-х гг. экологические законы ограничивают использование минеральных масел в сельском и лесном хозяйстве. В 2003-2009 годах утверждение директив и дорожных карт ЕС в области «зеленых технологий» положило начало продвижению растительных масел. В настоящее время более 150 марок смазочных масел и рабочих жидкостей коммерчески производятся на основе растительного сырья.

Растительные масла обеспечивают лучшее трибологическое поведение, чем обычное минеральное индустриальное масло И-20А [8]. В качестве достоинств этих масел отмечаются хорошие противозносные свойства и наличие защитного действия (диаметр пятна износа у них значительно меньше, чем у минерального масла, рис.1 а). В результате окисления и термомеханического эффекта трения происходит активация ненасыщенных связей, что благоприятствует трибологическому поведению масел за счет трибополимеризации и образования защитных пленок в контакте (рис.1 б, в) [8, 9].

Содержание ненасыщенных жирных кислот повышает износостойкость масел с увеличением среднего числа ненасыщенных связей алкильных радикалов в триглицеридах, содержащихся в маслах. Индекс задира для льняного масла в 4 раза выше, чем у индустриального масла И-20 при двукратно меньшем износе и в 2 раза большей критической нагрузке (рис. 2) [8].

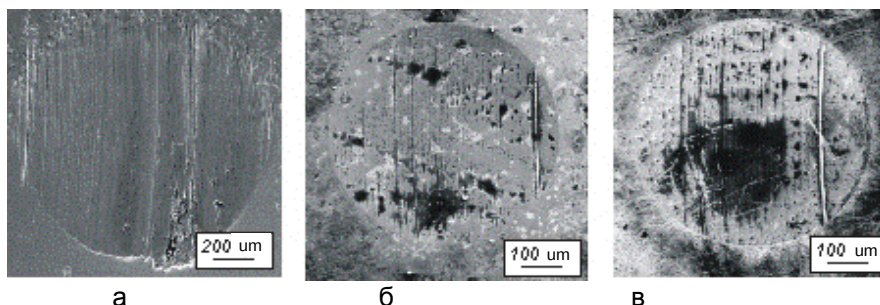


Рис. 1. Поверхности трения шариков после испытаний на четырехшариковой машине в среде различных масел (а - индустриальное; б - рапсовое; в - льняное)

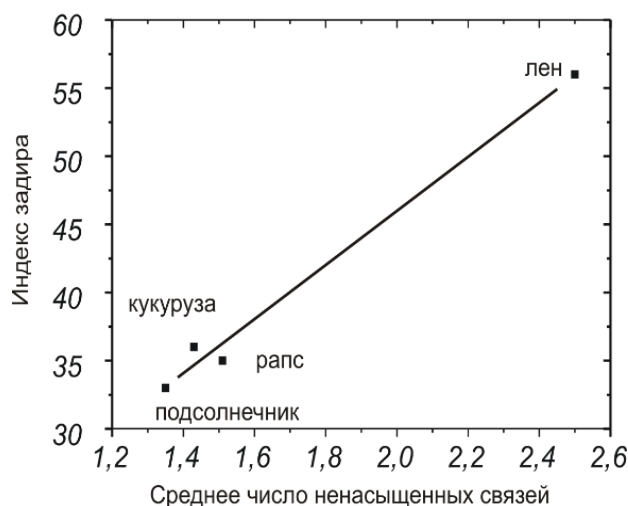


Рис. 2. Индекс задира для растительных масел различного происхождения. Этот индекс равен 15 для минерального масла И-20А

Данные испытаний показали, что трибологические характеристики растительных масел перспективны для применения в промышленности, транспорте и сельском хозяйстве, где очень важна экологическая безопасность. Они имеют хорошие перспективы применения в лубрикаторах колес подвижного состава железных дорог, используемых при движении на участках с поворотами. Кроме того большое значение имеет применение экологически чистых смазочных материалов в природоохран-ных зонах, в частности они востребованы для использования в условиях Антарктиды.

Список литературы

1. Jost P. Brief notes. Int. conference «50th anniversary of the «Jost report»», London, IMech, 2016, pp. 1–2.

Заклучение

Наука о трении развивалась от древних корней до современных технологических преобразований. Сформулированная как трибология, то есть междисциплинарная концепция, благодаря докладу Питера Джоста в 1966 году, она приобрела широкое экономическое и социальное значение. Трибология уже достигла замечательных результатов в экономии энергии, материалов и труда, равных нескольким процентам ВВП в мировой экономике.

Важнейшее значение для современности имеет ее влияние на экологические проблемы, устойчивое развитие и качество жизни общества, а они неразрывно связаны с предотвращением техногенных чрезвычайных ситуаций и катастроф, многие из которых связаны с отказами машин и механизмов из-за трения и износа, а также загрязнениями окружающей среды техногенными выбросами в атмосферу.

Зеленая трибология предлагает пути решения насущных проблем устойчивого развития за счет уменьшения массы машин и узлов трения при использовании более легких материалов, а для достижения этой цели могут помочь полимеры и композиты на их основе. Они позволяют резко снизить потери энергии и материалов. Кроме того, перспективно применение смазочных материалов и присадок с меньшим экологическим ущербом; в частности на растительной основе, а также пленок и покрытий на основе биоразлагаемых полимеров.

2. Myshkin N. K., Goryacheva I. G. Tribology: Trends in half-century development, Friction and Wear, 2016, vol. 37 (6), pp. 513–516.

3. Holmberg K., Erdemir A. Influence of tribology on global energy consumption, cost and

emission, Friction, 2017, vol. 5 (3), pp. 263–284. DOI: 10.1007/s40544-017-0183-5.

4. Holmberg K., Erdemir A. The impact of tribology on energy use and CO₂ emission globally and in combustion engine and electric cars. Tribology International 135, 2019, pp. 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.03.024>.

5. Myshkin N. K., Pesetskii S. S., Grigoriev A. Y. Polymer Tribology: Current state and applications, Tribology in Industry, 2015, vol. 37 (3), pp. 284–290.

6. Spikes H. Liquid Lubrication Research; 1966 to the Present Day. Int. conference «50th anniversary of the «Jost report»», IMech, London, 2016, pp. 8–9.

7. Cann P. Biotribology: Opportunities and challenges. In: Int. conference «50th anniversary of the «Jost report»», IMech, London, 2016, pp. 10–11.

8. Myshkin N. K., Grigoriev A. Ya., Kavaliova I. N. Influence of composition of plant oils on their tribological properties, Tribology in Industry, 2017, vol. 39 (2), pp. 207–210. DOI: 10.24874/ti.2017.39.02.07.

9. Grigoriev F. A., Kovaleva I. N. Corrosion activity and oxidative stability of vegetable oils used in lubricants, Friction and Wear, 2018, vol. 39 (6), pp. 535–538. DOI: 10.3103/S1068366618660042.

Мышкин Николай Константинович

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси»,
Республика Беларусь, г. Гомель
доктор технических наук, профессор, Академик НАН Беларуси
E-mail: nkmyshkin@mail.ru

Myshkin Nikolai Konstantinovich

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of Belarus National Academy of Sciences,
Republic of Belarus, Gomel D.Sc. Professor,
Full Member (Academician of NASB)
E-mail: nkmyshkin@mail.ru

Григорьев Федор Андреевич

Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси»,
Республика Беларусь, г. Гомель
аспирант, младший научный сотрудник
E-mail: grigoriev.feodor@gmail.com

Grigoriev Feodor Andreevich

V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of Belarus National Academy of Sciences,
Republic of Belarus, Gomel Ph.D. student, junior researcher,
E-mail: grigoriev.feodor@gmail.com

УДК 621.9

**ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ВЫСВОБОЖДЕНИЯ
СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ИЗ МИКРОКАПСУЛ В ПРОЦЕССЕ ФРИКЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

А. Г. НАУМОВ, М. А. КОЛБАШОВ, Л. С. СКОРЫХ

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

E-mail: agn8@yandex.ru, kolbashow@mail.ru, kafppv@mail.ru

В работе представлен новый способ подачи смазочных материалов при фрикционном взаимодействии металлических поверхностей. Способ заключается в микрокапсулировании смазочных материалов. Определены границы области их существования. Показаны преобладающие механизмы высвобождения внутренней фазы микрокапсул при внешних воздействиях. Получены экспериментальные результаты, подтверждающие эффективность предложенного способа по сравнению с традиционными методами.

Ключевые слова: трение, резание, микрокапсулы.

**STUDY OF MECHANISMS OF RELEASE
OF LUBRICANT-COOLING TECHNOLOGICAL AGENTS FROM MICROCAPSULES
IN THE PROCESS OF FRICTIONAL INTERACTION OF METAL SURFACES**

A. G. NAUMOV, M. A. KOLBASHOV, L. S. SKORYH

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, agn8@yandex.ru, kolbashow@mail.ru, kafppv@mail.ru

The paper presents a new method of supplying lubricants in the frictional interaction of metal surfaces. The method consists in microencapsulation of lubricants. The boundaries of the area of their existence are determined. The predominant mechanisms of release of the internal phase of microcapsules under external influences are shown. Experimental results have been obtained confirming the effectiveness of the proposed method in comparison with traditional methods.

Key words: friction, cutting, microcapsules.

Введение

Широкое применение традиционного режущего инструмента (резцы, сверла, протяжки, метчики и т. д.) [1] связано с необходимостью использования смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Безопасность СОТС и простота их утилизации занимают первое место в связи с высокими требованиями защиты окружающей среды и обслуживающего персонала от техногенных воздействий. Совместимость СОТС с инструментальными и обрабатываемыми материалами, а также возможности их восстановления являются не менее важными. Только после этого появляется

возможность оценить эффективность СОТС и их окупаемость [2].

Применяемые СОТС, в основном масляные, и большинство компонентов, входящих в их состав, пагубно влияют на здоровье человека, о чем свидетельствуют работы [3, 4]. Окружающая воздушная среда при резании в результате термодеструкции СОТС загрязняется различными химическими веществами, которые зачастую не являются индифферентными для человеческого организма. К ним относятся альдегиды, формальдегиды, хлористый водород, масляные аэрозоли, нитрат натрия и многие другие. [5].

С другой стороны, широко распространенный полив зоны резания свободно падающей струей, использование различных туманов, других подобных способов становятся экономически невыгодными, т.к. только незначительная часть СОТС при такой подаче непосредственно участвует в процессе стружкоотделения. Остальная масса СОТС лишь омывает поверхности обрабатываемой детали, охлаждая их. При этом СОТС обедняется активными компонентами, которые «не выполняют свои служебные функции» по облегчению процесса резания. Кроме того, значительная часть СОТС утилизируется в результате ее биопоражения или загрязнения. Высокая стоимость компонентов накладывает на современные СОТС требование максимального использования функциональных предназначений. Для устранения подобных явлений разработано несколько направлений, одно из которых применение новых способов подачи смазочно-охлаждающих технологических средств к месту контакта, снижающих негативное воздействие, а именно, подача СОТС в виде микродоз [6]. Авторами были проведены исследования, и одним из способов решения поставленных задач является введение в СОТС компонентов в виде микрокапсул, которые представляют собой отдельные компоненты СОТС или СОТС в целом, помещенные в оболочку из непроницаемого для них материала, которая вскрывается в процессе взаимодействия контактирующих поверхностей.

Результаты эксперимента и их обсуждение

Проведенные исследования позволили разработать технологию получения микрокапсул, в качестве ядра которых могут быть использованы любые гидрофобные или слабо-растворимые в воде вещества. Размеры микрокапсул варьировались в широких пределах: от 30 до 70 мкм при толщине оболочек от 1,0 до 3,0 мкм. Количество активного компонента, представляющего собой ядро, составляло 82–87 % от общего объема микрокапсул.

Действительные процессы резания и трения металлов сопровождаются высокими величинами давлений и температур в зоне соприкосновения взаимодействующих поверхностей с одной стороны, а с другой – теория резания металлов предусматривает возможность существования областей пониженного давления. Помимо этого, в обоих процессах регулярно присутствует взаимное перемещение контактирующих поверхностей. В связи с этим в данных исследованиях также были изучены физико-механические свойства оболочек микрокапсул с целью определения области их существования и возможных механизмов вскрытия оболочек в условиях статического и динамического состояний.

рокапсул с целью определения области их существования и возможных механизмов вскрытия оболочек в условиях статического и динамического состояний.

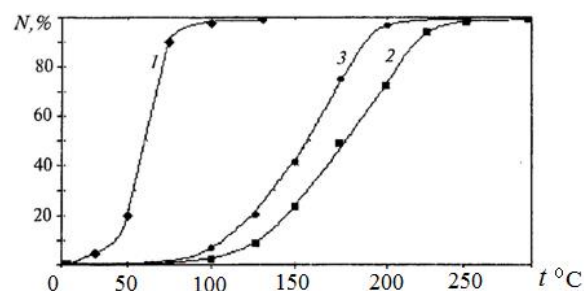


Рис. 1. Влияние температуры на разрушение различных оболочек МК: 1 – изготовлены по технологии [7]; 2 – масло И-40А; 3 – четыреххлористый углерод

На рис.1 представлены кривые, характеризующие поведение оболочек микрокапсул при их нагреве. Так, кривая 1, построенная по данным работы [8], показывает динамику вскрытия оболочек микрокапсул, принятых за эталон. Согласно этим данным 90 % микрокапсул уже при температуре 75–80°C вскрываются с потерей своего ядра. Иная картина наблюдается при изучении разработанных нами микрокапсул, в качестве ядер которых использовались индустриальное масло И-40А (кривая 2) и аналогичный эталону четыреххлористый углерод (кривая 3). В этом случае в диапазоне исследуемых температур наблюдалось лишь оплавление оболочек без их вскрытия. При этом масляные микрокапсулы полностью сохраняют свое ядро, а микрокапсулы, заполненные четыреххлористым углеродом, частично его теряют в результате диффузии последнего через стенки оболочек.

Исследования, проведенные на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик и Л. Эрдеи (Венгрия), подтвердили полученные результаты. Эксперименты проводились при скорости нагрева 10°/мин с усилением – 1/10. Анализ полученных дериватограмм показал, что изменение массы образцов фиксируется, начиная с температур 200–215°C. Увеличение температуры приводит к увеличению скорости изменения массы, максимальная величина которой наблюдалась при температурах 350–380°C.

С целью определения границ области термического разрушения оболочек микрокапсул, применительно к процессу резания, изучалось распределение температурных полей режущего клина резца с использованием цветных многопозиционных термоиндикаторных веществ [8]. Проведенные исследования показали, что при точении титанового сплава BT1-0 быстрорежущим инструментом с применением СОТС на водной основе, критические изотермы температур, соответствующие значениям 185–200 °С, находятся на расстоянии 0,9–1,3 мм от вершины резца. Это в несколько раз меньше аналогичного параметра при использовании эталонных микрокапсул.

Изучение прочности оболочек микрокапсул при изменении внешнего давления в статическом состоянии проводилось в два этапа: в вакуумной камере вакуумного поста ВУП-4 и на

специальной установке, позволяющей создавать избыточное давление на образец.

Исследования в вакуумной камере показали, что при уменьшении давления вплоть до величин порядка 133 Па массового вскрытия оболочек не наблюдается. Отмечена лишь незначительная (3–5%) потеря массы микрокапсул. Это объясняется диффузией вещества ядер через оболочки микрокапсул.

Изучение поведения микрокапсул при избыточном давлении проводилось на специальной установке, которая представляет собой стеклянный цилиндр с движущимся в нем поршнем, посредством которого создается избыточное давление на помещенные в цилиндр микрокапсулы. Фиксирование изменений состояния оболочек и изменения формы и объема микрокапсул осуществлялось через стеклянную стенку цилиндра с помощью катетометра.

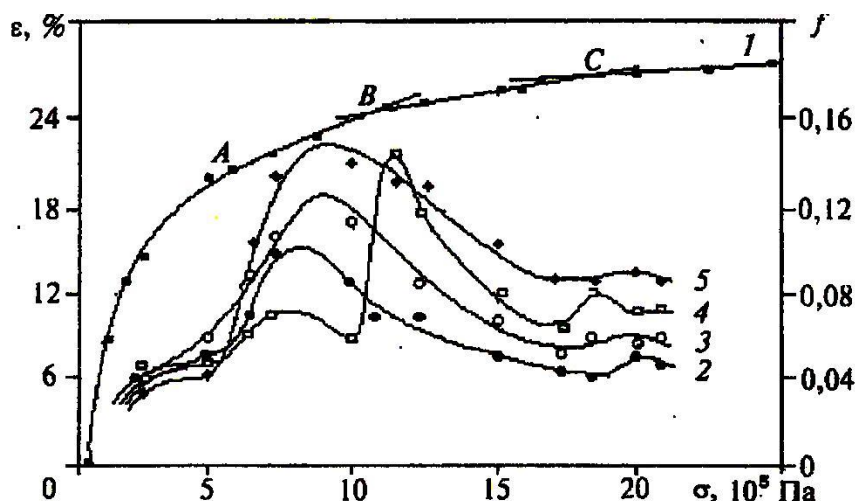


Рис. 2. Зависимость изменения степени деформации микрокапсул (1) и коэффициента трения от приложенной нагрузки при концентрации микрокапсул в носителе (об.%): 0,33 (2), 0,66 (3), 0,99 (4), 1,32 (5)

Полученная зависимость (рис.2, кривая 1) представляет собой совокупность отрезков, близких к прямолинейным. Данная последовательность отрезков наглядно показывает состояние микрокапсул и их оболочек при нагружении образца. Так, на отрезке ОА наблюдается искажение оболочек микрокапсул без их разрушения, в результате чего их сферическая форма деформируется с частичным заполнением имеющихся пустот между отдельными микрокапсулами. Отрезок АВ является своеобразной переходной областью. Дальнейшее искажение оболочек микрокапсул, обусловленное их пластичностью, с одновременным

разрушением некоторой части, оболочки которых имеют меньшие прочностные характеристики, является характерным для этой области. Количество вскрываемых микрокапсул несколько возрастает от т. А к т. В. Превышение удельными нагрузками значений 0,8–1,2 МПа характеризует завершение процесса пластической деформации микрокапсул. Дальнейшее увеличение давления на образец вызывает вскрытие достаточно большого количества микрокапсул. В т. С процесс разрушения оболочек завершается, т.к. практически все микрокапсулы разрушены. Визуальное наблюдение показывает, что при нагрузках, соответ-

ствующих точке С и превышающих их, в цилиндре установки находится жидкое содержимое ядер микрокапсул, содержащее пустые оболочки и некоторое количество неразрушенных микрокапсул.

Приведенные данные хорошо показывают сравнительные результаты, полученные при трении металлических поверхностей. Исследования проводились с помощью машины трения СМЦ-2 по схеме «колодка–диск». Колодка изготавливалась из инструментальной быстрорежущей стали Р18, диск – из закаленной стали 45. Трение осуществлялось с применением индустриального масла И-40А и микрокапсул с ядром того же масла, которые транспортировались в зону контакта при помощи жидкого носителя – дистиллированной воды. Концентрация микрокапсул в носителе варьировалась от 0,33 до 1,66 %. Максимальное значение нагрузки составляло 2,3 МПа и ограничивалось температурой возгонки носителя.

На рис. 2 приведены результаты исследований изменения коэффициента трения в зависимости от приложенной нагрузки при различных концентрациях микрокапсул в носителе. Анализ результатов показывает неоднозначность этого параметра – на всех кривых наблюдается явно выраженный максимум значений коэффициента трения в диапазоне нагрузок 0,8-1,2 МПа. Дальнейшее усиление нагрузки на колодку приводит к снижению коэффициента трения f до значений, соответствующих коэффициенту трения чистого масла. Отмечено, что концентрация микрокапсул оказывает влияние на максимальную величину коэффициента трения: чем больше микрокапсул в носителе, тем выше коэффициент трения в точке перегиба горба кривых.

Используя пример зависимости 2 (рис. 2), на котором показан процесс трения при минимальной концентрации микрокапсул в СОТС, проанализируем полученные результаты. На начальном этапе эксперимента невысокие нагрузки приводят к процессу гидродинамического трения. Коэффициент трения в данном случае имеет показания, которые ниже аналогичной величины эталона. Это обуславливается тем, что вязкость используемого носителя меньше, чем у масла. Превышение удельной нагрузки 0,4–0,5 МПа приводит к уменьшению зазора между контактирующими телами. Величина зазора при этом становится соизмеримой с максимальными размерами микрокапсул в образце. Несмотря на это, микрокапсулы не разрушаются в силу прочности и пластичности своих оболочек, а начинают мешать взаимному перемещению трущихся поверхностей. Этим объясняется увеличение

коэффициента трения в диапазоне нагрузок от 0,4-0,5 до 0,8-1,2 МПа. Взаимное сопоставление зависимостей 2 и 1 показывает, что этот интервал нагрузок соответствует отрезку АВ, который характеризуется отсутствием процесса массового вскрытия оболочек микрокапсул – пластичностью оболочек. Условиями статического и динамического (наличием механического разрушения) нагружения можно объяснить некоторые отклонения характерных точек.

Начало процесса разрушения микрокапсул обуславливается превышением нагрузки некоторого критического значения, соответствующего т. В, определяющего прочность их оболочек. Сначала вскрываются микрокапсулы с меньшей прочностью оболочек, затем, с увеличением нагрузки и уменьшением зазора между трущимися поверхностями, к ним добавляются микрокапсулы с более прочными оболочками, что приводит к уменьшению коэффициента трения.

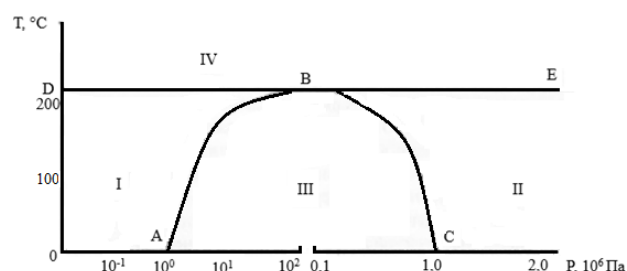


Рис.3. Схема механизмов высвобождения внутренней фазы: I - вакуумное вскрытие; II - вскрытие избыточным давлением; III - область квазистационарного состояния микрокапсул; IV - термическое разрушение

Полученные результаты исследования дают возможность показать описанные механизмы разрушения микрокапсул на схеме, которая представлена на рис. 3. Опираясь на экспериментальные данные, в представленной схеме дополняются и уточняются реальные границы области существования микрокапсул без вскрытия, возможные механизмы их разрушения, описанные в работе [9]. Но на данной схеме отражены не все механизмы, присутствующие в реальных условиях взаимодействия контактирующих поверхностей.

Установлено, что не все микрокапсулы разрушаются именно в области контакта. Сдерживающими факторами пластической деформации микрокапсул и возможности их проникновения в полость зазора могут выступать критические значения, характеризующие

свойства оболочек микрокапсул, размеры которых превышают величину зазора между трущимися поверхностями. При этом разрушение микрокапсул может произойти благодаря механическому вскрытию на границе раздела СОТС – передней кромки зазора контактирующих поверхностей. Не оспоримым является тот факт, что при реальном взаимодействии контактирующих поверхностей часть микрокапсул будет разрушаться механически непосредственно в области контакта, а именно, раздавливаясь взаимно перемещающимися микронеровностями поверхностей, тогда как микрокапсулы, согласно данной схеме, будут находиться в зоне, ограниченной кривой ABC, в которой микрокапсулы должны существовать без разрушения. Этот механизм может иметь определяющее значение, но исключительно при определенных условиях. Поэтому на схеме эта область определена, как область квазистационарного состояния микрокапсул.

Максимальные значения нагрева СОТС, как ранее отмечалось, были ограничены температурами испарения носителя. По этой причине термодеструкция микрокапсул не являлась определяющим фактором в проведенных исследованиях, т.к. температурой термического разрушения их оболочек является 180–200°C. Также можно утверждать, что под воздействием температур в локальных зонах контакта отдельных микровыступов рельефа трущихся поверхностей, а также в областях их адгезионных взаимодействий, некоторое количество микрокапсул разрушилось. Как показали проведенные исследования, число таких микрокапсул на несколько порядков ниже схожего показателя при их механическом разрушении. В связи с этим при описании полученных результатов не затрагивался вопрос отдельного выделения эффекта

смазочного действия СОТС, которое обусловлено термодеструкцией оболочек микрокапсул, но вероятность существования подобного механизма декапсулирования как индивидуально, так и совместно с механическим разрушением микрокапсул в области квазистационарного состояния (рис. 3) имеет место.

На данной схеме представлены четкими границами области существования микрокапсул и возможных механизмов их декапсулирования. Согласно вероятностному характеру распределения полученных результатов в реальных условиях подобных границ не наблюдается. Экспериментами определены области вероятностного существования и вскрытия микрокапсул, расположенные вдоль линий ABC и DBE. Причем в этих областях механизмы декапсулирования проявляются, обычно, в сложной форме (например, разрушение в результате одновременного действия повышенных температур и давлений; температур, давлений и механического воздействия и т. д.).

Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что микродозированная подача, заключенных в микрокапсулы СОТС, эффективно сокращает ее количество при трении и резании материалов, приводит к улучшению экологии без ухудшения характеристик процессов контактного взаимодействия металлических поверхностей. Свойства оболочек микрокапсул (температура вскрытия, прочность и пластичность) обуславливают высвобождение СОТС непосредственно в зоне контакта. Представленная схема декапсулирования, основанная на физико-механических характеристиках микрокапсул, позволяет прогнозировать их поведение при различных условиях процессов контактного взаимодействия.

Список литературы

1. Адашкин А. М. Повышение эффективности инструментов из быстрорежущих сталей и твердых сплавов: монография. М.: ИНФРА-М, 2022. 392 с. DOI 10.12737/1248244. <https://znanium.com/catalog/product/1248244>
2. Sluhan Clyde A. Selecting the Right Cutting Grinding Fluids. Tool and Prod, 1994, issue 42, pp. 40–50.
3. Sehiele Luftman Karin. Hanterkrankungen musen nicht sein. Produktion, 1993, issue 6, p. 8.
4. Amin – und borsaufreie Kuhlsehmertoffe. Maschine, 1994, issue 47-8, p. 24.

5. О возможности использования микрокапсулированных СОТС при лезвийном резании материалов / А. Г. Наумов, В. В. Новиков, В. С. Раднюк [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 9 (204). С. 47–50.
6. Ein Schnapsglas ist genug. Produktion, 1997, issue 25–26, p. 17.
7. Патент 2524877 Российская Федерация МПК С 2,. Способ подачи смазочно-охлаждающих технологических средств / А. Г. Наумов, В. Н. Латышев, М. В. Ключев [и др.]; опубл. 10.08.2014, Бюл. № 22
8. Наумов А. Г., Латышев В. Н. Применение магнитных микрокапсул в качестве

СОТС при резании материалов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2011. № 2. С. 60–64.

9. О механизме действия СОТС при лезвийном резании металлов / А. Г. Наумов, В. Н. Латышев, В. С. Раднук [и др.] // Трибология – Машиностроению: труды XI Международной научно-технической конференции. М.: Институт машиноведения им. А. А. Благонравова, 2016. С. 165–166.

References

1. Adaskin A. M. *Povyshenie effektivnosti instrumentov iz bystrovezhushchikh stalej i tverdykh splavov: monografiya* [Improving the efficiency of tools made of high-speed steels and hard alloys: monograph]. Moscow, 2022. 392 p. DOI 10.12737/1248244. <https://znanium.com/catalog/product/1248244>

2. Sluhan Clyde A. Selecting the Right Cutting Grinding Fluids. *Tool and Prod*, 1994, issue 42, pp. 40–50.

3. Sehiele Luftman Karin. Hanterkrankungen musen nicht sein. *Produktion*, 1993, issue 6, p. 8.

4. Amin – und borsaufreie Kuhlsehmierstoffe. *Maschine*, 1994, issue 47-8, p. 24.

5. О возможности использования микрокапсулированных СОТС при лезвийном резании

materialov [About the possibility of using micro-capsulated SOTS in blade cutting of materials] / A. G. Naumov, V. V. Novikov, V. S. Radnyuk [et al.]. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, issue 9 (204), pp. 47–50.

6. Ein Schnapsglas ist genug. *Produktion*, 1997, issue 25–26, p. 17.

7. Naumov A. G., Latyshev V. N., Klyuev M. V. [et al.]. Sposob podachi smazочно-oxlazhdayushchix tekhnologicheskix sredstv [Method of supply of lubricating and cooling technological means], Patent 2524877 Rossiyskaya Federatsiya IPC C 2, opubl. 10.08.2014, Buyl. № 22

8. Naumov A. G., Latyshev V. N. Prime-nenie magnitnykh mikrokap-sul v kachestve SOTS pri rezanii materialov [Application of magnetic microcapsules as SOTS when cutting materials]. *Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta*, 2011, issue 2, pp. 60–64.

9. О механизме действия СОТС при лезвийном резании металлов [About the mechanism of action of the SOTS in blade cutting of metals] / A. G. Naumov, V. N. Latyshev, V. S. Radnyuk [et al.]. *Tribologiya – Mashinostroeniye: trudy XI Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii*. Moscow, 2016, pp. 165–166.

Наумов Александр Геннадьевич

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

Naumov Alexandr Gennad'evich

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: agn8@yandex.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: kolbashov@mail.ru

Скорых Лиана Сергеевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

адъюнкт очной формы обучения

E-mail: kafppv@mail.ru

Skoryh Liana Sergeevna

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

postgraduate student

E-mail: kafppv@mail.ru

УДК 620.178

**ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ
И УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПРИРАБОТКИ ТРУЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
МОБИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

А. К. ПРОКОПЕНКО, А. А. КОРНЕЕВ, С. А. ПОПОВ

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина

Российская Федерация, г. Москва

E-mail: prokopenkoak@mail.ru

В настоящей работе представлены результаты триботехнических исследований по оптимизации режимов и улучшению качества приработки трущихся деталей двигателей внутреннего сгорания мобильных технических средств за счет применения металлоплакирующей присадки к смазочному маслу.

Ключевые слова: Триботехнические испытания, металлоплакирующая присадка, момент трения, коэффициент трения, двигатель внутреннего сгорания.

**TRIBOTECHNICAL RESEARCH ON OPTIMIZING MODES
AND IMPROVING THE QUALITY OF RUNNING-IN OF RUBBING PARTS
OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES MOBILE TECHNICAL MEANS**

A. K. PROKOPENKO, A. A. KORNEEV, S. A. POPOV

A. N. Kosygin Russian State University

Russian Federation, Moscow

E-mail: prokopenkoak@mail.ru

This paper presents the results of tribotechnical studies on optimizing modes and improving the quality of running-in of rubbing parts of internal combustion engines of mobile technical means through the use of a metal-coating additive to lubricating oil.

Key words: Tribotechnical tests, metal-coating additive, friction moment, friction coefficient, internal combustion engine.

В последнее время широкое применение нашли мобильные технические средства, работоспособность которых обеспечивают малогабаритные бензиновые и дизельные двигатели внутреннего сгорания. От их надежности и способности длительно работать во многом зависит выполнение поставленных задач.

Надежность и ресурс двигателя внутреннего сгорания во многом зависит от правильной приработки деталей на начальном периоде его работы.

Рационально изменяя режимы, можно достичь существенного ускорения и улучшения качества приработки трущихся деталей.

Можно ускорить приработку деталей в период обкатки двигателей применением при-

рабочных присадок к воздуху, топливу и маслу. Но наибольший интерес представляет применение на этапе приработки металлоплакирующих присадок к топливам и смазочным материалам [1].

Металл в них содержится в виде поверхностно-активных органических маслорастворимых соединений, что позволяет им работать практически в любых сопрягаемых деталях, в том числе в топливной аппаратуре, не засоряя фильтры.

В зоне фрикционного контакта трущихся деталей происходит образование защитной самовосстанавливающейся металлосодержащей пленки, которая способствует снижению потерь на трение и уменьшает износ деталей. Особенно это эффективно в начальный период работы, когда происходит приработка трущихся деталей.

Многолетний опыт применения металлоплакирующих присадок к смазочным материалам показал их высокую эффективность [2].

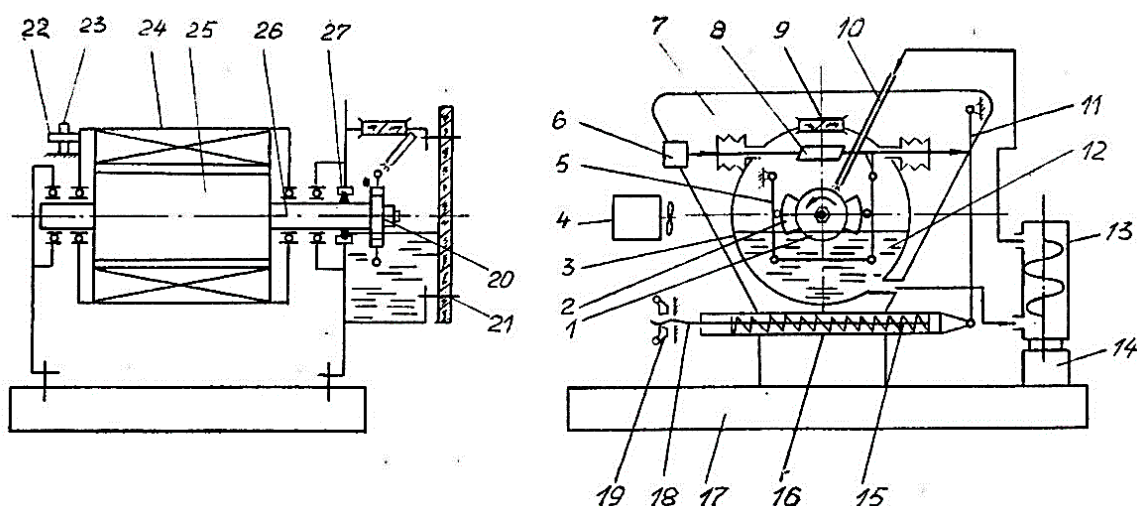
При обкатке разработчики рекомендуют повышенную концентрацию подобной присадки: 1...2 % от объема масла, а при эксплуатации – 0,05...0,2 %.

Очень важно определить нужную концентрацию присадок в маслах, которая зависит от материала деталей узлов трения, а также время и режимы работы двигателя с повышенной концентрацией присадки в масле. Как правило это определяется в течение длительных триботехнических исследований.

Однако, в последние годы появились методы ускоренных триботехнических испытаний с использованием малогабаритной аппаратуры и образцов с площадью рабочих поверхностей размером в несколько квадратных миллиметров, которые позволили значительно повысить точность и в десятки раз сократить время на проведение этих испытаний [3].

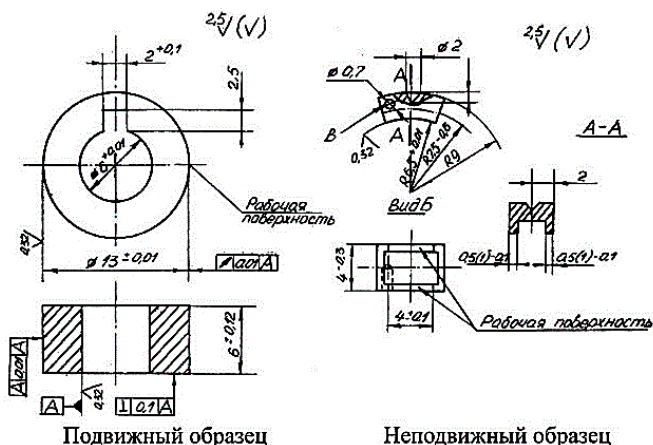
Схема механической части триботехнического комплекса и размеры образцов для испытаний представлены на рис. 1.

На рис. 2 показана рабочая камера триботехнического комплекса с установленными образцами



а) Схема механической части триботехнического комплекса:

- 1 – ролик; 2 – колодки; 3 – камера; 4 – вентилятор; 5- рычажный многосвязник;
6 – износоизмеритель; 7 – опоры; 8 – шток; 9 – смотровое окно; 10 – трубка; 11 – рычаг;
12 – жидкая рабочая среда; 13 – червячный насос; 14 – электродвигатель; 15 – пружина;
16 – корпус; 17 – плита; 18 – винт; 19 – рукоятка; 20 – гайка; 21 – прозрачная крышка; 22 – палец;
23 – упругий упор; 24 – статор; 25 – ротор; 26 – вал электродвигателя; 27 – уплотнение



б) Размеры образцов для испытаний

Рис. 1. Схема механической части триботехнического комплекса и размеры образцов для испытаний

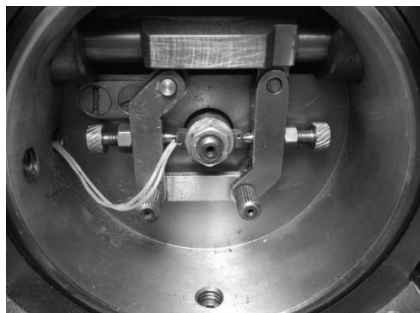


Рис. 2. Рабочая камера триботехнического комплекса с установленными образцами

Триботехнические исследования по определению времени и режимов обкатки проводились на модернизированном триботехническом комплексе ТК-1 для экспресс-испытаний конструкционных и смазочных материалов применительно к одноцилиндровым дизельным двигателям ТМЗ, используемым в электрогенераторах, насосах для перекачки воды и других технических средствах.

Для испытаний были изготовлены образцы из материалов цилиндро-поршневой группы: ролики – серый чугун (СЧ заводской);

колодки – серый чугун (СЧ кольца поршневого) и серый чугун (СЧ заводской).

Для смазывания использовалось заводское моторное масло М-43/14-Д ТУ 0253-006-08151164, которое через фитиль подавалось в зону трения.

Присадка, представляющая собой концентрат медьорганических соединений, вводилась в моторное масло в концентрации 2 % от массы масла.

Испытания проводились при различных удельных нагрузках и скоростях скольжения.

Изменение момента трения в процессе испытаний непрерывно записывалось в табличной форме и в виде графиков. Показания снимались с частотой 1 сек.

Время окончания приработки определялось как время выхода на установившийся режим момента трения.

Коэффициент трения определялся расчетным путем.

Результаты триботехнических исследований представлены на рис. 3, рис. 4, рис. 5 и рис. 6.

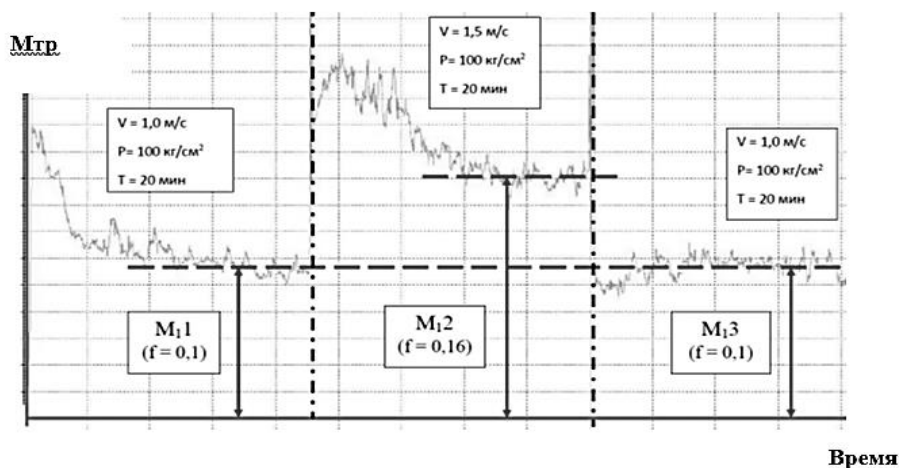


Рис. 3. Зависимость момента трения пары: ролик СЧ (цилиндр) – колодка СЧ (кольцо), от времени испытаний при изменении скорости скольжения и постоянной нагрузке при смазывании моторным маслом

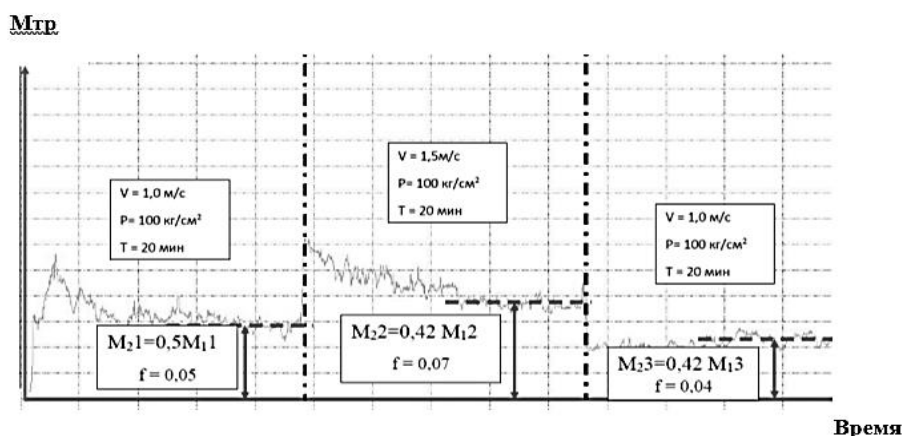


Рис. 4. Зависимость момента трения пары: ролик СЧ (цилиндр) – колодка СЧ (кольцо), от времени испытаний при изменении скорости скольжения и постоянной нагрузке при смазывании моторным маслом с 2 % присадки на основе медьорганических соединений

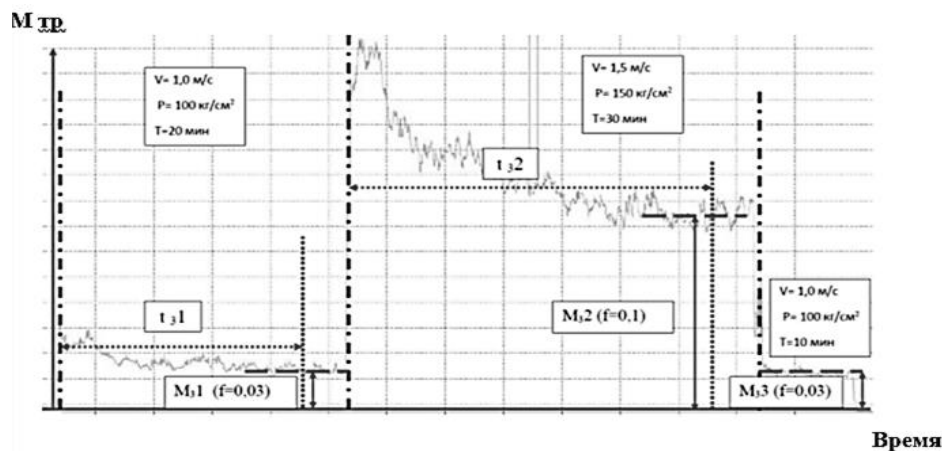


Рис. 5. Зависимость момента трения пары: ролик СЧ (цилиндр) – колодка СЧ (кольцо), от времени испытаний при изменении скорости скольжения и нагрузки при смазывании моторным маслом

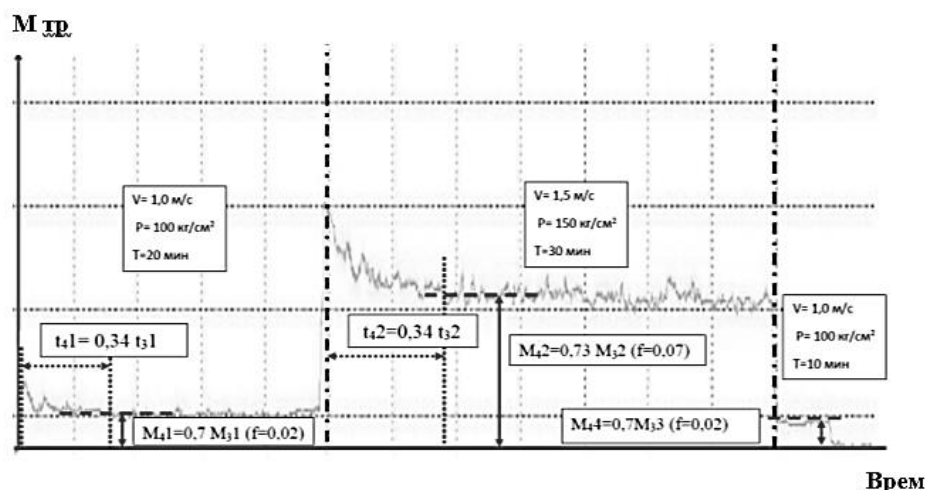


Рис. 6. Зависимость момента трения пары: ролик СЧ (цилиндр) – колодка СЧ (кольцо), от времени испытаний при изменении скорости скольжения и нагрузки при смазывании моторным маслом с 2 % присадки на основе медьорганических соединений

На основании проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что при разных режимах трения применение металлоплакирующей присадки позволяет сократить время приработки материалов, используемых при

изготовлении трущихся деталей цилиндروпоршневой группы двигателей до 3 раз и снизить потери на трение не менее чем в 1,5...2 раза.

Список литературы

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника (Износ и безызносность): учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МСХА, 2001. 616 с.
2. Повышение срока службы деталей машин и инструмента металлоплакированием / А. К. Прокопенко, А. П. Голубев, А. А. Корнеев [и др.]. М.: ИИЦ МГУДТ, 2010. 87 с.
3. Патент RU 136170 Российская Федерация МПК В 30 В 15/30 (2000.01), В 30 В 15/32 (2000.01). Комплекс для измерения параметров трения при испытании конструкцион-

ных и смазочных материалов / М. Д. Флид; опубл: 00.00.1961.

References

1. Garkunov D. N. *Tribotekhnika (Iznos i bezyznosnost')*: *uchebnik*. 4-ye izd., pererab. i dop. [Tribotechnics (Wear and tear): textbook. 4th ed., reprint. and add.]. M.: Izd-vo MSKHA, 2001. 616 p.
2. *Povysheniye sroka sluzhby detaley mashin i instrumenta metalloplakirovaniyem* [Increasing the service life of machine parts and tools by metal plating] / A. K. Prokopenko,

A. P. Golubev, A. A. Korneev [et al.]. M.; IIC MGUDT, 2010. 87 p.

3. Flid M. D. Kompleks dlya izmereniya parametrov treniya pri ispytanii konstruksionnykh i smazochnykh materialov [A complex for measur-

ing friction parameters when testing structural and lubricants]. Patent RU 136170 Rossiyskaya Federatsiya MPK B 30 B 15/30 (2000.01), B 30 B 15/32 (2000.01), opubl: 00.00.1961.

Прокопенко Анатолий Константинович

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина

Российская Федерация, г. Москва

доктор технических наук, профессор

E-mail: prokopenkoak@mail.ru

Prokopenko Anatoly Konstantinovich

Kosygin Russian State University

Russian Federation, Moscow

Doctor of Technical Sciences, Professor

E-mail: prokopenkoak@mail.ru

Корнеев Алексей Алексеевич

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина

Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, заведующий кафедрой

E-mail: aleksej44@yandex.ru

Korneev Alexey Alekseevich

A. N. Kosygin Russian State University

Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department

E-mail: aleksej44@yandex.ru

Попов Сергей Алексеевич

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина

Российская Федерация, г. Москва

кандидат технических наук, научный консультант

E-mail: s_a_popov@mail.ru

Popov Sergey Alekseevich

A. N. Kosygin Russian State University

Russian Federation, Moscow

Candidate of Technical Sciences, scientific consultant

E-mail: s_a_popov@mail.ru

УДК 669.24:541.138.2

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ Cu-CeO₂ ДЛЯ МЕТИЗНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

О. В. РЕВА, А. В. ВРУБЛЕВСКИЙ

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси,

Республика Беларусь, г. Минск

E-mail: volha107@rambler.ru

Исследованы закономерности гальванического синтеза композиционных покрытий Cu-CeO₂ из высокоскоростного кремнефтористого электролита; установлены оптимальные условия получения пластичных слоев с неограниченной толщиной. Изучены состав, микроструктура и физико-механические свойства защитных пленок.

Ключевые слова: композиционные коррозионностойкие материалы, модифицирующая неметаллическая фаза, упрочнение деталей спасательной техники.

COMPOSITE PROTECTIVE COATINGS Cu-CeO₂ FOR THREADED DETAILS OF EMERGENCY RESCUE EQUIPMENT

O. V. REVA, A. V. VRUBLEVSKY

University of Civil Protection of the Ministry the Emergency Situations of Belarus,

Belarus Republic, Minsk

E-mail: volha107@rambler.ru

The regularities of galvanic synthesis the Cu-CeO₂ composite coatings from a high-speed fluorosilicic electrolyte have been studied; the optimal conditions for obtaining plastic layers with unlimited thickness were established. The composition, microstructure, physical and mechanical properties of protective films have been studied.

Key words: composite corrosion-resistant materials, modifying non-metallic phase, hardening of parts of rescue equipment.

В процессе эксплуатации аварийно-спасательной автотехники и специального оборудования происходит его ускоренный износ и спонтанное разрушение вследствие интенсивной коррозии деталей, находящихся в контакте с огнетушащими растворами и составами: емкостей для пенообразователей, пожарных автоцистерн и элементов их крепления на раме автомобиля, деталей насосов, сварных швов, резьбовых соединений водопенных коммуникаций и др. Применяемые огнетушащие и поверхностно-активные вещества имеют кислую или щелочную среду и активно взаимодействуют с конструкционными сталями (типа Ст.3) и сплавами алюминия, из которых в основном изготавливается пожарная аварийно-спасательная техника. В результате происходит нарушение герметичности и образование протечек цистерн, баков и стволов, паде-

ние давления в насосах. Кроме того, серьезной проблемой является преждевременная потеря упругости, механической прочности и геометрической конфигурации трущихся или находящихся под давлением деталей в условиях многократных перепадов температур и воздействия агрессивных газов, выделяющихся при сгорании современных конструкционных материалов (SO₂, NO₂, HCl, H₂S, NH₃ и др.)

Коррозию можно предотвратить нанесением на уязвимые детали защитных покрытий из гальванических сплавов или композитов, устойчивых в агрессивных газовых и жидкостных средах [1–3]. Композиционные материалы и пленочные покрытия, сочетающие способность к пайке, пластичность и электропроводность металлов с коррозионной и износостойкостью неметаллических соединений активно используются в различных областях машиностроения. Так, гальванические покрытия из композитов меди и ее сплавов широко применяются для упрочнения и восстановле-

ния изношенных деталей машин, герметизации резьбовых соединений трубопроводов высокого давления (топливо- и маслопроводов и др.). Электрохимические методы синтеза композиционных пленок не только экономичны и технологичны, но и обеспечивают высокую скорость осаждения и толщину покрытий, равномерность толщин на деталях сложной формы; а также позволяют существенно варьировать состав, микроструктуру и свойства получаемых материалов, в том числе включать в металлическую матрицу модифицирующую неметаллическую составляющую [2–5]. Включение в металл или сплав микро- и наноразмерных частиц оксидов, нитридов и карбидов цветных металлов, соединений бора, фосфора, кремния и др. даже в отсутствие существенных изменений химического и фазового состава гальванопокрытий заметно сказывается на их микроструктуре и, соответственно, физико-механических свойствах [6, 7]. Оптимальная концентрация модифицирующей неметаллической фазы в электролите как правило, невелика и в каждом конкретном случае определяется экспериментально.

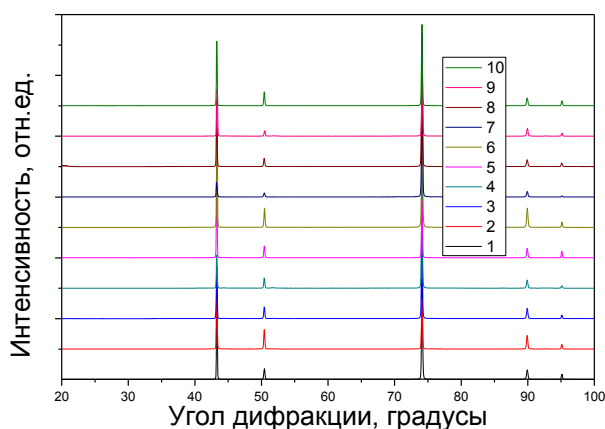
Оксид церия представляется весьма перспективным модификатором металлосистем, поскольку он является очень тугоплавким (2400°C), химически стойким (растворим только в горячих концентрированных H_2SO_4 и HNO_3) и экологически безопасным (применяется для производства стекол, керамики, разрешен для применения в солнцезащитных кремах как поглотитель УФ излучения). Размер частиц оксида церия не превышает 20 нм, причем более 90 % частиц имеют размеры до 10 нм.

Цель данного исследования – определить оптимальный диапазон концентраций частиц оксида церия в высокоскоростном кремнефтористом электролите меднения и изучить состав и свойства получаемых композиционных материалов.

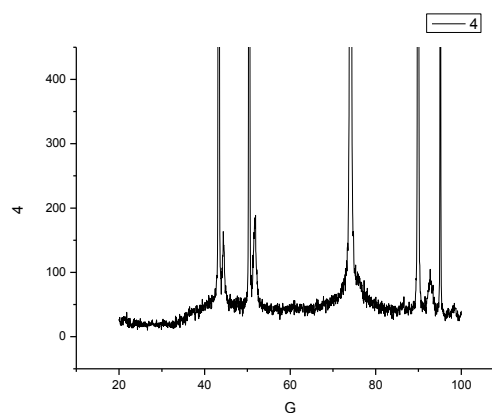
Кремнефтористый электролит отличается как отсутствием диффузионных затруднений, так и высокой скоростью роста покрытий в оптимальном диапазоне плотностей тока – 40–120 мкА/ч, что выгодно отличает его от других, где скорость кристаллизации меди не превышает 25–30 мкА/ч [8].

Установлено, что при осаждении покрытий Cu-CeO_2 из кремнефтористого электролита в достаточно широком диапазоне плотностей катодного тока ($2\text{--}10\text{ А/дм}^2$) и концентраций неметаллической фазы (до 1 г/дм^3) поверхность катода не пассивируется со временем и толщина синтезируемого покрытия в оптимальной области плотностей тока практически не ограничена. Более того, вольтамперометрическим методом доказано, что электрокристаллизация меди из кремнефтористого электролита при наличии в растворе частиц оксида церия протекает с деполяризацией меди, в отсутствие диффузионных затруднений при катодных токах до 300 мА/см^2 , что указывает на электроактивность частиц CeO_2 в кислых кремнефтористых электролитах.

Методом рентгенофазового анализа установлено, что во всех исследуемых покрытиях, вне зависимости от условий синтеза (концентрации CeO_2 и плотности тока) присутствует как правило, только кристаллическая медь, хотя с очень искаженной и поликристаллической решеткой, рис. 1а.



а



б

Рис. 1. Фрагменты рентгенограмм Cu-CeO_2 с толщиной слоя 30 нм. Образцы № 1–5 – плотность тока 5 А/дм^2 , № 6–10 – 9 А/дм^2 . $[\text{CeO}_2] = 0,75\text{ г/дм}^3$

Линий кристаллического церия и его соединений в пленках не выявлено, возможно вследствие очень малого содержания. В некоторых покрытиях (полученных при $i=5$ и 9 А/дм^2 , $[\text{CeO}_2] = 0,5\text{--}0,75 \text{ г/дм}^3$) выявлены слабые дифракционные пики, которые могут быть отнесены к твердому раствору меди и церия, рис. 1б. Аморфных фаз, для которых характерно присутствие уширений дифракционных максимумов либо гало, в покрытиях не обнаружено, рис.1.

Параметры кристаллической решетки меди, рассчитанные по рентгеновским линиям, почти при всех режимах синтеза выше табличных значений, что может указывать на то, что в покрытиях имеются сжимающие механические напряжения. Такое изменение параметра решетки может быть обусловлено либо внедрением атомов церия, либо уменьшением размеров зерен, формирующих покрытия, что действительно имеет место.

Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что при введении в кремнефтористый электролит частиц оксида церия практически при всех плотностях тока в оптимальном диапазоне общая макроструктура покрытия сглаживается и выравнивается, хотя размеры кристаллитов во всех покрытиях составляют в среднем $5\text{--}10 \text{ мкм}$, рис. 2.

С ростом концентрации в электролите неметаллической фазы наблюдается измельчение элементов и граней, составляющих кристаллиты со все более плотным их сжиманием. Установлено, что наиболее мелкозернистые пленки формируются при концентрации оксида церия в электролите $0,5\text{--}0,75 \text{ г/дм}^3$ и плотностях тока $7\text{--}9 \text{ А/дм}^2$. Дальнейшее повышение плотности тока вызывает некоторое разрыхление покрытий за счет включения продуктов неполного восстановления меди; а рост концентрации неметаллической фазы – замедление осаждения и снижение рассеивающей способности электролита.

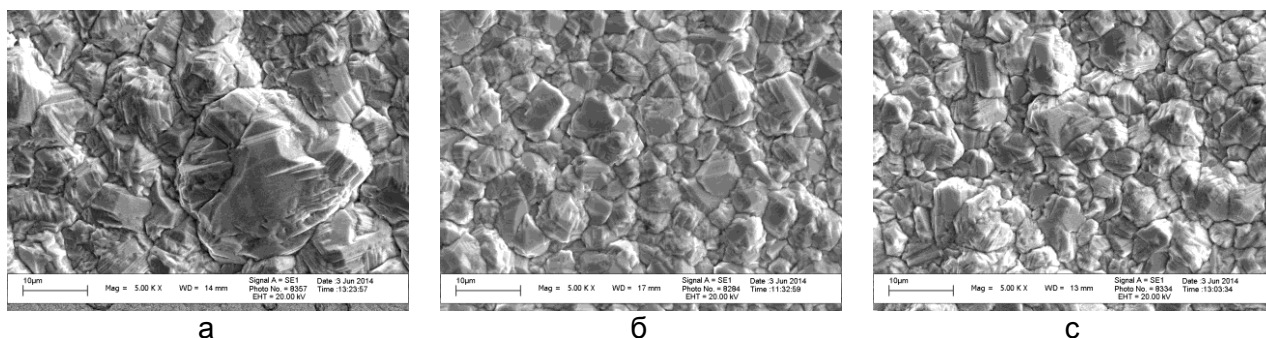


Рис. 2. Морфология поверхности пленок Cu-CeO_2 с толщиной 30 мкм , осажденных при плотности тока 7 А/дм^2 и концентрациях оксида церия: а - 0, б – 0,5, с- $0,75 \text{ г/дм}^3$

Выявленные закономерности формирования микроструктуры покрытий Cu-CeO_2 оказывают влияние на их физико-механические свойства. Так, микротвердость меди, осажден-

ной из кремнефтористого электролита, составляет $1,31 \text{ ГПа}$, (таблица), что примерно в 1,5 раза превышает твердость металлургической меди (по Виккерсу).

Таблица. Зависимость микротвердости покрытий Cu-CeO_2 от условий синтеза

$i, \text{ А/дм}^2$	$[\text{CeO}_2], \text{ г/дм}^3$	Твердость, ГПа
9	0 (Cu)	$1,31 \pm 0,124$
5	0,25	$1,42 \pm 0,113$
5	0,75	$1,60 \pm 0,168$
9	0,25	$1,34 \pm 0,164$
9	0,75	$1,63 \pm 0,162$

При введении в раствор неметаллической фазы вне зависимости от плотности катодного тока микротвердость покрытий возрастает на 10–20 % по сравнению с исходной медью. Наивысшей микротвердостью обладают пленки, полученные из раствора с концентрацией $[\text{CeO}_2] = 0,75 \text{ г/дм}^3$, для которых характерна наиболее мелкозернистая и плотная морфология поверхности.

Коррозионная устойчивость полученных композиционных покрытий в 1 М растворах серной кислоты и гидроксида натрия на 5–10 % выше, чем меди, осажденной при такой же плотности тока. Наибольшей коррозионной стойкостью также как и твердостью, отличаются покрытия с максимально плотной мелкозернистой микроструктурой.

При испытаниях пластичности покрытий путем двойного перегиба вокруг цилиндра с $R < 0,5 \text{ мм}$ было установлено, что исследуемые композиционные покрытия способны выдерживать 3–5 полных перегиба, что соответствует пластичности чистой меди (4 перегиба). Наиболее пластичны покрытия, осажденные при плотности тока 9 А/дм^2 и содержании оксида церия в электролите $0,5 \text{ г/дм}^3$. Полученные композиционные покрытия обладают также высокой способностью к пайке – адгезионная прочность припоя к изучаемому покрытию на отрыв составляет не менее 800 Н/м^2 .

В результате проведенных исследований были установлены оптимальные условия синтеза пластичных покрытий на основе меди

из высокоскоростного кремнефтористого электролита с повышенной твердостью и коррозионной устойчивостью за счет дозированного введения в электролит неметаллической фазы CeO_2 в количестве $0,5\text{--}0,75 \text{ г/дм}^3$; с пластичностью и паяемостью на уровне чистой меди. Доказано, что несмотря на отсутствие в составе покрытий кристаллического церия или его соединений, фазовый состав пленок и, особенно, их микроструктура при введении в раствор CeO_2 несколько изменяются. Кристаллическая решетка Си очень искажена и поликристаллическа; параметр кристаллической решетки больше табличных значений для стандартной кубической решетки меди. Размеры зерен, слагающих кристаллиты композиционных покрытий заметно меньше, чем в чисто медных пленках, синтезированных при таких же условиях, а сами зерна имеют очень плотную упаковку. Установлено, что покрытия с наиболее равномерной и мелкозернистой морфологией поверхности обладают несколько повышенной коррозионной устойчивостью и на 10–20 % большей микротвердостью. Полученные материалы могут выполнять роль надежной герметизации в резьбовых соединениях пенных коммуникаций, топливо- и маслопроводов пожарной аварийно-спасательной техники, так как при более высоких физико-механических свойствах они имеют высокую пластичность и способность к пайке, а также коэффициент термического расширения, соответствующий меди.

Список литературы

1. Неверов А. С., Родченко Д. А., Цырлин М. И. Коррозия и защита материалов. Минск: Высшая школа, 2007. 222 с.
2. Грихилес С. Я., Тихонов К. И. Электролитические и химические покрытия. Л.: Химия, 1990. 288 с.
3. Гамбург Ю. Д. Гальванические покрытия: Справочник по применению. М.: Техносфера, 2008. 359 с.
4. Металлы и сплавы. Справочник / Под ред. Ю. П. Солнцева; НПО «Профессионал», НПО «Мир и семья»; Санкт-Петербург, 2003. 1066 с.
5. Гамбург Ю. Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: РАН ИФХ, Янус-К, 1997. 384 с.
6. Mileiko S. T. Metal and Ceramic Based Composites. Elsevier Science, 1997. 704 p.

7. Композиционные материалы. Справочник / Под ред. В. В. Васильева. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.

8. Сборник трудов МНТК «Материалы, технологии и оборудование в производстве, ремонте и модернизации машин» / О. В. Рева, Т. Н. Воробьева, П. В. Дудин [и др.]. Новополоцк: Изд. ПГУ, 2009. Т. 1. С. 92–96.

References

1. Neverov A. S., Rodchenko D. A., Tsyrilin M. I. *Korroziya i zashchita materialov*. [Corrosion and protection of materials] Minsk: Vysheyskaya shkola, 2007. 222 p.
2. Grikhiles S. Ya., Tikhonov K. I. *Elektroliticheskiye i khimicheskiye pokrytiya* [Electrolytic and chemical coatings]. L.: Chemistry, 1990. 288 p.
3. Hamburg Yu. D. *Gal'vanicheskiye pokrytiya: Spravochnik po primeneniyu* [Galvanic

coatings: Application guide]. M.: Tekhnosfera, 2008. 359 p.

4. *Metally i splavy. Spravochnik* [Metals and alloys. Handbook] / Ed. Yu. P. Solntseva; NPO «Professional», NPO «Mir i sem'ya»; St. Petersburg, 2003. 1066 p.

5. Hamburg Yu. D. *Elektrokhimicheskaya kristallizatsiya metallov i spлавov* [Electrochemical crystallization of metals and alloys]. Moscow: RAN IFKh, Janus-K, 1997. 384 p.

6. Mileiko S. T. Metal and Ceramic Based Composites. Elsevier Science, 1997. 704 p.

7. *Kompozitsionnyye materialy. Spravochnik* [Composite materials. Handbook] / Ed. V. V. Vasilyeva. M.: Mashinostroyeniye, 1990. 512 p.

8. *Sbornik trudov MNTK «Materialy, tekhnologii i oborudovaniye v proizvodstve, remonte i modernizatsii mashin»* [Proceedings of the MNTK «Materials, technologies and equipment in the production, repair and modernization of machines»]. O. V. Reva, T. N. Vorobieva, P. V. Dudin [et al.]. Novopolotsk: Ed. PGU, 2009, vol. 1, pp. 92–96.

Рева Ольга Владимировна

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси,
Республика Беларусь, г. Минск

кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры химической, биологической, радиационной и ядерной защиты,

E-mail: volha107@rambler.ru

Reva Olga Vladimirovna

University of Civil Protection of the Ministry the Emergency Situations of Belarus,
Belarus Republic, Minsk

candidate of chemical sciences, associate professor, professor of the department of chemical, biological, radiation and nuclear defense

E-mail: volha107@rambler.ru

Врублевский Александр Васильевич

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси,
Республика Беларусь, г. Минск

кандидат химических наук, профессор кафедры химической, биологической, радиационной и ядерной защиты

Vrublevsky Alexander Vasilievich

University of Civil Protection of the Ministry the Emergency Situations of Belarus,
Belarus Republic, Minsk

candidate of chemical sciences, professor of the department of chemical, biological, radiation and nuclear defense

УДК 621.9.079

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ
ПОЛИМЕРНЫХ ПРИСАДОК К СОТС АКТИВИРОВАННЫХ КОРОННЫМ РАЗРЯДОМ
ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ**

Д. С. РЕПИН, А. Г. НАУМОВ, В. Б. БУБНОВ, Е. В. ЗАРУБИНА, С. А. ШАБУНИН, Д. В. СОРОКИН

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: denisrep@mail.ru

В статье представлены результаты исследований воздействия коронного разряда на полимерные кислородсодержащие присадки в СОТС при обработке металлов резанием. Рассмотрены полимерные присадки с высоким содержанием кислорода. Предложена модель активации протекания радикально-цепных реакций при использовании кислородсодержащих полимерных присадок. Изучена структура, и поверхность прирезцово-й стороны стружки обрабатываемого материала из стали 45, с использованием растрового электронного микроскопа. Данными исследованиями установлено, что при резании стали 45 на обработанной поверхности фиксировались фрагменты структур, отличных от обрабатываемого металла.

Ключевые слова: коронный разряд, поливиниловый спирт, полиэтиленгликоль сверление, смазочно-охлаждающая жидкость, присадка

**SOME RESULTS OF THE APPLICATION OF OXYGEN-CONTAINING POLYMER
ADDITIVES TO LUT ACTIVATED BY CORONA DISCHARGE
IN MECHANICAL PROCESSING OF METALS BY CUTTING**

D. S. REPIN, A. G. NAUMOV, V. B. BUBNOV, E. V. ZARUBINA, S. A. SHABUNIN, D. V. SOROKIN

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: denisrep@mail.ru

The article presents the results of studies of the effect of a corona discharge on polymeric oxygen-containing additives in LCs during metal cutting. Polymer additives with a high oxygen content are considered. A model of activation of the course of radical chain reactions with the use of oxygen-containing polymer additives is proposed. The structure and surface of the cutting side of the chip of the processed material from steel 45 were studied using a scanning electron microscope. These studies have established that when cutting steel 45, fragments of structures other than the metal being processed were fixed on the machined surface.

Key words: corona discharge, polyvinyl alcohol, polyethylene glycol drilling, cutting fluid, additive

Для уменьшения износа режущего инструмента (РИ) и уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности используют различные СОТС (смазочно-охлаждающее технологическое средство) при лезвийной обработке металлов. Использование специализирован-

ных присадок различного рода позволяет улучшить смазочные свойства СОТС.

Из литературных источников известно, что окислительные процессы при контакте смазочных материалов с технически чистыми поверхностями металлов при обработке металлов резанием оказывают существенный эффект на данный процесс [1, 2]. Добавление в изначальную композицию СОТС присадок с высокой долей кислорода в их составе позволяет увеличить смазочные свойства [3]. Ранее

авторами было отмечено, что полимерные кислородсодержащие присадки являются перспективными, т.к. при определенных условиях способны выделять значительное количество активного кислорода [4]. Для проведения исследований в качестве присадок выбрали поливиниловый спирт и полиэтиленгликоль.

Кислородсодержащие молекулы довольно легко подвергаются деструкции с образованием гидроперекисей различного состава. Результаты исследований показывают [5, 6, 7], что физическое воздействие (активация) позволяет активизировать процессы окисления, что, в свою очередь, повышает химическую активность данной среды, с последующим образованием неустойчивых радикалов (O , OH , $COOH$, H_2O_2 и т.д.).

Высокие смазочные свойства СОТС с кислородсодержащими полимерными присадками можно придать внешним воздействием. Данные экспериментов [6] показывают, что скорость реакций, процессы образования активных свободных радикалов и атомов зависят от типа физической активации СОТС. Процесс активации инициирует окислительные процессы, повышает химическую активность среды, что приводит к образованию промежуточных неустойчивых метастабильных соединений. Чрезвычайно важным моментом, является способность активированного смазочно-охлаждающего технологического средства разрушаться с образованием активных частиц (ионов, атомов, радикалов). Согласно теории радикально-цепного механизма, только при непрерывной генерации данных частиц может происходить протекание химических реакций с образованием на контактных площадках металлов трибосопряженных стабильных смазочных пленок.

Исследование химического взаимодействия радикалов применяемого при металлообработке СОТС с поверхностями обрабатываемого материала и РИ позволит прогнозировать и регулировать ход химических реакций, возникающих при обработке металлов резанием, открывает возможность получения в результате этих реакций разделительных пленок на поверхностях РИ и обрабатываемого материала, учитывать возможность возникновения нужных химических реакций разными методами. Используя соответствующие вещества и метод активации, возможно осуществление реакции, приводящей к образованию оксидных пленок и других химических соединений с определенными заранее свойствами на контактных площадках резца и стружки [5].

Смазочное действие СОТС представляет собой специфический процесс, характер-

изующийся целым рядом факторов. К этим факторам относят состояние поверхности РИ и образующейся стружки, химические и физические свойства активных частиц (радикалы, ионы, атомы и др.), являющиеся продуктами деструкции молекул СОТС, вызванной их взаимодействием с металлической поверхностью инструмента. Кроме того, на состав получаемых активных частиц влияет характер метода физической активации. На химическую активность технически чистых поверхностей влияют электронная эмиссия, каталитические свойства металлов, их химический состав и т. д. Поэтому, при интенсивном протекании эмиссии электронов возрастает их энергия, что, в свою очередь, увеличивает вероятность их взаимодействия с нейтральными молекулами СОТС, быстрее идет их распад на активные частицы. Согласно схеме, представленной на рис. 1., воздействие коронного разряда инициирует образование активных частиц при обработке металлов резанием.

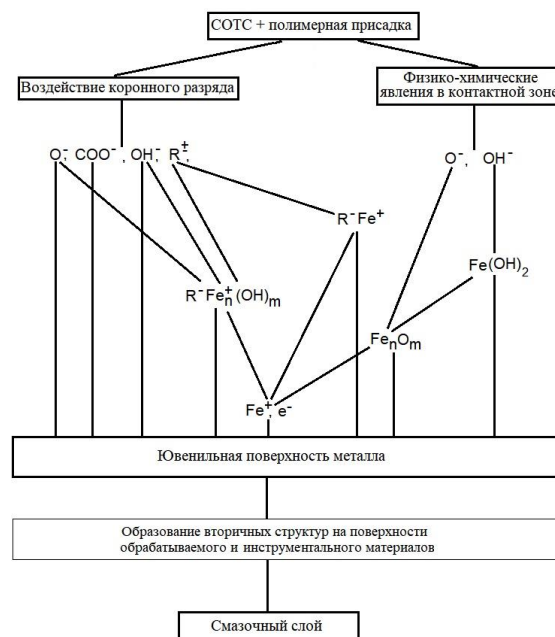


Рис. 1. Схема протекания радикально-цепных реакций при использовании кислородсодержащих полимерных присадок

Поэтому, при рассмотрении механизма воздействия кислородсодержащих полимерных присадок в смазочно-охлаждающем технологическом средстве нужно иметь в виду, что в первом случае образование радикалов возможно в зоне контакта молекул СОТС с технически чистой поверхностью, а во втором - радикалы образуются искусственно, еще до

попадания СОТС в зону резания. Влияние коронного разряда на СОТС с кислородсодержащими полимерными присадками вызывает деструкцию с образованием новых соединений в зоне контакта.

В настоящей работе проведено изучение воздействия активированных коронным разрядом СОТС с кислородсодержащими полимерными присадками на количество полученных отверстий при сверлении титанового сплава BT6 инструментом марки P6M5K5.

На основании экспериментальных исследований получены эмпирические зависимости периода стойкости РИ от скорости резания и подачи при использовании различных смазочно-охлаждающих технологических средств при сверлении (табл.).

$$T = \frac{C}{V^n \cdot S^m}$$

где, С, n, m – коэффициенты математической зависимости (табл.), V – скорость резания, T – стойкость

Таблица. Коэффициенты зависимости $T = f(V, S)$ для различных СОТС

Исследуемая СОТС	Значения коэффициентов		
	С	n	m
СОТС	140,3	0,4	0,11
СОТС +ПВС (с отрицательной активацией)	244,7	0,58	0,21
СОТС +ПВС (с положительной активацией)	177,7	0,49	0,2

В проведенных исследованиях определялось влияние подачи и скорости резания на эффективность действия изучаемых СОТС. Оценку влияния СОТС с кислородсодержащими полимерными присадками оценивали по числу полученных отверстий. Экспериментами определено, что скорость резания в большей степени влияет на период стойкости (рис. 2). Увеличение скорости резания с 13 м/мин до 19 м/мин снижает стойкость РИ в 1,3 раза. Повышение подачи также снижает стойкость РИ на 10% (рис. 3).

Опыты показывают, что использование смазочно-охлаждающего технологического

средства с кислородсодержащими полимерными присадками позволяет увеличить стойкость РИ в 1,6 раза при использовании в качестве присадки ПВС, активированного отрицательно, и в 1,4 раза при использовании присадки ПЭГ, также активированного отрицательно по сравнению с применением базовой СОТС.

При анализе диаграммы зависимости стойкости РИ от скорости резания и подачи можно сделать вывод, что наибольшее количество отверстий получается при минимальной скорости резания и максимальной подаче (рис. 4).

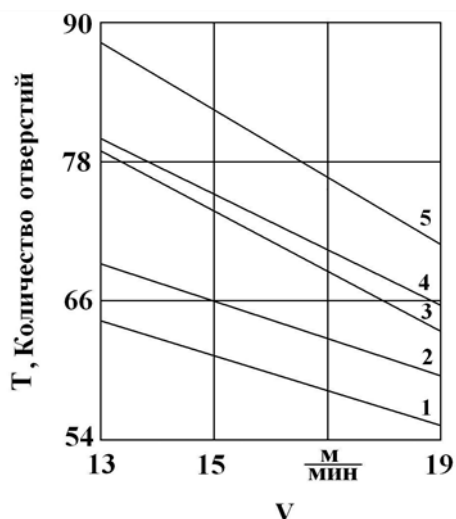


Рис. 2. График стойкости инструмента марки P6M5K5 от скорости резания при сверлении титанового сплава BT6: 1 – СОТС; 2 – СОТС+ПЭГ (+); 3 – СОТС+ПЭГ (-); 4 – СОТС+ПВС (+); 5 – СОТС+ПВС (-)

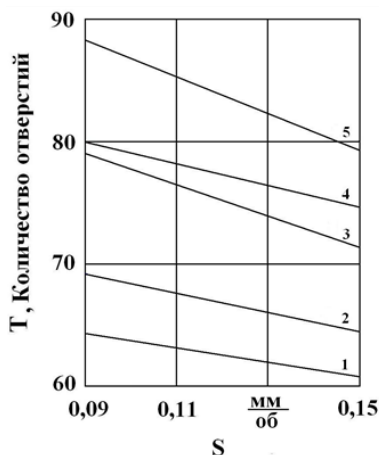


Рис. 3. График стойкости инструмента марки Р6М5К5 от подачи при сверлении титанового сплава ВТ6: 1 – COTC; 2 – COTC+ПЭГ (+); 3 – COTC+ПЭГ (-); 4 – COTC+ПВС (+); 5 – COTC+ПВС (-)

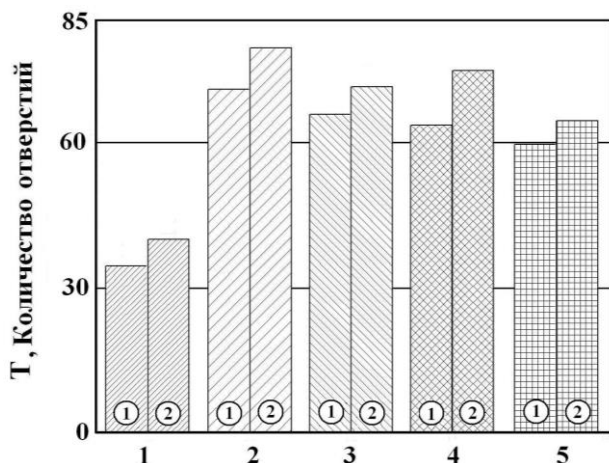


Рис. 4. Диаграмма стойкости инструмента марки Р6М5К5 от скорости резания и подачи при использовании активированных полимерсодержащих COTC при сверлении титанового сплава ВТ6: 1 – COTC; 2 – COTC+ПВС (-); 3 – COTC+ПВС (+); 4 – COTC+ПЭГ (-); 5 – COTC+ПЭГ (+). 1 – (V_{max} , S_{min}), 2 – (V_{min} , S_{max})

На рис. 5 представлены теоретические (расчетные) и экспериментальные кривые зависимости периода стойкости от скорости резания. Сравнение кривых показывает хорошее

соответствие теоретических и экспериментальных данных. Расхождение экспериментальных данных и теоретических данных составляет порядка 5-7 %.

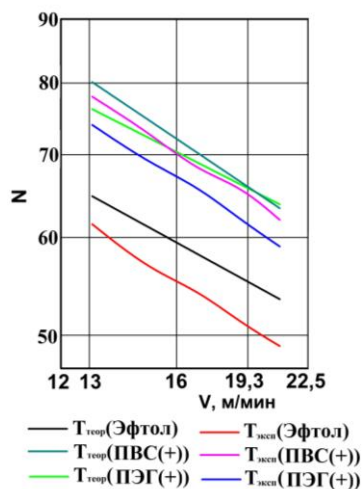
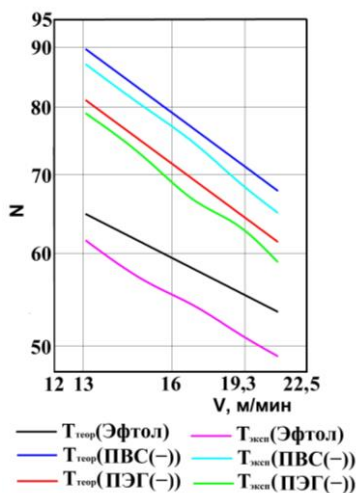


Рис. 5. Графики зависимости стойкости инструмента марки Р6М5К5 от скорости резания при сверлении титанового сплава ВТ6 (теоретические и экспериментальные значения)

Проведенные опыты показали, что применение активированных смазочно-охлаждающих технологических средств с кислородсодержащими полимерными присадками, позволяет повысить период стойкости РИ, вследствие способности присадок к образованию свободных радикалов. Высокая эффективность растворенных полимерных присадок в СОТС, получаемая при последующей активации, может быть объяснена образованием в контактной зоне перекиси водорода (при воздействии коронного разряда) с последующим её разложением с образованием химически активного атомарного кислорода и радикалов гидроксила.

Таким образом, совокупное действие кислородсодержащих полимерных присадок, растворенных в смазочно-охлаждающем технологическом средстве, и последующая активация коронным разрядом, обеспечивает образование стабильных смазочных пленок на режущих гранях инструмента, что приводит к значительному повышению стойкости РИ.

Методом сканирующей электронной микроскопии исследовались структура, морфология и топография поверхности прирезцовой стороны металлической стружки, полученной при обработке заготовки из Ст.45. В рамках данного эксперимента нами регистрировались изменения внешнего вида обработанных

поверхностей, образованных при резании с использованием полимерсодержащего СОТС, активированного коронным разрядом, и вид вторичных структур, получившихся в результате протекания в зоне резания между компонентами СОТС и трибосопряженными металлическими поверхностями процессов физико-химической природы.

При анализе полученных экспериментальных данных установлено, что при точении образца Ст. 45 на обработанной поверхности нами обнаружено появление новых структур, отличающихся от исходного материала.

Максимальное количество участков с данными структурами наблюдается в случае отрицательно активированного СОТС с кислородсодержащими присадками. По этой причине, наблюдаемые элементы были определены как вторичные структуры, получившиеся в результате взаимодействия компонентов СОТС с технически чистыми поверхностями в зоне резания. На микрофотографиях (рис. 3 в, г) наблюдаются участки, которые, по нашему мнению, можно охарактеризовать, как трибополимеризованный слой граничной смазки. Этот слой, по всей видимости, образуется в результате взаимодействия органических компонентов СОТС с металлической поверхностью заготовки.

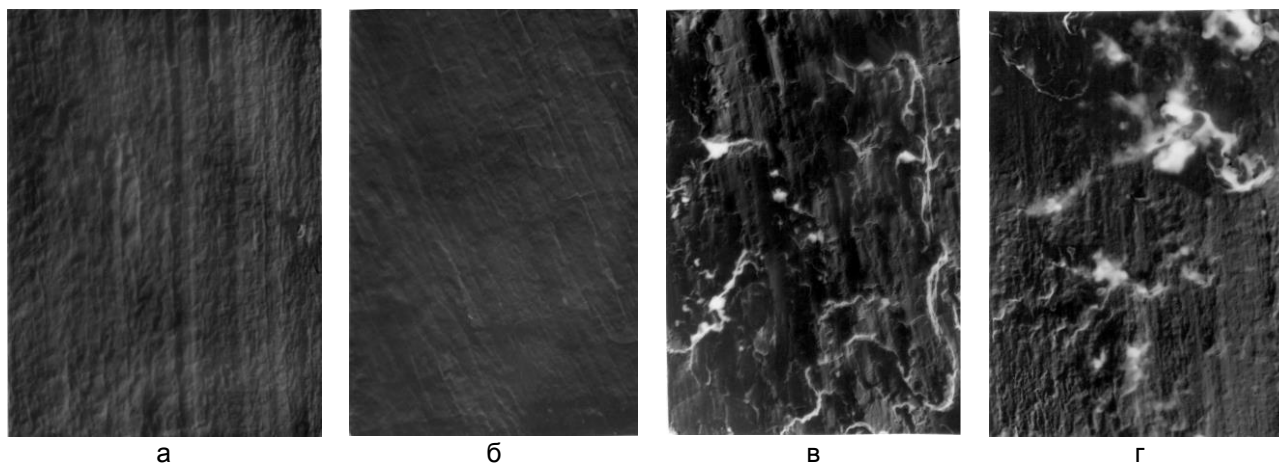


Рис. 3. Поверхность прирезцовой стороны стружки стали 45 после резания с использованием полимерсодержащей СОТС
а – «всухую»; б – СОТС; в – СОТС + ПВС (+); г – СОТС + ПВС (-)

Для обнаружения полученных в результате точения структур, сняты дифракционные картины с поверхности стружки. Данное исследование показало, что благодаря активации смазочно-охлаждающего технологического средства коронным разрядом возникают новые

химические соединения неопределенного состава, отличающиеся от соединений, полученных без применения коронного разряда.

Полученные результаты подтверждают выводы о том, что химические реакции, протекающие при обработке металлов резанием с

использованием активированных смазочно-охлаждающих технологических средств с кислородсодержащими полимерными присадками, имеют свободно-радикальный характер. В результате образования реакционных радикалов происходит их химическое взаимодействие с металлом. На основании химизма смазки можно объяснить механизм действия СОТС при обработке различных металлов. Нужно отметить, что химизм смазочного материала

при обработке металлов резанием зависит от способности СОТС и присадок порождать в зоне резания или в объеме среды реакционные элементы – радикалы, свободные атомы. Активированные кислородсодержащие полимерные присадки, разрушаясь, являются производными активных радикалов, присутствие которых в зоне резания, благоприятно влияет на использование различного РИ.

Список литературы

1. Латышев В. Н. Повышение эффективности СОТС. М.: Машиностроение. 1985. 64 с.
2. Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов / В. Н. Латышев, А. Г. Наумов, В. С. Раднюк [и др.] // Трение и износ. 2010. Вып. 5 (31). С. 500–510.
3. Подзолков А. И., Дубовик Ю. А., Бабенко Д. А. Влияние полимерсодержащих смазочно-охлаждающих технологических средств на эффективность резания металлов // Вестник ХНТУ. 2007. Вып. 3 (29). С. 184–189.
4. Буяновский И. А. Граничная смазка адсорбционным слоем // Трение и износ. 2010. Вып. 1 (31). С. 48–67.
5. Латышев В. Н., Наумов А. Г. Механизм радикально-цепных реакций при лезвийной обработке металлов // Металлообработка. 2009. № 3 (51). С. 8–16.
6. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов / А. Г. Наумов, В. Н. Латышев, В. С. Раднюк [и др.] // Металлообработка. 2016. Вып. 4 (94). С. 26–33.
7. Репин Д. С., Латышев В. Н., Наумов А. Г. Влияние активированных полимерсодержащих СОТС при обработке металлов резанием // Металлообработка. 2011. Вып. 4 (64). С. 2–4.

References

1. Latyshev V. N. *Povysheniye effektivnosti SOTS* [Improving the efficiency of the coolant]. M.: Mashinostroyeniye, 1985. 64 p.

2. Eksperimental'nyye issledovaniya tribologicheskikh yavleniy pri rezanii materialov [Experimental studies of tribological phenomena during material cutting] / V. N. Latyshev, A. G. Naumov, V. S. Radnyuk [et al.]. *Treniye i iznos*, 2010, vol. 31, issue 5, pp. 378–386. DOI 10.3103/S1068366610050107. EDN ODYYJP.
3. Podzolkov A. I., Dubovik Yu. A., Babenko D. A. Vliyaniye polimersoderzhashchikh smazочно-okhlazhdayushchikh tekhnologicheskikh sredstv na effektivnost' rezaniya metallov [Influence of polymer-containing lubricating and cooling technological means on the efficiency of metal cutting]. *Vestnik KHNTU*, 2007, vol. 3 (29), pp. 184–189.
4. Buyanovskii I. A. Granichnaya smazka adsorbtsionnym sloym [Boundary lubrication by an adsorption layer]. *Treniye i iznos*, 2010, vol. 31, issue 1, pp. 33–47. DOI 10.3103/S1068366610010046. EDN MXIYST.
5. Latyshev V. N., Naumov A. G. Mekhanizm radikal'no-tsepnykh reaktsiy pri lezviynoy obrabotke metallov [Radical-chain reaction mechanism while blade metal working]. *Metallorabotka*, 2009, vol. 3 (51), pp. 8–16.
6. [Development of the theory of radical chain mechanism of action of cutting fluids in metal cutting] / A. G. Naumov, V. N. Latyshev, V. S. Radnyuk [et al.]. *Metallorabotka*, 2016, vol. 4 (94), pp. 26–33.
7. Repin D. S., Latyshev V. N., Naumov A. G. Vliyaniye aktivirovannykh polimersoderzhashchikh SOTS pri obrabotke metallov rezaniyem [The influence of activated polymer-containing lubricant-cooling agent tools at metal cutting]. *Metallorabotka*, 2011, vol. 4 (64), pp. 2–4.

Репин Денис Сергеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: denisrep@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: denisrep@mail.ru

Наумов Александр Геннадьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор технических наук, профессор

E-mail: kafppv@mail.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 technical sciences, professor

E-mail: kafppv@mail.ru

Бубнов Владимир Борисович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kafppv@mail.ru

Bubnov Vladimir Borisovich

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 technical sciences, associate professor

E-mail: kafppv@mail.ru

Зарубина Екатерина Витальевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, доцент

E-mail: kafppv@mail.ru

Zarubina Ekaterina Vitalievna

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 technical sciences, associate professor

E-mail: kafppv@mail.ru

Шабунин Сергей Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук

E-mail: kafppv@mail.ru

Shabunin Sergey 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 chemistry sciences

E-mail: kafppv@mail.ru

Сорокин Дмитрий Вячеславович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: kafppv@mail.ru

Sorokin Dmitry Vyacheslavovich

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 technical sciences

E-mail: kafppv@mail.ru

ПСИХОЛОГИЯ ТРУДА, ИНЖЕНЕРНАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПСИХОЛОГИЯ
LABOUR PSYCHOLOGY, ENGINEERING AND ORGANIZATIONAL PSYCHOLOGY

УДК 656.7:/331.101.1:656.7.086

**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПИЛОТОВ
ПРИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ
В ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ ИЗУЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
НА РАЗВИТИЕ СТРЕССА У ПИЛОТОВ В ДИНАМИКЕ ИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

А. М. СОБЧЕНКО¹, С. Н. СОРОКОУМОВА²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А. А. Новикова»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный социальный университет»,
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: sobchenko1963@mail.ru, 4013@bk.ru

В статье рассматриваются вопросы психологической диагностики и коррекции индивидуально-личностных особенностей у пилотов в результате выполнения профессиональной деятельности в экстремальных условиях.

Исследованием установлено, что влияние психологического стресса на психику пилотов имеет отсроченную природу и может проявляться после выполнения деятельности в виде постстрессовой симптоматики разной природы.

Ключевые слова: индивидуально-психологические свойства, психологический стресс, пост-травматические расстройства, реадaptация, психологическое обеспечение профессиональной деятельности.

**PROFESSIONAL ACTIVITY OF PILOTS DURING SIMULATOR TRAINING IN THE
PSYCHOLOGICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF EXTREME CONDITIONS ON THE
DEVELOPMENT OF STRESS IN PILOTS IN THE DYNAMICS OF THEIR ACTIVITIES**

A. M. SOBCHENKO¹, S. N. SOROKOUMOVA²

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov»,
Russian Federation, St. Petersburg,

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Social University»,
Russian Federation, Moscow
E-mail: sobchenko1963@mail.ru, 4013@bk.ru

In the article the questions of psychological diagnostics and correction of individual personality features of pilots for performance of professional activity in extreme conditions.

The study found that the influence of psychological stress on the psyche of the pilots is delayed nature and can manifest itself after performing the activities in the form of poststress symptoms time of a different nature.

Key words: individual psychological characteristics, psychological stress, post-traumatic stress disorder, rehabilitation, psychological support of professional activities.

Введение

Особые условия деятельности пилотов при тренажерной подготовке выступают важными факторами, которые существенно влияют на их профессиональные качества. Они характеризуют поток и отображение свойств личности в зависимости от их характера профессиональной деятельности. Научное исследование не только не исключает, но и предполагает необходимость учета прямого воздействия на динамику развития индивидуальных качеств и эффективности пилотов на их внешние факторы.

В исследованных документах и других материалах, касающихся профессиональной деятельности пилотов при тренажерной подготовке, выделяют факторы, которые проходят в трех основных группах:

- Первая группа являются факторами, которые требуют адаптации к условиям деятельности обучения (приобретение летными специалистами системы знаний, навыков и умений, необходимых для выполнения как в штатных так и в нештатных необходимых условиях выполнения полета; лишение прямого общения с широкой социальной средой изменяя условия жизни);

- Вторая группа являются факторами, которые имеют прямое влияние на пилотов (широкое применение переноса навыков в овладении полетами в различных метеоусловиях, на различных видах работ, на различных типах воздушных судов и т.д.);

- Третья группа являются факторами, которые ограничивают пилотов в человеческих потребностях включая некоторые материалы (духовные, семья, физические, моральные и т.д.). Эти факторы влияют на пилотов по отдельности или в сложных исполнениях служебных обязанностей, делая коррекцию в повседневной жизни, в определенной степени диктовать линию поведения. Принимая во внимание, что основная нагрузка в ходе профессиональной деятельности пилотов приходится на центральную нервную систему, наиболее выраженной в изменении следует ждать, скорее всего от индивидуально-психологических качеств и профессионально важных психических процессов: памяти, внимания, мышления, сенсомоторики, а также количество ошибок, которые могут проявляться в процессе обучения.

Таким образом для изучения индивидуальных и профессиональных качеств пилотов до тренажерной подготовки и после возвращения, мы применяем комплекс методов, которые позволяют исследовать их под влиянием традиционного положения и их восстановления в гражданской авиации, которые регу-

лируются руководящими документами, а также психологическим тренингом «Стресс-менеджмент», которым мы улучшили на основе существующих событий. В ходе пилотажного исследования используется комплексный подход, который дал возможность исследовать уровень психологических особенностей пилотов, определить изменения психологических переменных, которые происходят в результате прямого влияния условий, характеристик и особенностей деятельности специалистов-исследователей [2; 7; 11; 3]. Результаты пилотажного исследования, как источник справочных данных был обработан с помощью методов математической обработки данных. Количественный и качественный анализ результатов исследования дали возможность исследовать достоверность различия показателей, которые помогают исследовать выполнение обучения при тренажерной подготовке до и после выполнения обязанностей в особых условиях [4; 10]. Применение корреляционного анализа значительно расширило возможность анализа выбрать коэффициент корреляции Пирсона множественной корреляции индексов и разделения фактора загрузки. Необходимо отметить, что подбор соответствующих исследуемых групп пилотов осуществлялся в тренажерном центре Университета гражданской авиации г. Санкт-Петербурга. Под наблюдением находились одного уровня профессиональной подготовки пилотов в количестве 152 человека. Процедура исследования заключалась в том, что исследуемых диагностировали дважды: перед отправлением на тренажер для выполнения задания полета, и сразу после возвращения выполнения задания полета при тренажерной подготовке. В дальнейшем, из числа прибывших, была сформирована контрольная и экспериментальная группа, которая прошла обучение по программе тренинга, после чего исследуемые группы подлежали повторному обследованию за комплексом методик. Существенную роль в процессе изучения психологической готовности к деятельности, играют способности связанные с индивидуально-психологическими характеристиками личности в динамической перестройке системы отношений, наставлений, жизненных целей. Если личность гибко взаимодействует с окружением, его можно отнести к адаптивному типу личности и наоборот, если на повседневные задания человек реагирует не гибко и плохо выполняет их, если обычные действия и впечатления вызывают дискомфорт, то это слабоадаптированный человек, а иногда даже и патологический. Психическая адаптация индивида в группе требует умения и готовности психологиче-

ски пристраиваться к окружающим, проявляя взаимопонимание и уступчивость, сдерживая эмоциональные порывы, вопреки эгоцентрическим тенденциям. Это особенно оказывается актуальным для людей, профессия которых связана с экстремальными ситуациями. В наших условиях формирования психологической готовности к деятельности в экстремальных условиях, мы рассматриваем как деятельность направленную на диагностику, необходимую коррекцию личностных свойств,

которые владеют прогностической ценностью и составляют основу профессионально-важных качеств.

При исследовании свойств личности нами использован концептуальный аппарат к ее описанию Г. Олпорта, эмпирическое воплощение в жизнь которого частично реализовал в своем опроснике черт Р. Кеттел (16).

По результатам диагностики выявлены особенности проявления личностных черт исследуемых, которые отображены в (табл.1).

Таблица 1. Результаты исследования с помощью методики Кеттелла

Факторы	Группы	
	До выполнения задания на тренажере	После выполнения задания на тренажере
A	6,65 ± 0,31	4,49 ± 0,25*
B	6,39 ± 0,15	6,45 ± 0,21
C	7,13 ± 0,14	3,79 ± 0,31*
E	5,12 ± 0,17	4,21 ± 0,34*
F	5,84 ± 0,16	5,01 ± 0,32
G	5,53 ± 0,18	3,61 ± 0,23*
H	6,31 ± 0,16	4,29 ± 0,36*
I	5,46 ± 0,19	6,01 ± 0,24
L	5,79 ± 0,15	5,91 ± 0,28
M	4,41 ± 0,14	4,19 ± 0,21
N	5,31 ± 0,19	5,22 ± 0,33
O	4,87 ± 0,16	7,29 ± 0,31*
Q1	4,81 ± 0,19	4,98 ± 0,23
Q2	5,81 ± 0,17	7,23 ± 0,19*
Q3	7,03 ± 0,22	5,12 ± 0,26*
Q4	5,03 ± 0,23	8,29 ± 0,17*

Примечание: Достоверность отличия между показателями при $p \leq 0,05$.

Материалы и методы исследования

Данные, полученные с помощью методики Кеттелла, были обработаны методами математической статистики с расчетом средних значений и дисперсии диагностических показателей. Количественный и качественный анализ результатов исследования дал возможность выявить достоверные отличия до и после выполнения обязанностей в течение месяца по отдельным факторам. Сравнительный

анализ средних значений факторов Кеттелла в группе по t-критерию Стьюдента показал следующие результаты: большинством шкал получены достоверные отличия между диагностическими данными. «Шкалы оценки влияния травматического события» (пересмотренной «IES-R»). Количественные данные, после математической обработки, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Значения показателей, полученных по методике IES-R (в баллах)

Названия субшкалы	Статистические обозначения	Средние значения показателей	
		До	После
IN Вторжение	M	4,31	19,86*
	SD	2,90	7,03*
	n	82	82
AV Избежание	M	5,01	15,52*
	SD	4,48	6,86
	n	82	82
AR Гипервозбуждение	M	3,30	11,44*
	SD	2,78	5,36
	n	82	82
IES-R Сумарная оценка	M	12,62	39,82*
	SD	9,36	16,83*
	n	82	82

Примечание: M – среднее арифметическое; SD – стандартные отклонения; n – количество обследованных пилотов; * достоверные отличия при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, представленные в табл. 2 свидетельствуют о значительных различиях в показателях всех трех субшкал у пилотов до и после тренажерной подготовки. Так, по субшкале «вторжение» среднее значение в группе после тренажерной подготовки было 19,86 баллов, что более чем в четыре раза превышает аналогичный показатель у лиц из группы до тренажерной подготовки, где он достигает всего 4,31 баллов. При этом, несмотря на значительное стандартное отклонение, говорит о неоднородности группы, полученные данные статистически достоверны. Очень высокие и показатели по субшкале «бегства»: у пилотов-реадаптантов среднее значение выражается суммой 15,52 баллов при 5,01 баллов в группе сравнения (в ходе тренажерной подготовки). Здесь также различия по группам выражаются цифрой 3,09, то есть реакции избегания у пилотов, вернувшихся после тренажерной подготовки, оказываются в 3 раза выше. Совокупность личностных характеристик, образующих субшкалу «гипервозбуждение», менее выражены по отношению к максимуму, однако у пилотов, побывавших в экстремальных условиях, по сравнению предыдущим исследованием,

они выше также более чем в три раза (а именно в 3,46 раза).

Выводы

Таким образом, обобщая данные сравнительного анализа, можно констатировать, что в системе связей между элементами личности, которые отображены шкалами 16 ФОО после выполнения заданий наблюдается следующее:

1. Преобладают нарушения в эмоционально-волевой (факторы: C, O, Q3, Q4, G), коммуникативной сферах (факторы: A, H, Q2, E, F) личности;
2. Увеличивается жесткость системы связей в целом так, что изменение одной характеристики детерминирует большинством других характеристик;
3. Нарушается сбалансированность системы личности, и связанными оказываются свойства, сочетание которых препятствует адаптивному поведению;
4. Ранжированный ряд выявил степень информативности личностных факторов.

Список литературы

1. Бондаренко О. Ф. Психологическая помощь личности. Харьков: ФОЛИО, 1996. 237 с.
2. Бурлачук Л. Ф. Морозов С. М. Словарь-справочник по психодиагностике СПб.: Питер Ком, 1999. 528 с.
3. Бурлачук Л. Ф. [и др.] Основы психотерапии. К.: Ника-Центр, 1999. 20 с.
4. Корольчук М. С. Психологическое обеспечение психического и физического здоровья. Учебное пособие. Киев: Фирма «ИНКОС», 2002. 272 с.
5. Корольчук М. С. Крайнюк В. М. Социально-психологическое обеспечение деятельности в обычных и экстремальных условиях: учебное пособие. Киев: Ельга, Ника-центр, 2006. 576 с.
6. Ложкин Г. В. Психологическое сопровождение военнослужащих в деятельности при экстремальных условиях. Киев: МОУ, 2003. 218 с.
7. Макаревич А. П. Психологическая подготовка личности к поведению в сложных ситуациях. Монография. Киев: НАОУ, 2001. 183 с.
8. Моляко В. А. Особенности проявления паники в условиях экологического бедствия (на примере Чернобыльской атомной катастрофы). Психологический журнал, 1992. Т. 13 № 2. С. 66–73.
9. Стасюк В. В. Система социально-психологического обеспечения функционирования воинских подразделений в условиях вооруженных конфликтов. Монография. Киев: НАОУ. 2005. 322 с.
10. Тарабрина В. Н., Лазебная Е. О. Синдром посттравматических стрессовых нарушений: современное состояние и проблемы // Психологический журнал. 1992. Т. 13, № 2. С. 103–115.
11. Тимченко О. В. Синдром посттравматических стрессовых нарушений: концептуализация, диагностика, коррекция и прогнозирование. Харьков: изд-во Ун-та внутр. дел, 2000. 268 с.

References

1. Bondarenko O. F. *Psihologicheskaya pomoshch' lichnosti* [Psychological assistance to the individual]. Kharkov: FOLIO, 1996. 237 p.
2. Burlachuk L. F. Morozov S. M. *Slovar'-spravochnik po psihodiagnostike* [Dictionary of

psychodiagnostics]. SPb.: Peter Com, 1999. 528 p.

3. Burlachuk L. F. [et al.] *Osnovy psihoterapii* [Fundamentals of psychotherapy]. Kiyev: Nika-Center, 1999. 20 p.

4. Korolchuk M. S. *Psihologicheskoe obespechenie psihicheskogo i fizicheskogo zdorov'ya. Uchebnoe posobie*. [Psychological support of mental and physical health. Tutorial]. Kiyev: Firm «INKOS», 2002. 272 p.

5. Korolchuk M. S. Kraynyuk V. M. *Sotsial'no-psihologicheskoe obespechenie deyatel'nosti v obychnykh i ekstremal'nykh usloviyakh: uchebnoe posobie* [Socio-psychological support of activities in normal and extreme conditions: a textbook]. Kiyev: Yelga, Nika-center, 2006. 576 p.

6. Lozhkin G. V. *Psihologicheskoe soprovozhdenie voennosluzhashchih v deyatel'nosti pri ekstremal'nykh usloviyakh* [Psychological support of military personnel in activities under extreme conditions]. Kiyev: MOU, 2003. 218 p.

7. Makarevich A. P. *Psihologicheskaya podgotovka lichnosti k povedeniyu v slozhnykh situatsiyakh. Monografiya* [Psychological preparation of personality for behavior in difficult situations. Monograph]. Kiyev: NAOU, 2001. 183 p.

8. Molyako V. A. *Osobennosti proyavleniya paniki v usloviyakh ekologicheskogo bedstviya (na primere Chernobyl'skoj atomnoj katastrofy)* [Peculiarities of manifestation of panic in conditions of ecological disaster (on the example of the Chernobyl nuclear disaster)]. *Psychological Journal*, 1992, vol. 13, issue 2, pp. 66–73.

9. Stasyuk V. V. *Sistema sotsial'no-psihologicheskogo obespecheniya funkcionirovaniya voinskiykh podrazdeleniy v usloviyakh vooruzhennykh konfliktov. Monografiya* [The system of socio-psychological support for the functioning of military units in armed conflicts. Monograph]. Kiyev: NAOU. 2005. 322 p.

10. Tarabrina V. N., Lazebnaya E. O. *Sindrom posttravmaticheskikh stressovykh narushenij: sovremennoe sostoyanie i problemy* [Syndrome of post-traumatic stress disorders: current state and problems]. *Psychological Journal*, 1992, vol. 13, issue 2, pp. 103–115.

11. Timchenko O. V. *Sindrom posttravmaticheskikh stressovykh narushenij: konceptualizatsiya, diagnostika, korrektsiya i prognozirovanie* [Syndrome of post-traumatic stress disorders: conceptualization, diagnosis, correction and prediction]. Khar'kov: izd-vo Un-ta vnutr. del, 2000. 268 p.

Собченко Александр Михайлович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А. А. Новикова»,

Российская Федерация, г. Санкт-Петербург

кандидат психологических наук, доцент

E-mail: sobchenko1963@mail.ru

Sobchenko Alexander Mikhailovich

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State University
of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A. A. Novikov»,

Russian Federation, St. Petersburg

Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor

E-mail: sobchenko1963@mail.ru

Сорокоумова Светлана Николаевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный социальный университет»,

Российская Федерация, г. Москва

Профессор факультета психологии

E-mail: 4013@bk.ru

Sorokoumova Svetlana Nikolaevna

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Social University»,
Russian Federation, Moscow

Professor of the Faculty of Psychology

E-mail: 4013@bk.ru

УДК 159.99

ПРЕДИКТОРЫ ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ КУРСАНТОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВУЗА

Е. А. ШМЕЛЕВА^{1,2,3}, Ж. Л. ОКЕАНСКАЯ², П. А. КИСЛЯКОВ^{3,4}, А. Р. ДАШЕВСКИЙ²

¹ Ивановский государственный университет,

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново,

³ Российский государственный социальный университет,

⁴ Научно-исследовательский институт Федеральной службы
исполнения наказаний Российской Федерации,
Российская Федерация, г. Москва

E-mail: noc_shmeleva@mail.ru, ocean_2004@mail.ru, pack.81@mail.ru, darspok@mail.ru

В статье обосновано влияние осмысленности жизни, выдержки/упорства и субъективного благополучия на развитие жизнестойкости курсантов противопожарной службы в образовательной среде вуза. Применялись тест жизнестойкости, тест смысловых ориентаций, шкала «Грит», шкала субъективного благополучия, а также методы качественного и количественного анализа данных, в т.ч. регрессионный анализ. Будущая профессиональная деятельность пожарных предполагает потенциально возможный стрессогенный фактор, поэтому на этапе вузовской подготовки у курсантов возможно формировать стрессоустойчивость личности, ориентируясь в психокоррекционной работе на развитие интегративного ресурса – жизнестойкости, учитывая выявленные предикторы. Практическая значимость проведенного исследования заключается в том, что установленное влияние целесообразно учитывать в психопрофилактической работе через реализацию программ мотивационных тренингов, тренингов жизнестойкости, а также включение мер по укреплению жизнестойкости в учебные программы дисциплин. Необходимо, чтобы все меры психологической поддержки обучающихся в образовательном процессе способствовали выполнению учебных задач и задач практической подготовки к экстремальной профессиональной деятельности за счет актуализации навыков жизнестойкости на основе имеющихся знаний и опыта и сформированного мировоззрения.

Ключевые слова: курсанты, пожарный вуз, жизнестойкость, смысловые ориентации, упорство, благополучие.

PREDICTORS OF THE HARDINESS OF FIRE ACADEMY CADETS

Е. А. SHMELEVA^{1,2,3}, Zh. L. OKEANSKAJA², P. A. KISLYAKOV^{3,4}, A. R. DASHEVSKIY²

¹ Ivanovo State University,

² 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

³ Russian State Social University,

⁴ Federal State Institution Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia,
Russian Federation, Moscow

E-mail: noc_shmeleva@mail.ru*, ocean_2004@mail.ru, pack.81@mail.ru, darspok@mail.ru,

The article substantiates the influence of the meaningfulness of life, endurance / perseverance and subjective well-being on the development of the resilience of fire service cadets in the educational environment of the university. The test of resilience, the test of life orientations, the Grit scale, the scale of subjective well-being, as well as methods of qualitative and quantitative data analysis, including regression analysis, were used. The future professional activity of firefighters presupposes a potentially possible stressful factor, therefore, at the stage of university training, it is possible for cadets to form a stress-resistant personality, focusing in psychocorrective work on the development of an integrative resource - resilience, taking into account the identified predictors. The practical significance of the conducted research lies in the fact that it is

advisable to take into account the established influence in psychoprophylactic work through the implementation of motivational training programs, resilience training, as well as inclusion measures to strengthen resilience in the curricula of disciplines. It is necessary that all measures of psychological support of students in the educational process contribute to the fulfillment of educational tasks and tasks of practical preparation for extreme professional activity by updating resilience skills based on existing knowledge and experience and a formed worldview.

Key words: cadets, fire university, resilience, life-meaning orientations, perseverance, well-being.

Актуальность

Жизнестойкость как психологическое свойство личности, личностный ресурс и способность к адаптации, становится актуальным объектом психологической науки, претерпевая постоянное обновление и смысловое наполнение. Учеными обосновано, что жизнестойкость не является врожденным фактором, она формируется в процессе жизнедеятельности человека. Поэтому выявление факторов и условий, способствующих ее формированию и развитию, является актуальной задачей психологической науки.

Жизнестойкость как личностный ресурс способствует преодолению жизненных кризисов, снижению тревожности, сохранению психологического благополучия личности, ее адаптации к возникающим угрозам и вызовам. Обучающиеся в высшей школе – курсанты и студенты – в силу особенностей сензитивного периода и доминирующего типа деятельности проходят через ряд кризисных периодов, обусловленных как возрастом, так и индивидуальным развитием, включающих преодоление нереализованности, опустошенности, бесперспективности, кризисы, связанные с трудностями обучения, с нестабильностью настоящего и неопределенностью будущего.

На фоне этих кризисов именно в учебно-профессиональной деятельности происходит становление личности обучающихся и формирование их жизнестойкости. Условия образовательной среды способны выступать факторами успешной адаптации в кризисных ситуациях, самоактуализации и продуктивной самореализации и развитию жизнестойкости.

В фокусе исследований многих зарубежных ученых находилось взаимовлияние жизнестойкости и благополучия личности (П. Бартон С. Мадди, Б. Хименес, Д. Хошаба и др.). При этом С. Кобейс и С. Мадди определяют жизнестойкость с позиции эффективности деятельности, в которой влияние стрессогенных факторов на психосоматическое здоровье опосредуется через ресурс жизнестойкости, выступающей интегральной чертой личности, ответственной за успешность преодоления жизненных трудностей [1, 2]. Оригинальную интерпретацию структуры жизнестойкости С. Мадди

представляет в виде кисти руки, где на ладони расположены жизнестойкие установки, которые отражают вовлеченность, принятие риска и контроль. Пальцы символизируют жизнестойкие навыки (релаксацию и эмоциональную саморегуляцию, когнитивные стратегии совладания, коммуникативные навыки, навыки здорового питания и физические упражнения поддержания физической формы и работоспособности), отражая соматический, психологический, социальный, экзистенциальный уровни совладания [3].

Жизнестойкость тесно связана с физическим [4] и психическим здоровьем [5, 6], отрицательно коррелирует с симптомами депрессии [7], тревоги [8] или стрессовых расстройств [9]. Многие эксперты считают, что жизнестойкость положительно влияет, в частности, на самочувствие человека [10; 11; 12] и, таким образом, вносит значительный вклад в преодоление трудностей. Кроме того, в студенческой среде понятие жизнестойкости ассоциируется с мотивацией или лучшими результатами обучения [13; 14]. В таком контексте это свойство жизнестойкости может способствовать как лучшей успеваемости, так и предотвращению угроз.

Отечественные исследователи изучают жизнестойкость в разных аспектах, в т.ч. психодинамики – изменения личностных проявлений у людей, побывавших в ситуациях экстремальности (Л. А. Анциферова, С. А. Богомаз, Д. А. Леонтьев, М. Ш. Магомед-Эминов, М. В. Логина и др.).

Для изучения жизнестойкости Д. А. Леонтьев адаптировал методику С. Мадди, сохранив структуру жизнестойкости, включающую три шкалы. Сейчас русскоязычная версия теста жизнестойкости Д. А. Леонтьева является самой распространенной исследовательской методикой: способность получать удовольствие от выполняемой человеком деятельности составляет вовлеченность, способность личности оказывать влияние на результаты происходящих с человеком событий отражает контроль, а готовность действовать в условиях отсутствия гарантий на благоприятный исход рассматривается как осознанное принятие риска.

Исследование, проведенное А. А. Земсковой и Н. А. Кравцовой позволило описать структуру жизнестойкости курсантов вузов МЧС через биологический (психофизиологический), социальный и психологический компоненты, отнести к предикторам жизнестойкости осмысленность жизни, стратегии совладания, личностный адаптационный потенциал и его компоненты, тип акцентуаций характера, внешнюю отрицательную мотивацию, психофизиологические показатели [15].

Ранее нами было показано, что курсанты противопожарного вуза демонстрируют высокий уровень удовлетворенности образовательной средой и защищенности от психологического насилия во взаимодействии с ней, что динамика жизнестойкости и осмысленности жизни проявляют сходный характер: от повышения до третьего курса к снижению на четвертом курсе, что свидетельствует о «кризисе» военной социализации, а также наличии значимой взаимосвязи между жизнестойкостью и

осмысленностью жизни, психологической безопасностью и выдержкой/упорством [16]. Настоящее исследование имеет целью обоснование влияния выявленных переменных и его учета в психокоррекционной и психопрофилактической работе с курсантами. Нами проверялось предположение о том, что выдержка/упорство, осмысленность жизни и благополучие обучающихся в условиях образовательной среды противопожарного вуза являются предикторами жизнестойкости личности курсантов. Проверка данного предположения необходима для верификации модели жизнестойкости курсантов и использования ее в процессе подготовки курсантов противопожарного вуза.

Материалы и методы

Участниками исследования были обучающиеся Ивановской государственной пожарно-спасательной академии МЧС России ($n = 323$ чел.). Описание выборки приведено в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика исследуемой выборки

	Количество	Проценты
Пол		
Юноши	301	93,2
Девушки	22	6,8
Курс обучения		
1 курс	93	28,8
2 курс	54	16,7
3 курс	53	16,1
4 курс	124	38,4
Направление подготовки		
Пожарная безопасность (бакалавриат)	236	73,1
Пожарная безопасность (специалитет)	51	15,8
Судебная экспертиза (специалитет)	36	11,1

Ознакомление с целью и условиями анкетирования в виде интернет-опроса рассматривалось как согласие на участие в исследовании. Участникам исследования было сообщено, что их участие добровольно, а личность будет сохранена в тайне.

Для определения жизнестойкости был использован тест жизнестойкости [17], шкала «Грит» [18], тест смысложизненных ориентаций [19], шкала субъективного благополучия, в формате ответов по шкале Лайкерта, а также методы качественного и количественного анализа данных, в т.ч. регрессионный анализ. Методы математической статистики реализованы в пакете IBM SPSS Statistics 21.

Результаты исследования и их обсуждение

Для построения социально-психологической модели и выявления возможных предикторов жизнестойкости был проведен регрессионный анализ, где в качестве зависимой переменной выступила общая жизнестойкость (ОЖ), а в качестве независимых переменных были избраны выдержка/упорство Grit-S (G), смысложизненные ориентации и субъективное благополучие (СБ). Регрессионные модели представлены в таблицах 2, 5, 8. Значимость компонентов регрессионных моделей факторов жизнестойкости личности курсантов представлены в табл. 3, 6, 9. Результаты регрессионного анализа в форме регрессионных уравнений указаны в табл. 4, 7, 10.

Таблица 2. Регрессионная модель факторов жизнестойкости личности курсантов

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка среднего
1	0,414	0,171	0,169	18,961

Таблица 3. Значимость компонентов регрессионной модели факторов жизнестойкости личности курсантов

Предикторы	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	T	P
	B	Станд. ошибка	β		
Constant	51,663	5,608		9,212	,000
grit-S	2,173	0,267	0,414	8,146	,000

Таблица 4. Регрессионный анализ показателей жизнестойкости и упорства/выдержки курсантов

Регрессионное уравнение	Коэффициент детерминации	Уровень значимости
ОЖ = 51,663 + 2,173G	0,171	F=66,357 P<0,001

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии упорства/выдержки курсантов на их жизнестойкость, то есть способность сохранять психологическую устойчивость перед неудачами, сохранять интерес к делу, трудолюбие, способность к целеосуществлению и систематичности, требующейся при выполнении продолжительной работы, последовательность в выполнении и завершении дел, при-

лежность обуславливают жизнестойкость личности курсанта.

На сильную положительную взаимосвязь между жизнестойкостью и выдержкой/упорством указывали С. Мадди с соавт. при изучении роли жизнестойкости и выдержки/упорства в успеваемости и удержании курсантов Военной академии США в Вест-Пойнте (США) [20].

Таблица 5. Регрессионная модель факторов жизнестойкости личности курсантов

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка оценки
1	0,594	0,353	0,351	16,670
2	0,611	0,373	0,369	16,427
3	0,617	0,381	0,375	16,350

Таблица 6. Значимость компонентов регрессионной модели факторов жизнестойкости личности курсантов

Предикторы	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	T	P
	B	Станд. ошибка	B		
Constant	29,717	5,355		5,549	0,000
результат жизни (РЖ)	0,731	0,349	0,185	2,095	0,037
локус контроля Я (ЛКЯ)	1,268	0,460	0,267	2,753	0,006
локус контроля – жизнь (ЛКЖ)	0,541	0,270	0,198	2,002	0,046

Таблица 7. Регрессионный анализ показателей психологической безопасности и смысловых ориентаций курсантов

Регрессионное уравнение	Коэффициент детерминации	Уровень значимости
$OЖ = 29,717 + 0,731PЖ + 1,268ЛКЯ + 0,541ЛКЖ$	0,381	$F=65,489, P<0,001$

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии таких факторов осмысленности жизни, как результат жизни (РЖ), локус контроля жизни (ЛКЖ), локус контроля Я (ЛКЯ) курсантов на их жизнестойкость. Это влияние раскрывается в том, что оценка жизненного этапа, ощущение того, насколько он продуктивен и осмыслен, отражает восприятие его курсантом как эмоционально насыщенного и наполненного смыслом отрезка жизни, усиливает вовлеченность личности в происходящие события. Это позволяет представить себя как личность, выстраивающую жизнь в соответствии со своими целями и представлениями о

ее смысле и создает у человека готовность к оправданному риску в условиях возникающих задач. Осознаваемая способность контроля своей жизни, ответственного принятия решений и их воплощения повышает устойчивость личности перед возникающими трудностями и вызовами, обуславливая в целом жизнестойкость личности курсанта. Аналогичный вывод о влиянии осмысленности жизни на жизнестойкость получен А. А. Земсковой и Н. А. Кравцовой, выявивших осознанные личностные смыслы, свободу выбора и контроль поведения курсантов при повышении их жизнестойкости [15].

Таблица 8. Регрессионная модель факторов жизнестойкости личности курсантов

Модель	R	R-квадрат	Скорректированный R-квадрат	Стандартная ошибка оценки
1	0,639	0,408	0,397	16,069

Таблица 9. Значимость компонентов регрессионной модели факторов жизнестойкости личности курсантов

Модель	Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	T	P
	B	Стандартная ошибка	β		
(Константа)	128,413	3,410		37,656	0,000
напряженность и чувствительность (НЧ)	-1,196	0,332	-0,242	-3,604	0,000
социальное окружение (СО)	-1,433	0,429	-0,298	-3,338	0,001
повседневная деятельность (ПД)	-0,981	0,354	-0,194	-2,775	0,006

Таблица 10. Регрессионный анализ показателей жизнестойкости и показателей субъективного благополучия курсантов

Регрессионное уравнение	Коэффициент детерминации	Уровень значимости
$OЖ = 29,717 - 1,433СО - 1,196НЧ - 0,981ПД$	0,408	$F=36,278, P<0,001$

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии субъективного благополучия на жизнестойкость курсантов. Оптимальный уровень значимости социального окружения (СО) свидетельствует об адекватной самооценке курсантов, самопринятии и самоуважении, стремлении к самостоятельности в принятии решений, проявлении аутентичности, следовании собственным ценностным ориентациям, идеям и убеждениям как важного механизма самоактуализации человека, усиливающим вовлеченность, отвечающую за получение человеком удовлетворения от выполняемой деятельности, и контроля, позволяющего ему поддерживать активную жизненную позицию и самостоятельно выбирать свой жизненный путь. Отрицательный знак коэффициента в уравнении регрессии у показателя социальной оценки обусловлен таким компонентом жизнестойкости личности, как контроль (при высоком контроле человек стремится справляться с трудностями самостоятельно, не рассчитывая на социальную поддержку).

Снижение напряженности и чувствительности (НЧ), выражаемое в адекватном отношении к любым внешним воздействиям, снижение уровня эмоционального напряжения, открытость к социальным контактам, ослабление субъективных переживаний по отношению к трудностям во взаимодействии с другими людьми – преподавателями и курсантами – отражает способность к социально-психологической адаптации на основе динамики смысловой саморегуляции, характеризующей жизнестойкость личности.

Вместе с тем, выявлено, что степень удовлетворенности повседневной деятельностью (ПД), которой для курсантов является учебная деятельность, влияет на ослабление жизнестойкости. Это происходит при неудовлетворенности процессом и результатами, когда обучающиеся периодически испытывают сложности в исполнении своих обязанностей, либо не готовы решать отдельные проблемы. Это можно объяснить тем, что при наличии достаточно высокой готовности к активности личности условия образовательной среды военного вуза и задачи, которые курсанты решают каждый день, в некоторой степени могут восприниматься ими как навязанные извне, ослабляя вовлеченность, могут затруднять самореализацию и снижать уверенность в своей повседневной деятельности. Аналогичные выводы получены Л. В. Карапетян и Г. А. Глотовой, обосновавших, что жизнестойкость тесно связана с эмоционально-личностным благополучием, что позволило им предложить использовать тест жизнестойкости

в углубленном психодиагностическом обследовании курсантов вузов МЧС России с III категорией профессиональной психологической пригодности [21]. С.Мадди с соавт. также предполагали полезным оценивать жизнестойкость курсантов и, возможно, использовать ее в качестве дополнительного средства отбора при поступлении в военизированный вуз [20].

Заключение

В ходе исследования обосновано, что смысложизненные ориентации, выдержка/упорство, субъективное благополучие оказывают влияние на жизнестойкость курсантов противопожарного вуза. Будущая профессиональная деятельность пожарных предполагает потенциально возможный стрессогенный фактор, поэтому на этапе вузовской подготовки у курсантов возможно формировать стрессоустойчивость личности, ориентируясь в психокоррекционной работе на развитие интегративного ресурса – жизнестойкости, определяющего его психологическую устойчивость.

Учитывая, что у курсантов с заниженной жизнестойкостью невысокая учебная и профессиональная мотивация, присутствует мотивация избегания наказания и критики, а развитая мотивация достижения успеха, достижения материального благополучия, социального престижа и уважения присуща курсантам с высокой жизнестойкостью [15], в психокоррекционной работе с курсантами целесообразно проводить мотивационные тренинги.

В 2007 г. С. Мадди предложил тренинг жизнестойкости (хардитренинг) в области преодоления трудностей, социально поддерживающих взаимодействий и эффективного самообслуживания новобранцев, поступающих на военную службу, обозначая, что чем выше уровень жизнестойкости, тем выше эффективность работы, дисциплина и самочувствие в стрессовых обстоятельствах [22]. С.Мадди с соавт. также указывает на целесообразность включения в программы подготовки курсантов тренировки жизнестойкости хардитренинг [20]. Д. Келли с соавт. рассматривают возможность программ коучинга, социальной поддержки / поддержки со стороны сверстников, программ развития навыков жизнестойкости среди курсантов [23]. Р. Матушу рекомендует включать мероприятия по укреплению жизнестойкости личности в учебную программу по всем дисциплинам [24]. Полезной для психопрофилактической работы с курсантами может стать разработанная Н. О. Леоненко с соавт. комплексная программа развития жизнестойкости для курсантов вузов ГПС МЧС России, предпола-

гающая два модуля, первый из которых направлен на усиление принятия риска, контроля, вовлеченности; второй – на психологическое, социальное и психофизическое измерения и предусматривает освоение жизнестойких практик [25]. Ценным ресурсом для повышения жизнестойкости личности курсанта может стать критическое осмысление отечественных и зарубежных философских источников, в фокусе рефлексии которых – аксиологические основания жизни человека, феномены понимания, теория логотерапии и экзистенциального анализа, борьба за смыслообразующие принципы, необходимость осуществления уникального жизненного смысла, самопозна-

ние и свободный нравственный выбор. Необходимо, чтобы все меры психологической поддержки обучающихся в образовательном процессе способствовали выполнению учебных задач и задач практической подготовки к экстремальной профессиональной деятельности за счет актуализации навыков жизнестойкости на основе имеющихся знаний и опыта и сформированного мировоззрения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-18-00678, <https://rscf.ru/project/22-18-00678/>, ИвГУ

Список литературы

1. Kobasa S. C. Stressful life events, personality and health: an inquiry into hardiness. J. Pers. Soc. Psychol., 1979, vol. 37, pp. 1–11.
2. Maddi S. R., Kobasa S. C. The hardy executive: health under stress. Homewood. Homewood: Dow Jones Irwin, 1984. 131 p.
3. Maddi S. R. Hardiness: an operationalisation of existential courage. Journal of Humanistic Psychology, 2004, vol. 44, issue 3, pp. 279–298. DOI: 10.1177/0022167804266101
4. Bartone P. T., Valdes J. J., Sandvik A. Psychological hardiness predicts cardiovascular health [Electronic resource]. Psychology, Health & Medicine, 2016, vol. 21 (6), pp. 743–749. DOI: 10.1080/13548506.2015.1120323 (дата обращения 09.11.2022)
5. Kowalski C. M., Schermer J. A. Hardiness, Perseverative Cognition, Anxiety, and Health-Related Outcomes: A Case for and Against Psychological Hardiness [Electronic resource]. Psychological Reports, 2019, vol. 122 (6), pp. 2096–2118. DOI: <https://doi.org/10.1177/0033294118800444> (дата обращения 09.11.2022)
6. Leslie C., Hutchinson A. D. Emotional distress when studying sensitive topics in psychology, and its relationship with hardiness and mental health [Electronic resource]. Higher Education Research & Development, 2018, vol. 37 (3), pp. 549–564. DOI: 10.1080/07294360.2018.1436525 (дата обращения 09.11.2022)
7. Longitudinal effects of deployment, re-entry of return, and hardiness on mental health symptoms in U. S. Army combat medics [Electronic resource] / S. W. Krauss, D. W. Russell, J. B. Kazman [et al.]. Traumatology, 2019, vol. 25 (3), pp. 216–224. DOI: <https://doi.org/10.1037/trm0000173> (дата обращения 09.11.2022)
8. Reknes I., A Harris A., Einarsen S. The role of hardiness in the bullying-mental health relationship [Electronic resource]. Occupational Medicine, 2018, vol. 68 (1), pp. 64–66. DOI: <https://doi.org/10.1093> (дата обращения 09.11.2022)
9. The effect of hardiness on PTSD symptoms: A prospective mediational approach [Electronic resource] / A. G. Thomassen, S. W. Hystad, B. H. Johnsen [et al.]. Military Psychology, 2018, vol. 30 (2), pp. 142–151. DOI: 10.1080/08995605.2018.1425065 (дата обращения 09.11.2022)
10. Kamya H. Hardiness and spiritual well-being among social work students: Implications for social work education, Journal of Social Work Education, 2000, vol. 36 (2), pp. 231–241.
11. Smith N., Young A., Lee, C. Optimism, Health-related Hardiness and Well-Being among Older Australian Women. Journal of Health Psychology, 2004, vol. 9 (6), pp. 741–752.
12. Baranauskiene I., Serdiuk, L., Chykhantsova O. Psychological characteristics of school-leavers' hardiness at their professional self-determination [Electronic resource]. Social welfare: interdisciplinary approach, 2016, vol. 6 (2), pp. 64–73. DOI: 10.21277/sw.v2i6.27 (дата обращения 09.11.2022)
13. Cole M. S., Feild H. S. & Harris S. G. Student Learning Motivation and Psychological Hardiness: Interactive Effects on Students' Reactions to a Management Class [Electronic resource]. Academy of Management Learning and Education, 2004, vol. 3 (1), pp. 64–8. DOI: <https://doi.org/10.5465/amle.2004.12436819> (дата обращения 09.11.2022)
14. Le D., Nguyen L., Pham H., Co L. Impact of hardiness on learning outcome, quality of life, quality of university life on economic sector students in Tra Vinh university [Electronic resource]. The Scientific Journal of Tra Vinh University, 2018, vol. 1 (32), pp. 1–11. DOI:

10.35382/18594816.1.32.2018.53 (дата обращения 09.11.2022)

15. Земскова А. А., Кравцова Н. А. Жизнестойкость, как интегральная характеристика личности, у курсантов МЧС России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2019. № 3. С. 94–105. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-3-94-105.

16. Дашевский А. Р., Шмелева Е. А., Кисляков П. А. Жизнестойкость в психологической безопасности курсантов противопожарной службы в образовательной среде вуза // Человек: преступление и наказание. 2022. Т. 30. № 2. С. 255–265. DOI: 10.33463/2687-1238.2022.30(1-4).2.255-265.

17. Леонтьев Д. А., Рассказова Е. И. Тест жизнестойкости. М.: Смысл, 2006. 63 с.

18. Grit: Perseverance and passion for long-term goals / A. L. Duckworth, C. Peterson, M. D. Matthews [et al.]. *Personality Processes and Individual Differences*, 2007, vol. 92, issue 6, pp. 1087–1101.

19. Леонтьев Д. А. Тест смысложизненных ориентаций (СЖО). 2-е изд. М.: Смысл, 2008. 18 с.

20. The Continuing Role of Hardiness and Grit on Performance and Retention in West Point Cadets / S. Maddi, M. D. Matthews, D. R. Kelly [et al.]. *Military Psychology*, 2017, vol. 29 (5), pp. 355–358. DOI: 10.1037/mil0000145

21. Карапетян Л. В., Глотова Г. А. Взаимосвязь эмоционально-личностного благополучия и жизнестойкости курсантов // Перспективы науки и образования. 2021. № 5 (53). С. 367–378. DOI: 10.32744/pse.2021.5.25

22. Maddi S. R. Relevance of Hardiness Assessment and Training to the Military Context. *Military Psychology*, 2007, vol. 19 (1), pp. 61–70. DOI: 10.1080/08995600701323301i

23. Kelly D., Matthews M. D., Bartone P. Grit and Hardiness as Predictors of Performance Among West Point Cadets. *Military Psychology*, 2014, vol. 26 (4), pp. 327–342. DOI: 10.1037/mil0000050

24. Matuš R. Hardiness in students of helping professions. *Neprerывное образование: XXI век [Lifelong education: the XXI century]*. 2020, № 4 (32). DOI: 10.15393/j5.art.2020.6350.

25. Модель развития жизнестойкости курсантов в образовательном процессе ВУЗа МЧС России / Н. О. Леоненко, Е. И. Осташева, Т. В. Иванова [и др.]. *Сибирский психологический журнал*. 2021. № 80. С. 192–217. DOI: 10.17223/17267080/80/10

References

1. Kobasa S. C. Stressful life events, personality and health: an inquiry into hardiness. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 1979, vol. 37, pp. 1–11.

2. Maddi S. R., Kobasa S. C. The hardy executive: health under stress. Homewood. Homewood: Dow Jones Irwin, 1984. 131 p.

3. Maddi S. R. Hardiness: an operationalisation of existential courage. *Journal of Humanistic Psychology*, 2004, vol. 44, issue 3, pp. 279–298. DOI: 10.1177/0022167804266101

4. Bartone P. T., Valdes J. J., Sandvik A. Psychological hardiness predicts cardiovascular health [Electronic resource]. *Psychology, Health & Medicine*, 2016, vol. 21 (6), pp. 743–749. DOI: 10.1080/13548506.2015.1120323 (дата обращения 09.11.2022)

5. Kowalski C. M., Schermer J. A. Hardiness, Perseverative Cognition, Anxiety, and Health-Related Outcomes: A Case for and Against Psychological Hardiness [Electronic resource]. *Psychological Reports*, 2019, vol. 122 (6), pp. 2096–2118. DOI: <https://doi.org/10.1177/0033294118800444> (дата обращения 09.11.2022)

6. Leslie C., Hutchinson A. D. Emotional distress when studying sensitive topics in psychology, and its relationship with hardiness and mental health [Electronic resource]. *Higher Education Research & Development*, 2018, vol. 37 (3), pp. 549–564. DOI: 10.1080/07294360.2018.1436525 (дата обращения 09.11.2022)

7. Longitudinal effects of deployment, re-entry of return, and hardiness on mental health symptoms in U. S. Army combat medics [Electronic resource] / S. W. Krauss, D. W. Russell, J. B. Kazman [et al.]. *Traumatology*, 2019, vol. 25 (3), pp. 216–224. DOI: <https://doi.org/10.1037/trm0000173> (дата обращения 09.11.2022)

8. Reknes I., A Harris A., Einarsen S. The role of hardiness in the bullying-mental health relationship [Electronic resource]. *Occupational Medicine*, 2018, vol. 68 (1), pp. 64–66. DOI: <https://doi.org/10.1093> (дата обращения 09.11.2022)

9. The effect of hardiness on PTSD symptoms: A prospective mediational approach [Electronic resource] / Å. G. Thomassen, S. W. Hystad, B. H. Johnsen [et al.]. *Military Psychology*, 2018, vol. 30 (2), pp. 142–151. DOI: 10.1080/08995605.2018.1425065 (дата обращения 09.11.2022)

10. Kamya H. Hardiness and spiritual well-being among social work students: Implications for social work education, *Journal of Social Work Education*, 2000, vol. 36 (2), pp. 231–241.

11. Smith N., Young A., Lee, C. Optimism, Health-related Hardiness and Well-Being among Older Australian Women. *Journal of Health Psychology*, 2004, vol. 9 (6), pp. 741–752.
12. Baranauskiene I., Serdiuk, L., Chyhantsova O. Psychological characteristics of school-leavers' hardiness at their professional self-determination [Electronic resource]. *Social welfare: interdisciplinary approach*, 2016, vol. 6 (2), pp. 64–73. DOI: 10.21277/sw.v2i6.27 (дата обращения 09.11.2022)
13. Cole M. S., Feild H. S. & Harris S. G. Student Learning Motivation and Psychological Hardiness: Interactive Effects on Students' Reactions to a Management Class [Electronic resource]. *Academy of Management Learning and Education*, 2004, vol. 3 (1), pp. 64–8. DOI: <https://doi.org/10.5465/amle.2004.12436819> (дата обращения 09.11.2022)
14. Le D., Nguyen L., Pham H., Co L. Impact of hardiness on learning outcome, quality of life, quality of university life on economic sector students in Tra Vinh university [Electronic resource]. *The Scientific Journal of Tra Vinh University*, 2018, vol. 1 (32), pp. 1–11. DOI: 10.35382/18594816.1.32.2018.53 (дата обращения 09.11.2022)
15. Zemskova A. A., Kravcova N. A. Zhiznестojkost', kak integral'naja harakteristika lichnosti, u kursantov MChS Rossii [Resilience as an integral characteristic of personality among cadets of Emercom of Russia]. *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah*, 2019, vol. 3, pp. 94–105. DOI 10.25016/2541-7487-2019-0-3-94-105.
16. Dashevskij A. R., Shmeleva E. A., Kisljakov P. A. Zhiznестojkost' v psihologicheskoj bezopasnosti kursantov protivopozharnoj sluzhby v obrazovatel'noj srede vuza [Resilience in the psychological safety of fire service cadets in the educational environment of the university]. *Che-lovek: prestuplenie i nakazanie* 2022, vol. 30 (2), pp. 255–265. DOI 10.33463/2687-1238.2022.30 (1-4).2.255-265.
17. Leont'ev D. A., Rasskazova E. I. *Test zhiznестojkosti* [Hardiness test]. M.: Smysl. 2006, 63 p.
18. Grit: Perseverance and passion for long-term goals / A. L. Duckworth, C. Peterson, M. D. Matthews [et al.]. *Personality Processes and Individual Differences*, 2007, vol. 92, issue 6, pp. 1087–1101.
19. Leont'ev D. A. *Test smyslozhiznennyh orientacij (SZhO)* [Life Sense Orientations Test]. 2-e izd. M. 2008. 18 p.
20. The Continuing Role of Hardiness and Grit on Performance and Retention in West Point Cadets / S. Maddi, M. D. Matthews, D. R. Kelly [et al.]. *Military Psychology*, 2017, vol. 29 (5), pp. 355–358. DOI: 10.1037/mil0000145
21. Karapetjan L. V., Glotova G. A. Vzaimosvjaz' jemocional'no-lichnostnogo blagopoluchija i zhiznестojkosti kursantov [The relationship of emotional and personal well-being and resilience of cadets]. *Perspektivy nauki i obrazovanija*, 2021, vol. 5(53), pp. 367–378. DOI: 10.32744/pse.2021.5.25
22. Maddi S. R. Relevance of Hardiness Assessment and Training to the Military Context. *Military Psychology*, 2007, vol. 19 (1), pp. 61–70. DOI: 10.1080/08995600701323301i
23. Kelly D., Matthews M. D., Bartone P. Grit and Hardiness as Predictors of Performance Among West Point Cadets. *Military Psychology*, 2014, vol. 26 (4), pp. 327–342. DOI: 10.1037/mil0000050
24. Matuš R. Hardiness in students of helping professions. *Nepreryvnoe obrazovanie: XXI vek* [Lifelong education: the XXI century]. 2020, № 4 (32). DOI: 10.15393/j5.art.2020.6350.
25. Model' razvitija zhiznестojkosti kursantov v obrazovatel'nom processe VUZa MChS Rossii [The model of the development of the resilience of cadets in the educational process of the University of the Ministry of Emergency Situations of Russia.] / N. O. Leonenko, E. I. Ostasheva, T. V. Ivanova [et al.]. *Sibirskij psihologicheskij zhurnal*, 2021, vol. 80, pp. 192–217. DOI: 10.17223/17267080/80/10.

Шмелева Елена Александровна

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

ФГБОУ ВО «Российским государственный социальный университет»

Российская Федерация, г. Москва

доктор психологических наук, доцент

E-mail: noc_shmeleva@mail.ru,

Shmeleva Elena Alexandrovna

Ivanovo State University

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

Russian State Social University, Moscow

Doctor of Psychology, associate Professor

E-mail: noc_shmeleva@mail.ru

Океанская Жанна Леонидовна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

доктор культурологии, профессор

E-mail: ocean_2004@mail.ru

Okeanskaya Zhanna Leonidovna

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

PhD of Cultural Science, professor

E-mail: ocean_2004@mail.ru

Кисляков Павел Александрович

ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет»

Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний Российской Федерации

Российская Федерация, г. Москва

доктор психологических наук, доцент

E-mail: Pack.81@mail.ru

Kislyakov Pavel Aleksandrovich

Russian state social University

Federal State Institution Research Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Russian Federation

Russian Federation, Moscow

doctor of psychological sciences, docent

E-mail: pack.81@mail.ru

Дашевский Александр Русланович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Преподаватель

E-mail: darspok@mail.ru

Dashevsky Alexander Ruslanovich

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

Lecturer

E-mail: darspok@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
METHODOLOGY AND TECHNOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

УДК 37.026+378+531

**О ДИДАКТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ В МЕТОДИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ
ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ И САМООБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРАХ
ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ
В КУРСАХ ФИЗИКИ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

А. А. КРАСНОВ*, С. Ф. СМЕРНОВ, К. В. СЕМЕНОВА***

* Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

** Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru, smirnovst55@gmail.com, pboz2018@mail.ru

При неуклонном скатывании как школьного, так и высшего профессионального образования в дистанционные форматы важнейшей педагогической задачей становится подготовка методического обеспечения, полностью удовлетворяющего основополагающим принципам дидактики. Предлагаемая работа посвящена вопросам изучения возможности решения этой задачи для темы «Вращательное движение твёрдых тел» в курсах общей физики и теоретической механики. Показывается необходимость следовать основным принципам дидактики в учебных изданиях, и демонстрируются варианты такого следования на двух примерах.

Ключевые слова: дидактика, векторы, осеостремительное ускорение, передаточное отношение, механизмы.

**ON DIDACTIC PRINCIPLES IN METHODOLOGICAL SUPPORT
DISTANCE EDUCATION AND SELF-EDUCATION ON THE EXAMPLES
OF THE PRESENTATION OF THE THEORY OF ROTATIONAL MOTION
IN THE COURSES OF PHYSICS AND THEORETICAL MECHANICS**

A. A. KRASNOV*, S. F. SMIRNOV, K. V. SEMENOVA***

* 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»,

** Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru, smirnovst55@gmail.com, pboz2018@mail.ru

With the steady slide of both school and higher professional education into distance formats, the most important pedagogical task is the preparation of methodological support that fully satisfies the fundamental principles of didactics. The proposed work is devoted to the study of the possibility of solving this problem for the topic «Rotational motion of rigid bodies» in the courses of general physics and theoretical mechanics. The need to follow the basic principles of didactics in educational publications is shown, and options for such following are demonstrated using two examples.

Keywords: didactics, vectors, contesting acceleration, gear ratio, mechanisms.

В 1668 году появилась на свет «библия» всех преподавателей планеты – «Великая

дидактика» Яна Коменского [1]. И через 400 лет это учение о принципах построения образовательного процесса не только не устарело [2], но и в связи с цифровизацией образования, появления дистанционных форм обучения, приоб-

рело новое звучание [3, 4]. Связано это с тем, что новые формы образования требуют неукоснительного следования основным дидактическим принципам не только собственно школьных и вузовских технологий, но и технологий самообразования, которые существовали и ранее, но в современной педагогике приобретающие всё большее значение. И очень похоже, что их развитие приведёт, вероятно, к тому, что в недалёком будущем система профессионального образования существенно изменит свои формы и, скорее всего, откажется от понятия дипломированного специалиста как такового за неостребованностью этого звания. Заметим, по ходу, что, согласно Я. Коменскому [1], образование совершенно не сводится к так называемой «трансляции» знаний [5]. Столь примитивная трактовка целей образования явно имеет источником печально известный закон об Образовании от 1992 года, где сложнейшие вопросы воспроизводства населения (по Ф. Энгельсу [6]), сводились к оказанию педагогических услуг. Суть в том, что технологии самообразования, с очевидностью и в первую очередь, приводят к необходимости самостоятельно работать с информационными материалами - текстами учебников и учебных пособий, материалами из сетей интернета. Именно они становятся «учителями» будущего специалиста, формируя из него полноценную личность. Поэтому требования к учебному методическому обеспечению, предназначенному для дистанционного образования и для самообразования должны быть существенно шире, по сравнению с аналогичными ресурсами для очной подготовки специалистов. И, очевидно, что технологии самообразования, как и очное обучение, требуют и научного подхода, и связи с практикой, и систематичности, и наглядности используемого материала и т.д. по списку всех дидактических аксиом. Причём, дидактический ригоризм при создании такого рода материалов вполне оправдан, и из него с необходимостью вытекает минимальное требование к их содержанию в естественно-научных дисциплинах - акривия математических выкладок должна сводиться к максимально детальному изложению вопроса и в полном объёме поясняться необходимым количеством графического материала, удовлетворяя аксиомам наглядности и доступности учебного материала. В связи с этим следует, может быть, дополнить систему дидактических принципов принципом избыточности преподавателя или, по-другому, своего рода плеоназма преподавателя в учебных ресурсах, характеризующего их с точки зрения возможности усвоения их содержания обучающимся. Очевидно, что избыточность преподавателя в информационном ресурсе,

предназначенном для дистанционной подготовки и самообразования, его плеоназм, должен стремиться к нулю. В этом смысле учебники и пособия, написанные для студентов заочной формы обучения времён существования Советского Союза, иногда достаточно хорошо отвечали этому постулату.

Как говорилось выше, любые учебные материалы без исключений должны удовлетворять большинству дидактических аксиом. Однако, существующие на данный момент учебники и учебные пособия, которые, в большинстве своём, созданы для очного обучения, когда все необходимые пояснения к изложению того или иного вопроса можно получить от преподавателя, или раскрываются в многочисленных методичках, чаще всего недоступных для самостоятельного читателя, содержат в себе множество нарушений дидактических истин, в частности, принципов наглядности и преемственности. Проанализируем два таких случая, которые встречаются в хорошо известных учебниках, и покажем варианты исправления ситуации методами, вполне доступными для понимания самообучающихся.

В курсах физики для высшей школы [7, 8, 9,10] с необходимостью изучается кинематика вращательного движения твёрдого тела. Но, чаще всего, понятия угловых скорости и ускорения вращения твёрдого тела вводятся, опираясь на кинематику кругового движения точки. При этом не считается нужным упоминание об осестремительном ускорении, как таковом вообще, что не способствует формированию у обучающихся понимания изучаемого явления.

Известные учебники по теоретической механике, например [11, 12, 13], описывая кинематику вращательного движения твёрдого тела, получают формулы ускорения для любой точки твёрдого вращающегося тела в общем виде, совершенно опуская сущность происходящего феномена.

Например, в двухтомном учебнике [11] авторы, получая математическое выражение для ускорения точки вращающегося твёрдого тела, опускают промежуточные выкладки, сводят его сразу к ускорению при круговом движении точки. При этом, показывают составляющие векторные компоненты формулы на рисунке, изображают осестремительное ускорение, не показывая его природы, ограничивая её только центростремительным ускорением.

В классическом курсе теоретической механики [12], предназначенном для студентов МГУ, приводятся достаточно подробные математические выкладки при выводе ускорения любой точки вращающегося твёрдого тела. Конечно выражение содержит и тангенциальное

и осеостремительное ускорения, которые изображаются на соответствующей фигуре. Казалось бы, дидактические принципы научности и наглядности соблюдены. Однако, дотошный «самоучка», изучающий курс самостоятельно, и не слушавший лекции в очном порядке, и который имеет представление о векторной алгебре, задаст следующий вопрос. Да, вектор ускорения точки при движении по какой-либо траектории, всегда лежит в плоскости этой траектории. Поэтому, осеостремительное ускорение должно сводиться к центростремителю ускорению. Но поскольку первое математически описывается двойным векторным произведением, т.е. состоит из двух компонент, то почему они полностью отсутствуют и в математическом выводе и на рисунке? Здесь наблюдается типичное ка'то - недосказанность, недосказ в тексте или в математических выкладках, которая не вредит конечным выводам, но затрудняет понимание излагаемого материала. Так как учебник написан для очного обучения, то такого рода ка'то вполне допустимы. Однако в условиях массового профессионального самообразования любой недосказ очевидно вреден, ибо служит источником когнитивного диссонанса у «самоучки». Тем более что разрешение этого интеллектуального конфликта дидактически верно может быть осуществлено достаточно просто [13].

Вектор осеостремительного ускорения описывается двойным векторным произведением

$$\vec{a}^{oc} = \vec{\omega} \times \vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{\omega} \times \vec{r}, \quad (1)$$

где $\vec{\omega}$ - угловая скорость тела; $\vec{v}$ - скорость точки тела; $\vec{r}$ - радиус-вектор точки тела (рис. 1).

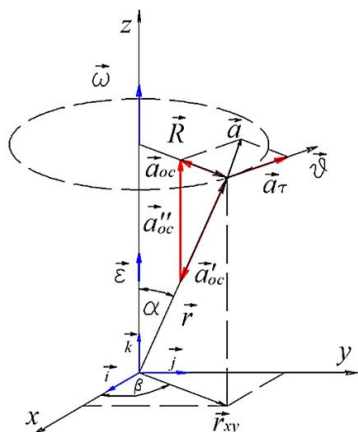


Рис. 1. Ускорение точек твёрдого тела при вращательном движении

Используя известный метод преобразования для двойного векторного произведения перепишем (1).

$$\begin{aligned} \vec{a}^{oc} &= (\vec{\omega} \cdot \vec{r})\vec{\omega} - (\vec{\omega} \cdot \vec{\omega})\vec{r} \Rightarrow \\ \vec{a}^{oc} &= \omega \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cdot \vec{\omega} - \omega^2 \cdot \vec{r}. \end{aligned} \quad (2)$$

Обращаем внимание читателя на то, что вектор осеостремителю ускорения это сумма двух ускорений: ускорения, которое направлено параллельно оси вращения, при этом вектор угловой скорости является направляющим вектором и его, в свою очередь, можно переписать через единичный вектор $\vec{k}$, и вектором, который направлен вдоль радиус-вектора $\vec{r}$, причём в обратном к нему направлении (рис. 1)

$$\begin{aligned} \vec{a}^{oc} &= \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cdot \vec{k} - \omega^2 \cdot \vec{r}. \\ \vec{a}'_{oc} &= -\omega^2 \cdot \vec{r}; \quad \vec{a}''_{oc} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cdot \vec{k}. \end{aligned} \quad (3)$$

Теперь, если расписать полученное выражение в проекциях на оси координат, то легко заметить, что вектор осеостремителю ускорения не только, действительно, равен центростремителю ускорению при движении точки по круговой траектории, лежащей в плоскости, перпендикулярной оси вращения, относительно центра, лежащего на ней –

$$\begin{aligned} \vec{a}^{oc} &= \omega^2 \cdot r \cdot \cos(\alpha) \cdot \vec{k} - \omega^2 \cdot \vec{r} = \\ &= \omega^2 \cdot [-r \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\beta) \cdot \vec{i} - r \cdot \sin(\alpha) \cdot \sin(\beta) \cdot \vec{j}] = \\ &= \omega^2 \cdot [-R \cdot \cos(\beta) \cdot \vec{i} - R \cdot \sin(\beta) \cdot \vec{j}] = -\omega^2 \cdot \vec{R}, \end{aligned} \quad (4)$$

но и то, что оно состоит из двух компонент, которые показаны на рисунке. При этом заметим, что решение педагогической задачи не потребовало много места, что оно вполне удовлетворяет аксиомам дидактики - научности, наглядности и доступности, а также принципу избыточности преподавателя.

Продолжим анализ дидактического уровня изложения в учебниках некоторых вопросов вращательного движения, но только для простейших передаточных механизмов преобразования вращательного движения - зубчатых и фрикционных механизмов, а также механизмов с гибкими звеньями, состоящих из двух взаимодействующих колёс - двух вращающихся тел, - с точки зрения дистанционной подготовки и самообразования, опять же в курсах физики и прикладной механики.

Учебный материал в данном случае нагляден, доступен для изучения, обеспечивает логическую и внутреннюю связи высшей математики, физики, теоретической механики, теории механизмов и машин и деталей машин, и, что очень важно, имеет непосредственный выход на практическое применение.

Следует сказать, что описание простейших передаточных механизмов, преобразующих вращательное движение одного тела во вращательное движение другого тела, встречается во многих учебных пособиях, причём, независимо от уровня образования, начиная со ступени восьмилетней школы и заканчивая вузовскими тесситурами.

Кинематический анализ такого рода механизмов сводится к описанию соотношения кинематических параметров двух колёс. И в зависимости от ступени образования и степени подготовки обучаемых, это соотношение может быть записано либо в скалярной форме, либо в векторном соотношении.

Надо отметить, что решение данной задачи, несмотря на сложность кинематики вращательного движения одного твёрдого тела, достаточно элементарно приводит к настолько простым и наглядным математическим соотношениям между параметрами вращающихся колёс, что этот материал может быть изучен, как мы отмечали выше, уже в восьмилетней школе. И, действительно, школьные учебники физики, по крайней мере, с 1962 года [14], содержат материалы по этой теме.

Однако реформы школьного образования привели к тому, что этот, чрезвычайно понятный и доступный, имеющий явную практическую направленность материал, совершенно исчез из школьных учебников всех уровней. Например, [15], в котором осталась всего одна задача по этой теме, причём, авторы учебника не смогли найти места для изображения рассматриваемого механизма, чем явно нарушили дидактический принцип наглядности.

В учебниках физики вузовского уровня задачи кинематики простейших передаточных механизмов вращательного движения также не находят места. Поэтому, тема «Вращательное движение твёрдых тел» с точки зрения дидактического принципа практической направленности остаётся абстрактным, книжным материалом, что не способствует его усвоению в полной мере в этих курсах. Беглый анализ вузовских учебников по теоретической механике, например, [16], также показывает, что эта тема рассматривается только при решении очень ограниченного количества задач, для решения которых достаточно школьных знаний. Более

подробно кинематика рассматриваемых механизмов изучается в курсе теории механизмов и машин, например, в [17]. Однако и здесь изучение этих механизмов строится на основе скалярного описания скоростей и ускорений точек твёрдого тела. И хотя для практики принципиально не важно, как получено конечное выражение для расчёта той или иной системы, с точки зрения дидактики такой подход неверен, так как студент, изучая векторное исчисление в курсе высшей математики, лишается возможности наработать репродуктивные навыки его применения на простых задачах. Это приводит к тому, что встречаясь с задачами, требующими свободного владения математическим аппаратом, студент не в состоянии их решить, вследствие отсутствия практики применения математических методов. И это особенно актуально для лиц, которые обучаются дистанционно или занимаются самообразованием.

Покажем, что изложение материала, связанного с кинематическим анализом простейших механизмов рассматриваемого типа в векторном виде не занимают много места и по силам рядовому студенту [18].

Итак, пусть два цилиндрических колеса касаются друг друга так, как показано на рис. 2. Допустим, что в точке контакта относительные скорости точек колёс равны нулю, т.е. допускаем отсутствие проскальзывания между колёсами. Найдём соотношение угловых скоростей этих колёс, считая известными их радиусы.

Для поиска решения поставленной задачи введём систему декартовых координат (рис. 2, а), начало которой совместим с центром вращения первого колеса, ось ОХ направим вдоль межцентровой линии. Ось ОУ направим вдоль радиуса первого колеса.

В этом случае ось ОZ, будет расположена перпендикулярно плоскости, в которой размещается наш механизм. Теперь точки контакта двух колёс будут характеризоваться векторами.

$$\begin{aligned}\vec{r}_1 &= r_{1x} \cdot \vec{i} = R_1 \cdot \vec{i}, \\ \vec{r}_2 &= -r_{2x} \cdot \vec{i} = -R_2 \cdot \vec{i},\end{aligned}\quad (6)$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - единичные векторы ортонормированного базиса.

$$\vec{v}_{k1} = \vec{v}_{k2}. \quad (7)$$

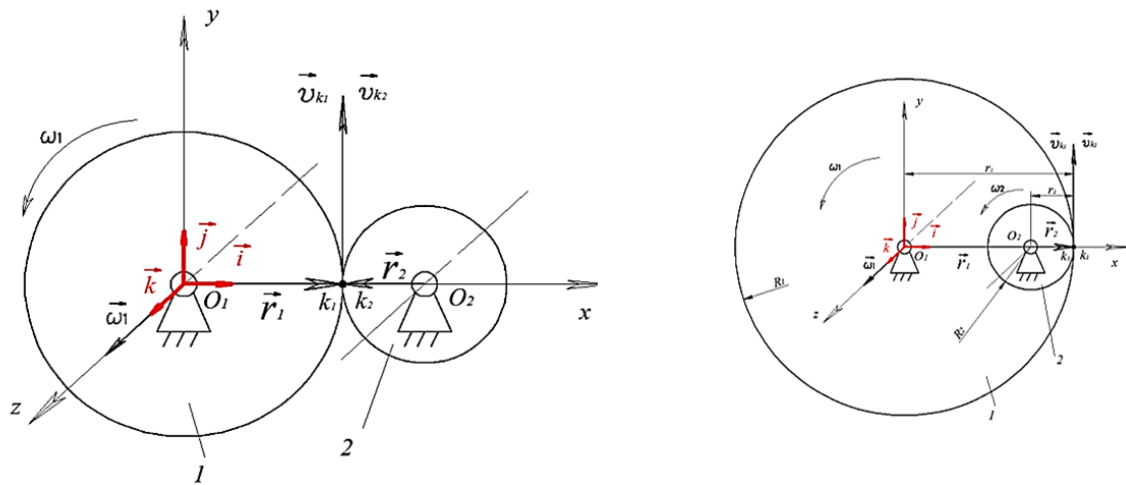


Рис. 2. Кинематические схемы простейших фрикционных механизмов

Перепишем (7), используя формулу Эйлера для скорости точки при вращательном движении твёрдого тела [12] в векторном виде. Раскрывая определители, приходим математически строго к конечному выражению, описывающему кинематику рассматриваемого механизма.

Рассматривая механизм такого же типа с внутренним «зацеплением» (рис.2.,б), выводим, также математически строго, конечные соотношения, описывающие кинематику этого механизма:

$$\vec{\omega}_1 \times \vec{r}_1 = \vec{\omega}_2 \times \vec{r}_2 \Rightarrow \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_{1z} \\ r_{1x} & 0 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_{2z} \\ -r_{2x} & 0 & 0 \end{vmatrix} \Rightarrow \omega_{1z} \cdot r_{1x} = -\omega_{2z} \cdot r_{2x} \Rightarrow \omega_{2z} = -\omega_{1z} \cdot \frac{r_{1x}}{r_{2x}} \Rightarrow \omega_2 = -\omega_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}. \quad (8)$$

Рассматривая механизм такого же типа с внутренним «зацеплением» (рис.2.,б), выводим, также математически строго, конечные соотношения, описывающие кинематику этого механизма:

соотношения, описывающие кинематику этого механизма:

$$\vec{r}_1 = r_{1x} \cdot \vec{i} = R_1 \cdot \vec{i}, \quad \vec{r}_2 = r_{2x} \cdot \vec{i} = R_2 \cdot \vec{i}. \quad (9)$$

$$\vec{v}_{k1} = \vec{v}_{k2}.$$

$$\vec{\omega}_1 \times \vec{r}_1 = \vec{\omega}_2 \times \vec{r}_2 \Rightarrow \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_{1z} \\ r_{1x} & 0 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & \omega_{2z} \\ r_{2x} & 0 & 0 \end{vmatrix} \Rightarrow \omega_{1z} \cdot r_{1x} = \omega_{2z} \cdot r_{2x} \Rightarrow \omega_{2z} = \omega_{1z} \cdot \frac{r_{1x}}{r_{2x}} \Rightarrow \omega_2 = \omega_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}. \quad (10)$$

Таким образом, и в этом примере демонстрация простых, но достаточно строгих выводов кинематических соотношений для простейших передаточных механизмов показывает доступность такого рода выводов для студентов вузов технического профиля, обеспечивает ему практическое использование

векторной алгебры и наработки репродуктивных навыков в этом разделе математики, с одной стороны, а с другой, удовлетворяет дидактическим принципам научности, наглядности и последовательности, а также принципу избыточности преподавателя при самостоятельном изучении этого материала.

Выводы

Показана возможность реализации принципов дидактики: доступности, научности, преемственности и практичности при изложении темы «Вращательное движение твёрдого

тела» в курсах физики в вузах в методическом обеспечении дистанционного образования. Сформулирован дидактический принцип избыточности преподавателя.

Список литературы

1. Коменский Я. А. Избранные педагогические сочинения. М.: Гос. учебн.-педагогическое изд-во Мин. Просв. РСФСР, 1955. 651 с.

2. Ситаров В. А. Дидактика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 368 с.

3. Effective teaching methods in higher education: requirements and barriers / N. Shirani Bidabadi, A. R. Nasr Isfahani, A. Rouhollahi [et al.]. J Adv Med Educ Prof, 2016, vol. 4, issue 4, pp. 170–178.

4. Williamson B, Bayne S., Shay S. The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. Teaching in Higher Education, 2020, vol. 25, issue 4, pp. 351–365.

5. Громыко Н. В. Как возможна трансляция знания // Высшее образование в России. 2009. № 1. С. 14–24.

6. Маркс К., Энгельс Ф. Происхождение семьи и частной собственности. Избранные произведения в 3-х т., М.: Политиздат, 1986, Т. 3. 639 с.

7. Хайкин С. Э. Физические основы механики. М.: «Наука» Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1971. 751 с.

8. Стрелков С.П. Механика. М.: «Наука», Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1975. 559 с.

9. Савельев И. В. Курс общей физики. Т.1. Механика, Молекулярная физика: учебн. пособ.: «Наука» Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1982. 432 с.

10. Korber M, Kruger Chr, Timm C. Theoretische Mechanik. Technische Universität Dresden, Institut für Theoretische Physik, 2014. 199 p.

11. Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики. В двух томах. Т.1. Статика и кинематика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 240 с.

12. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1. Кинематика, статика, динамика материальной точки. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1969. 467 с.

13. Краснов А. А., Семенова К. В. О реализации принципов дидактики в курсе механики на примере осеостремительного ускорения

вращающегося твёрдого тела / Современные аспекты развития науки и образования: материалы межд. науч.-практ. конф. Пенза, 2022. С. 127–131.

14. Пёрышкин А. В. Курс физики. Учебник для IX-XI классов средней школы. Ч. 2. Механика (продолжение, теплота и молекулярная физика). М.: Гос. учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1962. 223 с.

15. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Скотский Н. Н. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: Базовый и профил. уровни. М.: Просвещение, 2010. 366 с.

16. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для втузов. М.: Высшая школа, 1986. 416 с.

17. Теория механизмов и машин: Учебник для втузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов [и др.]. М.: Высшая школа, 1987. 496 с.

18. Краснов А. А., Семенова К. В. О реализации дидактических принципов при изложении темы «Вращательное движение твёрдого тела»/ Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. МЦН «Наука и просвещение». С. 265–268.

References

1. Komenskij Ya. A. *Izbrannye pedagogicheskie sochineniya* [Selected pedagogical works]. M.: Gos. uchebn.-pedagogicheskoe izd-vo Min. Prosv. RSFSR, 1955. 651 p.

2. Sitarov V. A. *Didaktika: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ped. ucheb. zavedenij* [Didactics: Proc. allowance for students. higher ped. textbook establishments]. M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2004. 368 p.

3. Effective teaching methods in higher education: requirements and barriers / N. Shirani Bidabadi, A. R. Nasr Isfahani, A. Rouhollahi [et al.]. J Adv Med Educ Prof, 2016, vol. 4, issue 4, pp. 170–178.

4. Williamson B, Bayne S., Shay S. The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. Teaching in Higher Education, 2020, vol. 25, issue 4, pp. 351–365.

5. Gromyko N. V. Kak vozmozhna translaciya znaniya [How knowledge translation is possible]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2009, issue 1, pp. 14–24.

6. Marks K., Engel's F. *Proiskhozhdenie sem'i i chastnoj sobstvennosti* [The origin of the family and private property]. M.: Politizdat, 1986. vol. 3, 639 p.

7. Khajkin S. E. *Fizicheskie osnovy mekhaniki* [Physical foundations of mechanics]. M.: «Nauka» Gl. red. fiz.-mat.lit-ry, 1971. 751 p.

8. Strelkov S. P. *Mekhanika* [Mechanics]. M.: «Nauka» Gl. red. fiz.-mat. lit-ry, 1975. 559 p.

9. Savel'ev I. V. *Kurs obshhej fiziki. T.1. Mekhanika, Molekulyarnaya fizika: Uchebn. posob.* [Course of General Physics. Vol.1. Mechanics, Molecular physics: textbook]. M.: «Nauka» Gl. red. fiz.-mat. lit-ry, 1982. 432 p.

10. Korber M, Kruger Chr, Timm C. *Theoretische Mechanik*. Technische Universität Dresden, Institut für Theoretische Physik, 2014. 199 p.

11. Butenin N. V., Luncz Ya. L., Merkin D. R. *Kurs teoreticheskoy mekhaniki. V dvukh tomakh. T.1. Statika i kinematika* [Course of Theoretical Mechanics. In two volumes. Vol.1. Statics and kinematics]. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit, 1985. 240 p.

12. Bukhgoľcz N. N. *Osnovnoj kurs teoreticheskoy mekhaniki. Ch. 1. Kinematika, statika, dinamika material'noj točki* [Basic course of theoretical mechanics. Part 1. Kinematics, statics, dynamics of a material point]. M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit, 1969. 467 p.

13. Krasnov A. A., Semenova K. V. O realizacii principov didaktiki v kurse mekhaniki na primere osetremitel'nogo uskoreniya vrashchayushchegosya tvjordogo tela [On the implementation of the principles of didactics in the course of mechanics on the example of the sharp

acceleration of a rotating solid body]. *Sovremennyye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya: materialy mezhd. nauch.-prakt. konf.* Penza, 2022, pp.127–131.

14. Pyory'shkin A. V. *Kurs fiziki. Uchebnik dlya IX-XI klassov srednej shkoly. Ch. 2. Mekhanika (prodolzhenie, teplota i molekulyarnaya fizika)* [Course of Physics. Textbook for IX-XI grades of high school. Part 2 Mechanics (continuation, heat and molecular physics)]. M.: Gos.uchebno-pedagogicheskoe izdatel'stvo ministerstva prosveshcheniya RSFSR, 1963. 223 p.

15. Myakishev G. Ya., Bukhovtsev B. B., Skotskij N. N. *Fizika: ucheb. dlya 10 kl. obshchego obrazov. uchre-zhdenij: Bazovyj i profil. urovni* [Physics: textbook. for 10 cells. general education institutions: Basic and profile. levels]. M.: Prosveshchenie, 2008. 366 p.

16. Targ S. M. *Kratkij kurs teoreticheskoy mekhaniki: Ucheb. dlya vtuzov* [A short course in theoretical mechanics: Proc. for universities]. M.: Vysshaya shkola, 1986. 416 p.

17. *Teoriya mekhanizmov i mashin: Uchebnik dlya vtuzov* [Theory of mechanisms and machines: Textbook for higher educational institutions] / K. V. Frolov, S. A. Popov, A. K. Musatov [et al.]. M.: Vysshaya shkola. 1987. 496 p.

18. Krasnov A. A., Semenova K. V. O realizacii didakticheskikh principov pri izlozhenii temy «Vrashchatel'noe dvizhenie tvjordogo tela» [On the implementation of didactic principles in the presentation of the topic «Rotational motion of a rigid body»]. *Sovremennaya nauka, obshchestvo i obrazovaniye: aktu-al'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Penza, 2022RF. MCSN «Nauka i prosveshchenie. pp. 265-268.

Краснов Александр Алексеевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры естественнонаучных дисциплин.

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru.

Krasnov Aleksandr 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

Doctor of technical Sciences, associate Professor, the Professor of unit

E-mail: krasnow.a.a@mail.ru.

Смирнов Станислав Фёдорович

Ивановский государственный энергоуниверситет им. В. И. Ленина,

Российская Федерация, г. Иваново

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры деталей машин.

E-mail: smirnovst55@gmail.com

Smirnov Stanislav Fjedorovich

Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin,

Russian Federation, Ivanovo

Doctor of technical Sciences, associate Professor, the Professor of unit

E-mail: smirnovst55@gmail.com.

Семенова Ксения Васильевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин.

E-mail: pboz2018@mail.ru.

Semenova Kseniya Vasil'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 Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Natural Sciences.

E-mail: pboz2018@mail.ru.

УДК 378.013

РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Ю. НОВИЧКОВА

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

Статья посвящена проблеме становления и развития профессиональной подготовки пожарных в Ивановской области, возникшей в связи с увеличением численности специалистов пожарного дела для защиты текстильных предприятий от губительного воздействия пожаров. В статье рассматривается процесс развития специализированных учебных заведений для подготовки личного состава пожарных частей от открытия в 1927 г. годичных пожарно-технических курсов до создания в 2015 г. Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, которая прочно утвердилась в числе ведущих высших учебных заведений по подготовке высококвалифицированных специалистов пожарно-технического профиля.

Ключевые слова: профессиональная подготовка пожарных, пожарно-техническое образование, высокие нравственные ценности, профессиональные знания пожарного дела.

DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL TRAINING OF FIREFIGHTERS IN THE IVANOV REGION

N. Yu. NOVICHKOVA

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: n.nature@mail.ru

The article is devoted to the problem of formation and development of professional training of firefighters in the Ivanovo region, which arose in connection with the increase in the number of firefighting specialists to protect textile enterprises from the destructive effects of fires. The article examines the process of development of specialized educational institutions for the training of fire brigades personnel from the opening of one-year fire and technical courses to the creation of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, which has firmly established itself among the leading higher educational institutions for the training of highly qualified fire and technical specialists.

Key words: professional training of firefighters, fire-technical education, high moral values, professional knowledge of firefighting.

Научно-технический прогресс, в процессе своего развития неуклонно повышающий качество жизни человека, в то же время продолжает создавать угрозу возникновения крупных техногенных катастроф, следствием которых нередко становятся пожары, справляться с которыми без специальных знаний и профессиональной подготовки практически невозможно.

«Пожарно-техническое образование в России, – как отмечал известный в России специалист в области истории развития пожарного дела Н. Н. Щаблов, – всегда соответствовало запросам общества, ориентировалось на его самые актуальные проблемы. Чтобы успешно бороться с современными пожарами специалист пожарной безопасности должен обладать глубокими профессиональными знаниями» [1].

Цель исследования заключается в проведении анализа основных этапов организации профессиональной подготовки пожарных в Ивановской области на основе широкой источниковой базы, включающей в себя архивные материалы, впервые вводимые в научный оборот.

Методологической и теоретической основой исследования явились принципы системности, историзма, единства исторического и логического методов познания (Г. В. Ф. Гегель, А. И. Герцен, В. П. Кузьмин, К. Маркс) [2].

Начало XX века в истории России было ознаменовано серьезными общественно-политическими потрясениями, которые затронули все слои российского общества. В первые годы советской власти вопросы пожарной безопасности по своей значимости встали на один уровень с проблемами организации обороны молодого государства. На фоне резкого спада экономического развития ситуация с пожарами стала катастрофической. Боеспособность пожарных подразделений резко снизилась по двум основным причинам. Во-первых, пожарные части испытывали острую нехватку необходимого пожарно-технического оборудования для борьбы с огнем, и, во-вторых, многие пожарные команды остались практически без руководства, поскольку многие российские брандмейстеры после событий октября 1917 г. отказывались продолжать работу и уезжали за границу. В результате на руководящие должности в советских пожарных частях назначались малоопытные рядовые пожарные, не способные должным образом организовать борьбу с огнем.

В связи с этим период с 1921 по 1925 гг. в истории пожарного дела в России характеризуется особым вниманием государства к проблеме подготовки кадров для пожарной охраны.

После национализации заводов, фабрик, шахт, нефтяных промыслов, транспорта и других объектов народного хозяйства одной из основных задач советской пожарной охраны стало предупреждение пожаров на этих объектах. Для решения этой задачи пожарной охране требовалось увеличение численности специалистов пожарного дела и расширение профиля их подготовки.

В период с 1923 по 1925 гг. во многих городах были организованы различные краткосрочные пожарно-технические курсы. На всех курсах обучение сочеталось с прак-

тической работой курсантов. [3]. Ивановская область, являясь крупным текстильным центром, испытывала огромные трудности в части обеспечения пожарной безопасности, поскольку пожары, возникавшие на текстильных предприятиях, носили масштабный и разрушительный характер, а низкий уровень боеспособности городских пожарных команд не позволял обеспечивать надежную защиту фабрик от пожаров.

С целью решения проблемного пожарного вопроса 12–13 июля 1925 г. в Иваново-Вознесенске состоялся первый Иваново-Вознесенский съезд пожарных работников, на котором была принята обширная программа деятельности пожарной охраны области. 27 августа 1926 г. постановлением Иваново-Вознесенского губисполкома было решено организовать в г. Иваново-Вознесенске при губернском управлении пожарной охраны годовичные пожарно-технические курсы (школу брандмейстеров). Курсы начали свою работу с 15 марта 1927 г., и к обучению привлекалось командное звено пожарных частей¹.

Следующим этапом в развитии профессиональной подготовки ивановских пожарных стала организация с 1 ноября 1930 года годовых курсов пожарных, созданных с целью проведения систематических занятий по переподготовке всего личного состава команды. Занятия проводились по понедельникам, вторникам, пятницам и субботам. Ежемесячно проводились проверки успеваемости каждого пожарного, а результаты проверки заносились в специальные журналы занятий, что позволяло постоянно контролировать ход учебного процесса со стороны руководства курсами.

20 июня 1932 г. по приказу начальника Иваново-Вознесенской городской пожарной команды В. В. Гиттермана при 1-й пожарной части были открыты 15-дневные курсы для обучения пожарных только поступивших на службу. Условия обучения были сложными, поскольку слушатели от работы не освобождались и нередко являлись на занятия сразу после отработанной 12 часовой дежурной смены. Молодые пожарные изучали 3 предмета: организацию пожарного дела (6 ч., преподаватель В. В. Гиттерман), практику пожарного дела (12 ч., преподаватель С. А. Матвеев), пожарную тактику (6 ч., преподаватель Таланов). Все преподаватели имели

¹ ГАИО. ф. 33. оп. 1. Д. 1985. Л.7., 12.

большой опыт практической работы в пожарных частях, что давало возможность обучающимся получать полноценные не только теоретические, но и крайне важные в пожарном деле практические знания.

Повышение уровня профессиональной подготовки постоянно требовалось не только для рядового, но и для начальствующего состава, в связи с чем, 10 июля 1932 г. при 1-ой пожарной части начали работу 40-дневные курсы по подготовке и переподготовке младшего комсостава. Рабочая программа курсов включала 150 учебных часов. Первый выпуск состоялся 17 августа 1932 г. Удостоверения об окончании курсов получили 19 человек. Все выпускники сразу приступили к работе в пожарных частях Ивановской области, что позволило повысить боеспособность пожарной охраны в регионе.

Дальнейшим шагом на пути развития пожарно-технического образования в Ивановской области стало принятие облисполкомом 2 июня 1933 г. постановления об организации областного пожарного техникума, который начал свою работу 1 сентября 1933 г.² Это событие сразу получило отражение в областной газете «Рабочий край», где было размещено объявление следующего содержания: «По постановлению облисполкома ИПО от 2/VI с.г. в гор. Иваново с 1/IX организуется Областной пожарный техникум. Принимаются лица не моложе 18 лет, с образованием не ниже 7-летки. Прием заявлений до 1 августа. Приемные испытания с 15 августа. Начало занятий с 1/IX с.г. Общежитие учащимся обеспечивается. Стипендия по успеваемости. Заявления со всеми документами, 2 фотокарточками и двумя 20 коп. марками подавать в областное управление пожарной охраны. Справки там и в районных управлениях пожарной охраны»³. В тот же период кроме Ивановского пожарного техникума, в стране начали свою работу по подготовке огнеборцев Московский, Уральский, Сибирский и Запорожский пожарные техникумы [4]. Открытие этих учебных заведений стало возможным в результате централизованного государственного подхода к решению проблемы подготовки кадров для пожарной охраны.

2 года спустя 10 февраля 1935 г. постановлением президиума облисполкома Ивановской промышленной области (ИПО)

№ 122 Ивановский пожарный техникум был реорганизован в областную двухгодичную школу подготовки среднего начальствующего состава пожарной охраны при Управлении НКВД по Ивановской промышленной области⁴. Реорганизацию было решено произвести на базе 2-й городской пожарной части не позднее 1 марта 1935 г. Первым начальником школы был назначен профессиональный пожарный, обладавший заслуженным авторитетом среди специалистов пожарного дела, Василий Кузьмич Щурин. Также был утвержден следующий штат школы: постоянный состав – 54 человека, переменный состав – 80 человек⁵. Первый выпуск слушателей состоялся 29 января 1936 г. Всем выпускникам было присвоено звание среднего начальствующего состава городской пожарной охраны (ГПО) НКВД и предоставлен 15-дневный отпуск.

С 1 июля 1935 г. согласно приказу Управления НКВД по Ивановской промышленной области от 17 июля 1935 г. № 254 при областной школе среднего начсостава городской пожарной охраны НКВД были организованы еще и двухмесячные курсы переподготовки на 30 человек – «для повышения квалификации младшего начальствующего состава городской пожарной охраны»⁶.

В марте 1937 г. на базе областной школы среднего начсостава городской пожарной охраны был организован опорный пункт Ленинградского заочного техникума пожарной охраны. Руководство техникумом было возложено на старшего инспектора отдела пожарной охраны В. В. Гиттермана. Таким образом, ивановские пожарные получили возможность знакомиться с опытом ленинградских пожарных по проведению противопожарных мероприятий, что положительно сказалось на их профессиональной деятельности.

В 1938–1940 гг. главные усилия государства были направлены на развитие отраслей промышленности, обеспечивающих обороноспособность страны. Особое внимание уделялось строительству авиационных, танковых и других оборонных заводов, переводу многих предприятий тяжелой и легкой промышленности на производство военной продукции, что было связано с усилением финансирования данных отрас-

² ГАИО. Ф. 1510. Оп. 1. Д. 278. Л.15.

³ Рабочий край. 1933. № 146. 24 июня. С. 4.

⁴ Государственный архив Ивановской области (ГАИО). Ф. 1510. Оп. 1. Д. 569. Л.45

⁵ ГАИО. Ф. 1510. Оп. 1. Д. 593. Л.160

⁶ ГАИО. Ф. 1510. Оп. 1. Д. 1740. Л.45

лей. Советское правительство направляло основные государственные средства на подготовку к будущей войне. В сложившейся обстановке 22 октября 1940 г. по решению Ивановского областного совета депутатов трудящихся № 2089 межобластная школа подготовки среднего начсостава пожарной охраны НКВД была ликвидирована с 10 ноября 1940 г.⁷ Курсанты были направлены на продолжение учебы в Свердловскую школу среднего начсостава городской пожарной охраны и Ленинградский пожарный техникум. Постоянный состав расформированной школы был переведен на вакантные должности Ивановской областной школы младшего начсостава, которая также располагалась во 2-ой городской пожарной части и, по сути, стала преемницей областной школы среднего начсостава ГПО НКВД.

Объявление о закрытии школы было размещено в газете «Рабочий край»: «На основе решения Ивановского областного совета депутатов трудящихся от 22.X.1940 года за № 2089 Межобластная школа среднего начсостава городской пожарной охраны НКВД ликвидируется. Лиц и организации, имеющих претензии к школе среднего начсостава, просим обращаться до 10.XI.1940 г. По истечении указанного срока никаких претензий приниматься не будет. Печать и штамп указанной школы с 11.XI.1940 г. считать недействительными».⁸

Суровые военные годы не позволили быстро вернуться к решению вопроса по подготовке кадров для пожарной охраны, поскольку все силы и средства были направлены на борьбу с врагом и приближение Великой Победы. Новый этап развития системы пожарно-технического образования в Ивановской области начался уже после окончания Великой Отечественной войны. В 1948 г. в г. Иваново был организован учебный отряд военизированной пожарной охраны (ВПО) МВД СССР, на базе которого в 1966 году было создано Ивановское пожарно-техническое училище Министерства охраны общественного порядка (МООП) СССР. Первые годы деятельности учебного заведения стали серьезным испытанием для тех, кто стоял у его истоков. Руководство и весь коллектив училища приложили много усилий по организации учебного процесса и его методическому обеспечению. Прделанная работа способствова-

ла укреплению статуса училища, его роли в развитии пожарно-технического образования в России.

В настоящее время славные традиции подготовки пожарных в Ивановском крае продолжает Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, которая стала достойной преемницей Ивановского пожарно-технического училища МООП СССР и прочно утвердилась в числе ведущих высших учебных заведений по подготовке высококвалифицированных специалистов пожарно-технического профиля. Выпускники Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России с честью выполняют свой профессиональный и гражданский долг по спасению жизни людей и защите народного имущества от огненной стихии, как это делали их предшественники десятилетия назад.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что становление пожарно-технического образования в Ивановской области проходило в сложных условиях развития советского государства в 20–30 гг. XX века, и этот процесс был обусловлен необходимостью увеличения численности специалистов пожарного дела для защиты текстильных предприятий от губительного воздействия пожаров. На каждом этапе совершенствования подготовки пожарных в Ивановском крае к обучению огнеборцев привлекались профессионалы пожарного дела, имевшие богатый опыт практической работы в пожарных частях. Это позволило постоянно повышать качество подготовки пожарных, давало возможность полноценно использовать накопленный ветеранами пожарной охраны бесценный опыт борьбы с огнем. В современных условиях успешная работа пожарных невозможна без глубоких профессиональных знаний, освоения новых образцов пожарной техники, что, в свою очередь, приводит к необходимости получения молодыми пожарными высшего пожарно-технического образования. Создание Ивановской пожарно-спасательной академии Государственной противопожарной службы МЧС России явилось закономерным результатом длительного процесса развития пожарно-технического образования в Ивановской области и отражением планомерной государственной политики в области повышения пожарной безопасности в стране.

⁷ Архив УВД по Ивановской области Т. 36. Л. 644

⁸ Рабочий край. 1940. № 251. 1 ноября. С. 4.

Список литературы

1. Щаблов Н. Н. История развития системы подготовки специалистов пожарной безопасности в России: автореферат дисс. канд. пед. наук: 13.00.01. СПб., 2004. 22 с.
2. Маркс К. К критике политической экономии. Госполитиздат, 1953, с. 46.
3. Антонов С. Ю. К проблеме становления и развития пожарно-технического образования в России // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева». 2013. № 3. С. 11–15.
4. Журнал «Пожарное дело». 1955. № 4.

References

1. Shhablov N. N. Istoriya razvitiya sistemy` podgotovki specialistov pozharnoj bezopasnosti v Rossii: avtoreferat diss. kand. ped. nauk [The history of the development of the system for training fire safety specialists in Russia. Abstract of diss. cand. ped. sci.]. SPb., 2004. 22 p.
2. Marks K. K kritike politicheskoy e`konomii [Toward a critique of political economy]. Gospolitizdat, 1953, s. 46.
3. Antonov S. Yu. K probleme stanovleniya i razvitiya pozharно-technicheskogo obrazovaniya v Rossii [To the problem of formation and development of fire-technical education in Russia] Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I. Ya. Yakovleva. 2013, issue 3, pp. 11-15.
4. Zhurnal «Pozharnoe delo» [Magazine «Fire fighting»]. 1955, issue 4.

Новичкова Наталия Юрьевна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Доктор культурологии, профессор

E-mail: n.nature@mail.ru

Novichkova Nataliya Yurevna

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 Culturology, professor

E-mail: n.nature@mail.ru

УДК 378; 159.9:37.015.3

К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННОМ СОСТОЯНИИ И ПРОБЛЕМАХ МОТИВАЦИИ УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

В. С. ПАВЛОВА

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева
Российская Федерация, г. Москва
E-mail: valushka17-2@mail.ru

Современное общество ждет от выпускников вуза высокого уровня профессионализма и готовности к непрерывному саморазвитию. Ведущим механизмом формирования потребностей современных студентов в учебном и профессиональном росте выступает мотивация учебно-профессиональной деятельности обучающихся. Сегодня, когда происходят существенные изменения в системе отечественного высшего образования, когда возрастают требования к выпускникам вузов, является необходимым изучение современного состояния, выявление существующих проблем в области мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов. В данной связи методом дескриптивного и библиометрического анализа проведено исследование изученности вопроса о современном состоянии и проблемах мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов в мировом и отечественном научно-образовательном сообществе. Установлено, что проблема мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов входит в круг интересов многих ученых и рассматривается с различных позиций, при этом о наличии целостного научного знания обеспечения данного вида мотивации говорить не приходится. Между тем, полученные знания дают основания использовать имеющийся опыт в решении как фундаментальных, так и прикладных проблем мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов.

Ключевые слова: мотивация учебно-профессиональной деятельности студентов; исследование мотивации к обучению; условия повышения мотивации; методы обучения, повышающие мотивацию.

TO THE QUESTION OF THE CURRENT STATE AND PROBLEMS OF MOTIVATION OF STUDENTS' EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL ACTIVITIES

V. S. PAVLOVA

Russian Timiryazev State Agrarian University,
Russian Federation, Moscow
E-mail: valushka17-2@mail.ru

Modern society expects from university graduates a high level of professionalism and readiness for continuous self-development. The leading mechanism for the formation of the needs of modern students in educational and professional growth is the motivation for the educational and professional activities of students. Today, when there are significant changes in the system of domestic higher education, when the requirements for university graduates increase, it is necessary to study the current state, identify existing problems in the field of motivation for educational and professional activities of students. In this regard, the method of descriptive and bibliometric analysis was used to study the study of the issue of the current state and problems of motivation of educational and professional activities of students in the world and domestic scientific and educational community. It has been established that the problem of motivating the educational and professional activities of students is in the circle of interests of many scientists and is considered from different positions, while there is no need to talk about the presence of a holistic scientific knowledge of providing this type of motivation. Meanwhile, the acquired knowledge gives grounds to use the existing experience in solving both fundamental and applied problems of motivating students' educational and professional activities.

Key words: motivation of educational and professional activities of students; study of motivation for learning; conditions for increasing motivation; teaching methods that increase motivation.

К числу ведущих задач профессионального образования относится формирование специалиста, готового к непрерывному саморазвитию. Обеспечение достижения данного качества предполагает определенную работу по мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов, как ведущего механизма формирования их потребностей как в учебном, так и в профессиональном росте. В современных условиях изменения системы образования и требований к обучающимся важно рассмотреть современное состояние и возможные проблемы мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов, а также способы их решения в мировом и отечественном научно-образовательном сообществе, что и является целью настоящего исследования.

Методологическую основу исследования составили дискриптивный и библиометрический анализы отечественных и зарубежных публикаций, размещенных в международной реферативной базе данных рецензируемой научной литературы Scopus на платформе Elsevier (<https://www.elsevier.com/>) и российской научной электронной библиотеки Elibrary.ru (<https://elibrary.ru/defaultx.asp>). Глубина исследования составила более тридцати лет (с 1999 года).

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение и анализ научных публикаций, размещенных в международной реферативной базе данных рецензируемой научной литературы Scopus, позволили определить, что по проблеме мотивации учебно-профессиональной деятельности у студентов проведено немало исследований. В частности, в период с 1999 по 2022 годы тематике мотивации, в том числе учебно-профессиональной, было посвящено более 55 тысяч статей (рисунков). В российской научной электронной библиотеке нашлось порядка 450 публикаций, связанных непосредственно с учебно-профессиональной мотивацией и порядка 25 тысяч – посвященных мотивации в целом и отдельных ее видов.

Исследователи единодушно определяют мотивацию движущим фактором в процессе обучения студента и его профессионального становления. В частности, установлена прямая зависимость между профессиональной мотивацией и познавательной деятельностью обучающихся [9]. Повышение мотивации является явным способом активизации учебы и, в целом, повышения качества всего образовательного процесса.

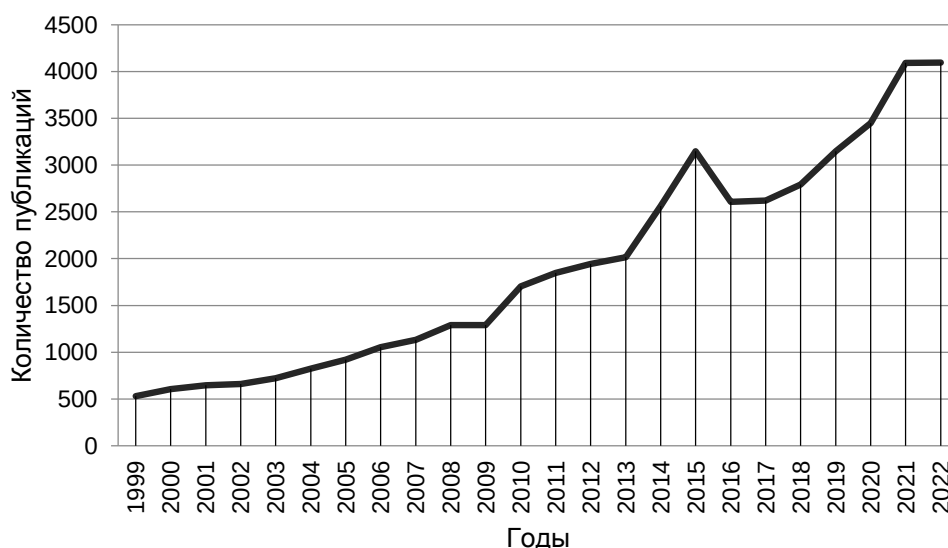


Рисунок. Количество научных публикаций по проблеме мотивации учебно-профессиональной деятельности, размещенных в международной реферативной базе данных рецензируемой научной литературы Scopus, в абс. значениях

Одним из условий повышения эффективности обучения является познавательный интерес – элемент мотивации обучающихся. Ученые рассматривают его в трех аспектах: как средство обучения, как мотив к образовательной деятельности и как черту личности, личностную характеристику. Условиями формирования познавательного интереса следует назвать опору на мыслительную деятельность (реализация в форме активного поиска, ситуационных задач, выдвижение гипотез и др.); учет личностных качеств и способностей; эмоциональную и психологическую атмосферу на занятии [10]. Между тем исследователи заявляют о несформированности именно у студентов интереса к знаниям и процессу обучения [4], и о необходимости решения этой проблемы уже на первых этапах обучения в вузе. Так, Р. П. Конне, проведя исследование среди первокурсников гуманитарного университета республики Мали, и выявив проблему их низкой мотивированности, остановился в своих выводах на особой роли в развитии интереса применяемой преподавателями методики обучения. Хорошая стратегия преподавания, по утверждению автора, привлекает внимание студентов, тем самым повышая активный интерес к знаниям [4].

Отечественный исследователь Н. А. Кравцова обращает внимание общественности на тенденцию снижения уровня мотивации к учебно-познавательной деятельности в целом не только у студентов, но и у абитуриентов. В данной связи автор предлагает использовать в образовательном процессе активные и интерактивные методы и технологии развивающего обучения, полагая, что важнейшим фактором успешности обучения и развития личности будущего специалиста является управление его познавательной активностью посредством формирования мотивов к учебной деятельности [5].

Следует отметить, что исследователи активно решают задачи по применению методов обучения, повышающих мотивацию учебно-профессиональной деятельности студентов. Например, D. López-Fernández и другие на примере студентов политехнического университета Мадрида в рамках эмпирического опыта подтвердили положительное влияние активных методов обучения на мотивацию студентов аэрокосмической техники [17]. Исследование D. N. Al-Osaimi и M. Fawaz показало, что применение смешанного обучения (правильного сочетания очного обучения и цифровых методов и технологий обучения) в учебно-профессиональной деятельности улучшает академическую успеваемость и обеспечивает

образовательную значимость с точки зрения удовлетворенности обучающихся, их мотивации и лидерских способностей [13].

С целью повышения мотивации и академических результатов в вузах французские ученые S. Erhel и другие использовали метод обучения на основе платформы Twitter. Несмотря на незначительное влияние на результаты обучения, ученые, тем не менее, отметили преимущества использования данного метода [15]. Развивают вопросы применения цифровой дидактики в новых моделях обучения N. V. Tretyakova, A. I. Lyzhin, E. V. Chubarkova и M. N. Lukiyanova [21].

L. Averkieva с коллегами особое внимание в повышении мотивации студентов и стимулировании их познавательной активности уделили применению в обучении метода веб-квеста, позволяющего обеспечить вовлечение студентов в процесс работы [14].

Расширили базу методов обучения, направленных на повышение учебно-профессиональной мотивации студентов работы В. И. Брусова, который предлагает применять на занятиях кейс-метод, поскольку решение кейс-заданий позволяет закрепить на практике полученные знания, и, как следствие, максимально вовлечь обучающихся в работу по разрешению конкретной практической ситуации [3].

О. И. Лыноградская подтверждает значительную роль создания проблемных ситуаций в формировании интереса к учению, показывая, что разрешение данных ситуаций требует от обучающихся проявления познавательной активности, самостоятельности и инициативности. Как следствие, применение технологии проблемного обучения на занятиях по производственному обучению повышает интерес обучающихся к содержанию обучения и самой учебной деятельности [6].

Областью исследования испанских ученых M. Rodríguez, I. Díaz, E. J. Gonzalez и M. González-Miquel также является активное обучение. Исследователи показали, как его применение позволяет обеспечить максимальное вовлечение студентов в учебный процесс и достижение желаемых результатов обучения. В качестве конкретных примеров активного обучения исследователи рассматривают метод «перевернутый класс» и игровые технологии (геймификация) [19].

Изменить традиционный метод обучения на новый, используя дополненную реальность в качестве инструмента обучения, предлагают А. Л. Риска с коллегами. В частности, исследователи показывают, что применение дополненной реальности позволяет обучаю-

щимся увидеть реальные объекты в процессе обучения и практики путем визуализации абстрактных понятий, что делает процесс учебно-профессиональной деятельности более увлекательным [18].

Другим фактором, способствующим повышению мотивации обучающихся, D. Rus описывает использование креативных методов в обучении. Своим исследованием автор продемонстрировал преимущества применения творческих и инновационных методов в преподавании, проиллюстрировав условия и факторы, которые определяют наилучший выбор методик, материалов и видов деятельности, тем самым обнаружив преимущества применения нетрадиционных методов обучения от традиционных (классическая лекция и пр.) [20].

Многие исследователи делают акцент на необходимость в процессе формирования адекватной учебно-профессиональной мотивации студентов опираться на специфику и особенности конкретной профессии. В частности, Ю. П. Панарина и Л. Н. Гридяева путем эмпирического исследования выявили особенности учебно-профессиональной мотивации студентов-психологов и студентов-юристов. Оказалось, что именно студенты-юристы в большей степени ориентированы на внешние мотивы, по сравнению со студентами-психологами, что объясняется авторами престижностью профессии юрист в обществе [8].

По мнению С. А. Шпильберг, которая так же занималась исследованиями особенностей формирования мотивации к учебной деятельности студентов различных направлений обучения вуза, первокурснику необходимо в довольно короткие сроки освоить предъявляемые к нему высшей школой требования, в том числе, найти общий язык и взаимопонимание с однокурсниками и преподавателями, найти свое место в группе. Это, несомненно, оказывает влияние на успехи обучающегося в учебе и мотивацию к учебно-профессиональной деятельности. По результатам исследования, авторы показали, что на формирование мотивации к учебной деятельности оказывают влияние особенности, обусловленные личностными психологическими характеристиками студентов первого курса и специфика образовательного процесса в вузе [12]. Например, рассматривая особенности формирования мотивации к учебной деятельности студентов первого курса гуманитарных и технических специальностей (на примере Сибирского государственного технологического университета), С. А. Шпильберг остановилась на следующих психологических качествах, влияющих на мотивацию: адаптивные способности; уровень

самооценки студента, которая складывается из учебно-профессиональной мотивации; способность к мобилизации познавательных процессов, что обеспечивает влияние на общую учебную мотивационную направленность; коммуникативные способности; эмоциональная уравновешенность [12].

Другие исследования для повышения мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов рассматривают применение рейтинговой системы оценки знаний. Например, в Российском государственном университете нефти и газа имени И. М. Губкина приоритетными методическими средствами стимулирования мотивации к познанию являются задания, которые формируют личностные качества студентов, такие как развитие познавательной активности, самостоятельности, исследовательских навыков и творческих способностей. Такой подход в организации рейтинговой системы оценки знаний позволяет стимулировать студента к систематической самостоятельной работе, повысить активность во время семинарских и лекционных занятий, а также способствует проявлению заинтересованности и самостоятельности в учебе. В конечном итоге такой подход способствует развитию творческих способностей, повышению успеваемости и качества обучения студента [11].

Так же, по мнению ученых [1] использование рейтинговой системы более эффективно, чем традиционная система оценивания, так как активизирует работу студентов во время семестра за счет повышения их познавательной мотивации, заставляет их систематически и регулярно готовиться к занятиям, повышает самостоятельность среди них и ответственность за свою образовательную деятельность. Такая система более открыта и понятна как для студентов, так и для преподавателей.

Отдельно следует остановиться на исследовании Ю. И. Богомоловой, которое было посвящено формированию мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов в профессионально-педагогическом образовании. Автор показывает, что наиболее эффективно осуществить погружение в профессию возможно через реализацию контекстного подхода. Сущность применения этого подхода заключается в осуществлении учебного процесса в контексте будущей профессиональной деятельности посредством воссоздания в формах и методах учебной деятельности реальных производственных связей и отношений, решения конкретных профессиональных задач [2]. Z. J. Liu с коллегами также делают акценты на использовании в учебном процессе

преимущественно практико-ориентированных методов обучения [16].

Н. А. Павлова в своем исследовании выявила содержательные и динамические особенности развития мотивации учебной деятельности студентов педагогического вуза, как системы осознаваемых мотивов учебной деятельности и их ценностных оснований в зависимости от периода обучения. По мнению автора, в зависимости от периода обучения студентов в вузе меняется содержание мотивации учебной деятельности, но при этом сохраняется общепрофессиональная направленность. Результат исследования показывает, что знания об особенностях становления учебной мотивации в вузе и системы ценностей личности в процессе ее профессионализации могут быть использованы в учебном процессе для оптимизации учебной деятельности студентов и совершенствования подготовки профессионалов [7].

Таким образом, проблема мотивации учебно-профессиональной деятельности сту-

дентов входит в круг интересов многих ученых и рассматривается с различных позиций, что дает основания использовать имеющийся опыт в решении как фундаментальных, так и прикладных проблем мотивации учебно-профессиональной деятельности обучающихся.

Заключение

Решению вопросов мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов посвящено значительное число исследований как зарубежных, так и отечественных ученых. Изучению подвергаются различные аспекты данного вопроса: дифференциация методов обучения; учет специфики и особенностей конкретных профессий в обеспечении мотивации и др. Между тем, о наличии целостного научного знания обеспечения мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов вузов в современных условиях изменения системы высшего образования и требований к обучающимся говорить не приходится. Проблема продолжает оставаться актуальной и требует своего дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Андреасян К. В. Рейтинговая система оценивания образовательных результатов студентов как условие повышение познавательной мотивации студентов // Вестник магистратуры. 2014. № 12-4 (39). С. 17–19.
2. Богомолова Ю. И. Формирование мотивации учебно-профессиональной деятельности студентов в профессионально-педагогическом образовании: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. М., 2008. 185 с.
3. Брусова В. И. Применение кейс-заданий как фактор повышения учебной мотивации студентов // Профессиональное образование: актуальные проблемы и пути их решения: материалы региональной научно-практической Интернет-конференции. Ливны: Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, 2019. С. 48–52.
4. Коне Р. П. Проблема формирования интереса к знаниям в области педагогики у студентов бакалавриата // Высшее образование сегодня. 2022. № 5/6. С. 106–111.
5. Кравцова Н. А. О мотивации студентов технического вуза при обучении физике // Современные проблемы лингвистики и методики преподавания русского языка в ВУЗе и школе. 2022. № 39. С. 222–228.
6. Льюноградская О. И. Формирование мотивации у студентов к обучению // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: материалы XVII Международной

научно-практической конференции: в 3 томах. Том 1. Тольятти: Волжский университет имени В. Н. Татищева (институт), 2020. С. 102–106.

7. Павлова Н. А. Мотивация учебной деятельности студентов педагогического вуза: дис. ... канд. психол. наук: 19.00.07. Ярославль, 2005. 212 с

8. Панарина Ю. П., Гридяева Л. Н. Особенности учебно-профессиональной мотивации студентов-психологов и студентов юристов // Перспективы развития науки в современном мире: сборник статей по материалам III международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Астана: Дентра, 2017. С. 156–159.

9. Тимохина Т. В., Акынжанов А. А., Галяутдинова А. Н. Мотивация как обязательный фактор языковой подготовки студентов технического вуза // Национальная Ассоциация Ученых. 2018. № 9 (36). С. 21-23.

10. Тчуамени Д. Л. О. Формирование у школьников познавательного интереса как условие повышения эффективности обучения // Высшее образование сегодня. 2022. № 5/6. С. 121–125.

11. Тюменова С. И., Рогалева Е. В., Карташева М. Н. Рейтинговая система оценки знаний студентов как фактор мотивации и стимулирования учебной работы студента // XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Тезисы докладов. В 6-ти томах. Санкт-Петербург, 2019. С. 470.

12. Шпильберг С. А. Особенности формирования мотивации к учебной деятельности студентов первого курса различных направлений обучения вуза // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). С. 908–911.

13. Al-Osaimi D. N., Fawaz M. Nursing students' perceptions on motivation strategies to enhance academic achievement through blended learning: A qualitative study. *Heliyon*, 2022, vol. 8, issue 7, article e09818.

14. Averkieva L., Chayka Y., Glushkov S. Web Quest as a Tool for Increasing Students' Motivation and Critical Thinking Development. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2015, vol. 206, pp. 137–140.

15. Tweet to teach: Using a twitter-based instructional method to improve student motivation and academic outcomes in higher education / S. Erhel, N. Michinov, A. Noël [et al.]. *The Internet and Higher Education*, 2022, vol. 55, article 100876.

16. Digital literacy and digital didactics as the basis for new learning models development / Z. J. Liu, N. Tretyakova, V. Fedorov [et al.]. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2020, vol. 15, issue 14, pp. 4–18, DOI 10.3991/ijet.v15i14.14669.

17. Motivational impact of active learning methods in aerospace engineering students / D. López-Fernández, J. M. Ezquerro, J. Rodríguez [et al.]. *Acta Astronautica*, 2019, vol. 165, pp. 344–354.

18. Systematic Literature Review: Learning with Visual by The Help of Augmented Reality Helps Students Learn Better / A. L. Rishka, N. Amanda, A. Pratiw [et al.]. *Procedia Computer Science*, 2021, vol. 179, pp. 144–152.

19. Reprint of: Motivational active learning: An integrated approach to teaching and learning process control / M. Rodríguez, I. Díaz, E. J. Gonzalez [et al.]. *Education for Chemical Engineers*, 2019, vol. 26, pp. 8–13.

20. Rus D. Creative Methodologies in Teaching English for Engineering Students. *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 46, pp. 337–343.

21. Focus on practical disciplines as a method of developing entrepreneurial mindset / N. V. Tretyakova, A. I. Lyzhin, E. V. Chubarkova [et al.]. *Journal of Entrepreneurship Education*, 2020, vol. 23, issue 1, p. 1.

References

1. Andreasyan K. V. Rejtingovaya sistema ocenivaniya obrazovatel'nyh rezul'tatov studentov kak uslovie povyshenie poznavatel'noj motivacii studentov [Rating systems for assessing students' educational results as a condition for increasing the

cognitive motivation of students]. *Vestnik magistratury*, 2014, vol. 12-4 (39), pp. 17–19.

2. Bogomolova Yu. I. Formirovanie motivacii uchebno-professional'noj deyatel'nosti studentov v professional'no-pedagogicheskom obrazovanii. Diss. kand. ped. nauk [Formation of motivation for educational and professional activities of students in professional pedagogical education. Cand. ped. sci. diss.]. M., 2008. 185 p.

3. Brusova V. I. Primenenie kejs-zadaniy kak faktor povysheniya uchebnoj motivacii studentov [The use of case tasks as a factor in increasing students' learning motivation]. *Professional'noe obrazovanie: aktual'nye problemy i puti ih resheniya: materialy regional'noj nauchno-prakticheskoy Internet-konferencii*. Livny: Oryol State University named after I. S. Turgenev, 2019. pp. 48–52.

4. Kone R.P. Problema formirovaniya interesa k znaniyam v oblasti pedagogiki u studentov bakalavriata [The problem of formation of interest in knowledge in the field of pedagogy among undergraduate students]. *Vysshee obrazovanie segodnya*, 2022. No. 5/6. pp. 106–111.

5. Kravtsova N. A. O motivacii studentov tekhnicheskogo vuza pri obuchenii fizike [On the motivation of students of a technical university in teaching physics]. *Sovremennye problemy lingvistik i metodiki prepodavaniya russkogo yazyka v VUZe i shkol*, 2022. No. 39. pp. 222–228.

6. Lnogradskaya O. I. Formirovanie motivacii u studentov k obucheniyu [Formation of students' motivation for learning]. *Tatishchevskie chteniya: aktual'nye problemy nauki i praktiki: materialy XVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3 tomah, Tol'yatti, 24–25 aprelya 2020 goda. Tom 1. Tol'yatti: Volzhskij universitet imeni V.N. Tatishcheva (institut)*, 2020, pp. 102–106.

7. Pavlova N. A. Motivaciya uchebnoj deyatel'nosti studentov pedagogicheskogo vuza: Diss. kand. psihol. nauk [Motivation of educational activity of students of a pedagogical university: Cand. psychol. sci. diss.]. Yaroslavl, 2005. 212 p.

8. Panarina Yu. P., Gridyaeva L. N. Features of educational and professional motivation of students-psychologists and law students // Prospects for the development of science in the modern world: a collection of articles based on the materials of the III International Scientific and Practical Conference. In 2 parts. Astana, November 06, 2017. Astana: Dentra, 2017. p. 156–159.

9. Timokhina T. V., Akynzhanov A. A., Galyautdinova A. N. Motivaciya kak obyazatel'nyj faktor yazykovoj podgotovki studentov tekhnicheskogo vuza [Motivation as an obligatory factor in the language training of students of a technical

university]. *Nacional'naya Associaciya Uchenyh*. 2018. No. 9 (36). pp. 21-23.

10. Tchuamen D. L. O. Formirovanie u shkol'nikov poznavatel'nogo interesa kak uslovie povysheniya effektivnosti obucheniya [Formation of cognitive interest among schoolchildren as a condition for improving the effectiveness of learning]. *Vysshee obrazovanie segodnya*. 2022. issue 5/6. pp. 121-125.

11. Tyumenova S. I., Rogaleva E. V., Kartasheva M. N. Rejtingovaya sistema ocenki znaniy studentov kak faktor motivatsii i stimulirovaniya uchebnoj raboty studenta [Rating system for assessing students' knowledge as a factor in motivating and stimulating a student's educational work]. *XXI Mendelevskij s'ezd po obshchej i prikladnoj himii. Tezisy dokladov. V 6-ti tomah*. St. Petersburg, 2019. p. 470.

12. Shpilberg S. A. Osobennosti formirovaniya motivatsii k uchebnoj deyatel'nosti studentov pervogo kursa razlichnyh napravlenij obucheniya vuza [Features of the formation of motivation for the educational activities of first-year students in various areas of higher education]. *Molodoj uchenyj*. 2015. No. 23 (103). pp. 908-911.

13. Al-Osaimi D. N., Fawaz M. Nursing students' perceptions on motivation strategies to enhance academic achievement through blended learning: A qualitative study. *Heliyon*, 2022, vol. 8, issue 7, article e09818.

14. Averkieva L., Chayka Y., Glushkov S. Web Quest as a Tool for Increasing Students' Motivation and Critical Thinking Development. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2015, vol. 206, pp. 137-140.

15. Tweet to teach: Using a twitter-based instructional method to improve student motivation and academic outcomes in higher education / S. Erhel, N. Michinov, A. Noël [et al.]. *The Internet and Higher Education*, 2022, vol. 55, article 100876.

16. Digital literacy and digital didactics as the basis for new learning models development / Z. J. Liu, N. Tretyakova, V. Fedorov [et al.]. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 2020, vol. 15, issue 14, pp. 4-18, DOI 10.3991/ijet.v15i14.14669.

17. Motivational impact of active learning methods in aerospace engineering students / D. López-Fernández, J. M. Ezquerro, J. Rodríguez [et al.]. *Acta Astronautica*, 2019, vol. 165, pp. 344-354.

18. Systematic Literature Review: Learning with Visual by The Help of Augmented Reality Helps Students Learn Better / A. L. Rishka, N. Amanda, A. Pratiw [et al.]. *Procedia Computer Science*, 2021, vol. 179, pp. 144-152.

19. Reprint of: Motivational active learning: An integrated approach to teaching and learning process control / M. Rodríguez, I. Díaz, E. J. Gonzalez [et al.]. *Education for Chemical Engineers*, 2019, vol. 26, pp. 8-13.

20. Rus D. Creative Methodologies in Teaching English for Engineering Students. *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 46, pp. 337-343.

21. Focus on practical disciplines as a method of developing entrepreneurial mindset / N. V. Tretyakova, A. I. Lyzhin, E. V. Chubarkova [et al.]. *Journal of Entrepreneurship Education*, 2020, vol. 23, issue 1, p. 1.

Павлова Валентина Сергеевна

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева

Российская Федерация, г. Москва

аспирант

E-mail: valushka17-2@mail.ru

Pavlova Valentina Sergeevna

Russian Timiryazev State Agrarian University

Russian Federation, Moscow

graduate student

E-mail: valushka17-2@mail.ru

УДК 377.169.3

**УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВЕДЕНИЮ
АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ**

А. Д. СЕМЕНОВ, И. В. САРАЕВ, А. В. ЕРМИЛОВ

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

E-mail: sad8_3@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru, skash_666@mail.ru

Подготовка специалиста, обладающего навыками проведения широкого спектра операций при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ на различных объектах экономики, требует совершенствования материально-технической базы профильной организации, которая занимается профессиональной подготовкой.

Установлено, что основными стресс-факторами, оказывающими влияние на психофизическое состояние сотрудника, требующими выработки устойчивости, являются: угроза жизни и здоровью пожарного, а также пострадавших. В процессе обучения при формировании профессиональных навыков работы в стрессогенных условиях требуется адаптировать условия обучения к профессиональной деятельности сотрудников подразделений пожарной охраны и спасателей. Такой подход к обучению позволяет нивелировать воздействие стресса при оперативном принятии решений и применении пожарной техники, что напрямую влияет на временные показатели работы подразделений при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Проведен анализ технологического порядка действий пожарно-спасательного отделения, что позволило создать полигонно-тренажерный комплекс с учётом модели профессиональных ситуаций при тушении пожара и ликвидации последствий ЧС, в рамках которых обучающиеся будут выполнять комплекс технологических действий.

Ключевые слова: курсанты, профессиональная подготовка, тренажер, стресс-факторы, модели профессиональных ситуаций.

**TRAINING AND TRAINING GROUND FOR PREPARATION
FOR RESCUE AND OTHER EMERGENCY OPERATIONS**

A. D. SEMENOV, I. V. SARAIEV, A. V. YERMILOV

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: sad8_3@mail.ru, saraev-i-v@mail.ru, skash_666@mail.ru

The training of a specialist with the skills to conduct a wide range of operations in the conduct of rescue and other urgent work at various economic facilities requires the improvement of the material and technical base of the specialized organization that is engaged in professional training.

It has been established that the main stress factors that affect the psychophysical state of an employee, requiring the development of resistance, are: a threat to the life and health of a firefighter, as well as victims. In the process of training in the formation of professional skills for working in stressful conditions, it is necessary to adapt the training conditions to the professional activities of employees of fire departments and rescuers. This approach to training makes it possible to neutralize the impact of stress during prompt decision-making and the use of fire fighting equipment, which directly affects the time indicators of the work of units during rescue and other urgent work.

The analysis of the technological order of actions of the fire and rescue department was carried out, which made it possible to create a training ground complex, taking into account the model of professional situations in extinguishing a fire and eliminating the consequences of emergencies, within which students will perform a set of technological actions.

Key words: cadets, professional training, simulator, stress factors, models of professional situations.

Согласно нормативно-правовых актов^{1,2} указывается, что подразделения пожарной охраны привлекаются для тушения пожаров и проведения, связанных с ними, аварийно-спасательных работ (АСР), а также для проведения АСР и других неотложных работ (АСДНР) при ликвидации аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций (ЧС). Таким образом, профессиональная подготовка и переподготовка сотрудников МЧС России, связанная с тушением пожара и ликвидацией последствий ЧС, является приоритетной задачей.

Подготовка специалиста, обладающего навыками проведения широкого спектра операций при ведении АСДНР на различных объектах экономики, требует совершенствования материально-технической базы профильной организации, которая обеспечивает процесс профессиональной подготовки. Анализ литературных источников [1-3] показал, что в материально-техническое оснащение организаций, занимающихся профессиональной подготовкой сотрудников МЧС России, входят полигонно-тренажерные комплексы: современные образцы пожарной техники, тренажеры, учебные места, стенды и плакаты.

Таким образом, совершенствование умений и навыков проведения АСДНР, зависит от оснащённости и многозадачности полигонно-тренажерной базы учебного заведения. Разработка тренажеров и тренажерных комплексов, входящих в состав полигонно-тренажерной базы, зависит от действий, выполняемых подразделениями пожарной охраны при проведении работ, связанных с тушением пожара, проведением АСДНР на различных объектах экономики при ликвидации последствий катастроф и ЧС.

Цель работы – разработка концепции оснащения и оборудования учебно-тренировочных полигонов при проведении работ, связанных с тушением пожара, проведении АСДНР на различных объектах экономики при ликвидации последствий катастроф и ЧС.

Деятельность сотрудников МЧС России, направленная на выполнение задач в рамках технологии ликвидации ЧС, связана с повышенным риском для жизни и здоровья. Данный аспект требует от личного состава подразделений высокого уровня подготовки к

выполнению профессиональных задач. Исследователями, в работах [4-6] вводится понятие «фактор риска». Содержание термина характеризует опасность действий при выполнении поставленных задач в профессиональной среде ликвидации последствий ЧС. В вышеуказанных работах показано, что факторы, связанные с риском, влияют на выполнение профессиональных задач вследствие экстремальных условий труда пожарных и спасателей. Основным стресс-фактором, влияющим на психофизическое состояние сотрудника, к которым требуется выработка устойчивости, является угроза жизни и здоровью пожарного и пострадавших. В процессе обучения, при формировании профессиональных навыков работы в стрессогенных условиях, требуется максимально адаптировать условия обучения к последующей профессиональной деятельности сотрудников подразделений пожарной охраны и спасателей. Такой подход к обучению позволит нивелировать воздействие стресса при оперативном принятии решений, что напрямую влияет на время и успешность решения основной боевой задачи. Данная особенность лежит в основе оценки эффективности деятельности пожарных и спасателей, которая определяется количеством погибших и травмированных людей на пожаре, а также материальным ущербом в результате пожара.

Анализ литературных источников в области подготовки пожарно-спасательных подразделений к ведению действий по тушению пожара и проведению АСДНР на различных объектах экономики при ликвидации последствий катастроф и ЧС, показал, что направленность обучения должна состоять из формирования (рис. 1) [7, 8]:

1. Стрессовой устойчивости к выполнению задач при работе в условиях ЧС различного характера.

2. Профессиональных навыков при проведении работ, связанных с тушением пожара, проведения АСДНР.

3. Подготовленности личного состава к профессиональной деятельности.

Таким образом, реализация сформированных подходов обучения достигается оснащением учебно-тренировочных полигонов техническими элементами, формирующими навыки работы на низком уровне риска, а также в профессиональной среде, максимально приближающей учебную деятельность к реальной.

В пожарно-технической литературе [9] показано, что эффективность тушения пожара и проведения АСР зависит от качества (временных параметров) общих и частных этапов

¹ Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 44 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ»

² Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»

(операциональных) действий при ликвидации ЧС. Так, в трудах [10-13] рассматривается схема действий одного пожарно-спасательного подразделения, направленных на решение основной боевой задачи. На основе этих трудов разработана технология ликвидации ЧС с

учетом требований нормативно-правовых актов (рис. 2). Технология состоит из пяти этапов, на каждом из которых могут возникать типичные или нетипичные (с повышенным уровнем сложности) профессиональные ситуации.

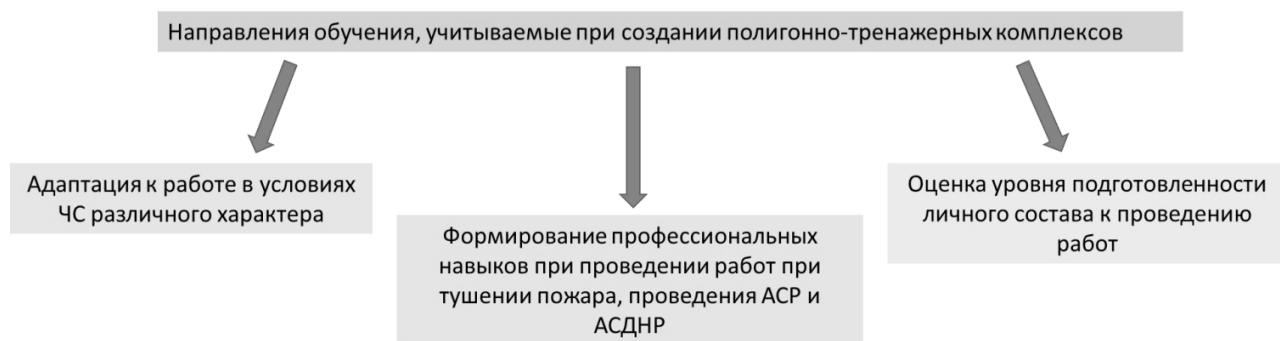


Рис. 1. Направления обучения, учитываемые при создании полигонно-тренажерных комплексов



Рис. 2. Технология ликвидации чрезвычайной ситуации

Каждый этап боевых действий имеет в своей основе технологию функциональной деятельности, которая может быть разделена на частные (более узкие) технологии решения

профессиональных задач³. На примере боевого этапа «прибытие на место пожара» — руко-

³ Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 44 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ»

водитель тушения пожара отдает команды, которые реализуются боевым расчетом в рамках частных технологий деятельности, таких как: подача ствола первой помощи; установка пожарного автомобиля на водоисточник; проверка средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД); разведка пожара. Анализ последовательности технологических операций при ликвидации последствий ЧС позволяет сформировать технологию действий личного состава на соответствующем боевом этапе (рис. 3). Однако необходимо рассмотреть особенности действий личного состава при выполнении технологического порядка ликвидации ЧС, что позволит определить перечень работ, с которыми столкнется обучаемый при выполнении профессиональных задач.

Наиболее сложным в технологии деятельности является выполнение боевого этапа «ликвидация горения», который характеризуется воздействием на сотрудника МЧС большого количества факторов риска. Наиболее значимыми, из которых являются: угроза жизни и здоровья пострадавшему и пожарному, угроза отравления продуктами горения и аварийно-химически опасными веществами, угроза оказаться под завалами в результате взрыва или обрушения конструкций и др.

Анализ операциональных действий при тушении пожара показывает, что технологический порядок ликвидации ЧС зависит от принятых решений начальника караула (руководителя тушения пожара). Эффективность проведения работ, связанных с тушением пожара и ликвидацией последствий ЧС, определяется временными показателями, которые зависят от уровня подготовленности личного состава, времени прибытия, технического состояния пожарной техники и оборудования. Определяющим фактором, характеризующим проведение работ на технологических участках, формируемых при тушении пожара, является правильность действий личного состава боевого расчета.

Таким образом, при создании тренажерно-полигонных комплексов необходимо учитывать модели профессиональных ситуаций при тушении пожара и ликвидации последствий ЧС, при решении которых обучающиеся (курсанты) будут выполнять комплекс технологических действий. Такой подход, позволит наполнить тренажерно-полигонную базу тренажерами и имитаторами, которые позволят получить обучаемым опыт ликвидации ЧС в профессиональной среде, способствующей проявлению необходимых профессионально-значимых качеств.

При реализации операциональных действий в экстремальной среде сотрудник МЧС России может отступать от требований нормативно-правовых актов. Так, в приказе Минтруда⁴ указывается, что пожарный, действующий в условиях крайней необходимости и обоснованного риска, может допустить отступление от установленных требований, когда их выполнение не позволяет оказать помощь людям, предотвратить угрозу взрыва (обрушения) или распространения пожара, принимающего размеры стихийного бедствия. В случае отступления от Правил, личный состав пожарной охраны, участвующий в тушении пожаров и проведении АСДНР, уведомляет об этом руководителя тушения пожара (руководителя ликвидации ЧС) и/или иное оперативное должностное лицо из числа участников тушения пожаров (ликвидации ЧС), под руководством которого личный состав подразделений пожарной охраны осуществляет действия на пожаре, при этом возлагает на себя полную ответственность за дальнейшие действия и/или бездействие.

Данная особенность обуславливает организацию специальной подготовки в вузе МЧС России.

Разработка и внедрение в учебный процесс вуза МЧС России специальных тренажеров обусловлена необходимостью приобретения обучающимися (курсантами) опыта реализации операциональных действий сотрудника МЧС России в частных профессиональных ситуациях с учетом воздействующих на личность факторов риска.

Реализация подхода обучения с применением стресс-факторов и механики получения профессиональных навыков позволила разработать концепцию обучения курсантов Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, реализованную в полигонном учебно-тренировочном комплексе «Сталкер» (рис. 4). Комплекс выполнен с учетом необходимости получения профессиональных компетенций пожарных, имеющих квалификацию «газодымозащитник», спасатель, а также на основе актуальных данных в сфере пожаротушения и ликвидации последствий катастроф и иных ЧС.

⁴ Приказ Минтруда России от 11.12.2020 №881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны».



Рис 3. Операциональные действия участников тушения пожара

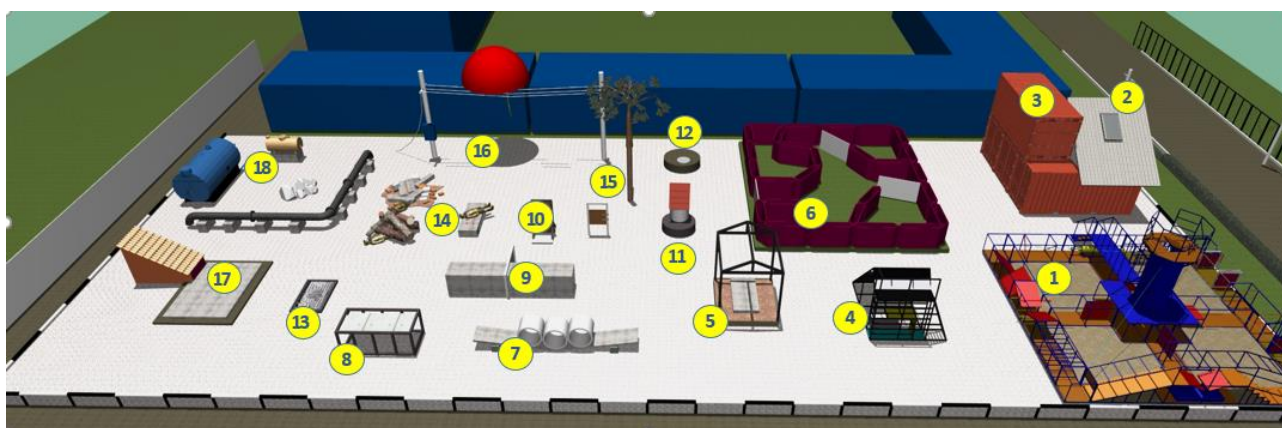


Рис. 4. Общий вид учебно-тренажерного комплекса «Сталкер»:

- 1 – диггер; 2, 16 – работа с электрозащитными средствами; 3 – огневой дом; 4 – проведение работ по вскрытию кровли; 5 – работа с ГАСИ (стабилизация подвижной плиты на различных грунтах); 6 – проведение пожарной разведки; 7 – работа с ГАСИ (стабилизация железобетонных колец на наклонной поверхности); 8 – работа с ГАСИ (подъем железобетонной плиты); 9 – транспортировка пострадавшего в ограниченных условиях; 10 – проведение работ по вскрытию дверей; 11 – проведение спасательных работ в колодце питьевом; 12 – проведение спасательных работ в колодце коллекторном; 13 – работа с ГАСИ (перекати шар); 14 – проведение реанимационных мероприятий и оказания первой медицинской помощи; 15 – проведение спасательных работ на высоте; 17 – обнаружение радиоактивных и отравляющих веществ с помощью приборов радиационной и химической разведки; 18 – выполнение работ по прекращению выбросов веществ из трубопроводов и емкостей

Анализ статистических данных последствий пожаров⁵ позволил выделить в технологии ликвидации ЧС, следующие сферы реализации частных технологий профессиональной деятельности сотрудником МЧС России⁵:

- 1) работа в непригодной для дыхания среде, в том числе в замкнутых помещениях;
- 2) вскрытие и разборка конструкций;
- 3) спасение людей;

4) работа в среде с наличием аварийно-химических отравляющих веществ.

Для каждой сферы реализации профессиональной деятельности разработано учебное место с тренажерами и имитаторами, обеспечивающее приобретение курсантами уникального профессионального опыта (таблица).

⁵ Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 2022. 114 с.

**Таблица. Соответствие учебного тренажера
к сфере реализации профессиональной деятельности**

Сфера профессиональной деятельности	Наименование учебного места
Работа в непригодной для дыхания среде, в том числе в замкнутых помещениях	«Диггер»
	Проведение пожарной разведки
	«Огневой дом»
Вскрытие и разборка конструкций	Работа с электрозащитными средствами
	Проведение работ по вскрытию кровли
	Проведение работ по вскрытию дверей
	Подъем и стабилизация строительных конструкций
Спасение пострадавшего	Транспортировка пострадавшего в ограниченных условиях
	Проведение спасательных работ в колодце питьевом
	Проведение спасательных работ в колодце коллекторном
	Проведение реанимационных мероприятий и оказания первой
	Проведение спасательных работ на высоте
Работа в среде с наличием аварийно-химических отравляющих веществ	Обнаружение радиоактивных и отравляющих веществ с помощью приборов радиационной и химической разведки
	Выполнение работ по прекращению выбросов веществ из трубопроводов и емкостей

С целью подготовки высококвалифицированных кадров в системе МЧС России создаются специальные учебно-тренировочные полигоны и комплексы, которые позволяют пожарным и спасателям отрабатывать профессиональные навыки и моделировать возможные сценарии по ликвидации пожара или ЧС. Такой подход позволяет адаптировать обучаемых к выполнению профессиональных задач и сформировать профессиональные навыки тушения пожара и ликвидации последствий ЧС.

Концепция создания полигонно-тренажерного комплекса предусматривает разграничения пространства полигона на учебные места с возможностью вариативного и комплексного использования тренажеров в образовательном процессе. Таким образом, можно использовать как отдельные элементы тренажерного комплекса, так и совместное применение учебных точек для вариации поставленных задач и тактического замысла учебного занятия, что влияет на устойчивость курсантов при решении задач в ситуации риска, а также рационального оценивания своих сил и возможностей.

Рассмотрим особенности наполнения полигонно-тренажерного комплекса «Сталкер» тренажерами и имитаторами для использования в учебном процессе.

Сфера профессиональной деятельности – «Работа в непригодной для дыхания среде, в том числе в замкнутых помещениях».

Уровень безопасности граждан, а именно их спасение, напрямую зависит от оперативной и слаженной работы звеньев ГДЗС,

которые, являются первичной тактической единицей на пожаре. К тренажеру, обеспечивающему подготовку газодымозащитников, относятся «Огневой дом», «Проведение пожарной разведки» и «Диггер». Данные комплексы предназначены для отработки действий звеньев ГДЗС в условиях, максимально приближенных к реальным.

Учебное место «Огневой дом» позволяет отрабатывать этапы тушения пожара в жилом секторе (частном доме) в составе нескольких пожарно-спасательных подразделений (звеньев ГДЗС), а задымление помещений создает условия, приближенные к реальному пожару.

Учебное место «Проведение пожарной разведки» позволяет отрабатывать вопросы, связанные с работой в составе звена ГДЗС; организация разведки внутри зданий и сооружений в условиях ограниченной видимости. Планировка разработанного комплекса позволяет моделировать различные сценарии проведения разведки (малые, большие площади). Тренировка профессиональных навыков на разработанном комплексе позволяет оперативно производить разведку на месте пожара, повысить способность ориентирования в условиях ограниченной видимости и в незнакомой планировке объекта. Это связано с тем, что к основным причинам гибели людей на пожаре относится отравление токсичными продуктами горения, что составляет 65 % от общего числа погибших в период с 2016–2020 гг. [10]. При этом гибель людей в результате воздействия

высокой температуры за аналогичный период составляет порядка 8 % [10].

Сфера профессиональной деятельности «Вскрытие и разборка конструкций» реализована в виде учебных точек:

- 1) Стабилизация подвижной плиты на различных грунтах;
- 2) Стабилизация железобетонных колец на наклонной поверхности;
- 3) Подъем железобетонной плиты.

Рассматриваемые учебные точки предусматривают работу с гидравлическим аварийно-спасательным инструментом (ГАСИ) по подъему, перемещению и стабилизации строительных конструкций при ликвидации последствий ЧС.

С целью приобретения обучающимися (курсантами) опыта работы с ГАСИ разработаны тренажеры: «Работа с электрозащитными средствами»; «Проведение работ по вскрытию кровли»; «Проведение работ по вскрытию дверей».

Сфера профессиональной деятельности – «Спасение пострадавшего».

С целью приобретения обучающимися (курсантами) опыта спасения пострадавших в ограниченных условиях разработаны тренажеры: «Транспортировка пострадавшего в ограниченных условиях»; «Проведение спасательных работ в колодце питьевого»; «Проведение спасательных работ в колодце коллекторном»; «Проведение реанимационных мероприятий и оказания первой медицинской помощи»; «Проведение спасательных работ на высоте».

Сфера профессиональной деятельности – «Работа в среде с наличием аварийно-химических отравляющих веществ».

С целью приобретения курсантами опыта ликвидации аварийно-химических отравляющих веществ разработаны тренажеры: «Обнаружение радиоактивных и отравляющих веществ с помощью приборов радиационной и химической разведки»; «Выполнение работ по прекращению выбросов веществ из трубопроводов и емкостей».

Таким образом, разработанная концепция применения полигонно-тренажерного комплекса «Сталкер» позволяет сформировать у обучающихся профессиональные навыки работы тесно связанные с сферой их профессиональной деятельности по направлениям, учитывающим:

- 1) работу в непригодной для дыхания среде, в том числе в замкнутых помещениях.
- 2) вскрытие и разборка конструкций.
- 3) спасение пострадавшего.
- 4) работу в среде с наличием аварийно-химических отравляющих веществ.

Такое решение позволяет реализовать применение учебных точек для вариации поставленных задач и тактического замысла учебного занятия, что влияет на устойчивость обучающихся (курсантов) при решении задач в ситуации риска, а также рационального оценивания своих сил и возможностей.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что подготовка специалиста, обладающего навыками проведения широкого спектра операций при ведении АСДНР на различных объектах экономики, требует совершенствования материально-технической базы профильной организации, которая занимается профессиональной подготовкой.

Установлено, что основными стресс-факторами, оказывающими влияние на психофизическое состояние сотрудника, требующими выработки устойчивости, являются: угроза жизни и здоровью пожарного, а также пострадавших. В процессе обучения при формировании профессиональных навыков работы в стрессогенных условиях требуется адаптировать условия обучения к профессиональной деятельности сотрудников подразделений пожарной охраны и спасателей. Такой подход к обучению позволяет нивелировать воздействие стресса при оперативном принятии решений и применении пожарной техники, что напрямую влияет на временные показатели работы подразделений при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Проведен анализ технологического порядка действий пожарно-спасательного отделения, что позволило создать полигонно-тренажерный комплекс с учётом модели профессиональных ситуаций при тушении пожара и ликвидации последствий ЧС, в рамках которых обучающиеся будут выполнять комплекс технологических действий.

Наряду с этим, разработанная концепция применения полигонно-тренажерного комплекса «Сталкер» позволила сформировать у обучающихся (курсантов) профессиональные навыки работы тесно связанные с сферой их профессиональной деятельности по направлениям, учитывающим:

- 1) работу в непригодной для дыхания среде, в том числе в замкнутых помещениях.
- 2) вскрытие и разборка конструкций.
- 3) спасение пострадавшего.
- 4) работу в среде с наличием аварийно-химических отравляющих веществ.

Список литературы

1. Булгаков В. В. Формирование психологической устойчивости пожарных к негативным условиям профессиональной деятельности // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2020. Т. 25. № 3(82). С. 246–253. DOI: 10.24411/1999-6241-2020-13001
2. Булгаков В. В., Самойлов Д. Б., Маслов А. В. Мониторинг качества подготовки выпускников ведомственных образовательных организаций МЧС России // Проблемы современного образования. 2019. № 2. С. 162–174.
3. Булгаков В. В. Реформирование ведомственных вузов: критический анализ // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 8-9. С. 100–109. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-8-9-100-109
4. Шойгу Ю. С., Пыжьянова Л. Г. Прогнозирование и управление социально-психологическими рисками во время чрезвычайной ситуации // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2011. № 4. С. 76–83
5. Битюцкая Е. В., Лебедева Н. А., Цаликова Ю. Р. Изменение объема кратковременной памяти под влиянием стрессогенного воздействия у курсантов // Российский психологический журнал. 2020. № 17(1). С. 27–43. DOI: 10.21702/rpj.2020.1.3
6. Ермилов А. В., Мардахаев Л. В., Воленко О. И. Выделение профессионально значимых качеств бакалавра техносферной безопасности // Российский психологический журнал. 2020. Т. 17. № 2. С. 73–81. DOI: 10.21702/rpj.2020.2.5
7. Гермацкая Е. И. Оценка уровня развития отдельных профессионально значимых психологических качеств будущих специалистов экстремальных профессий // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2020. Т. 4. № 1. С. 433–441. DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2020.4-3.433>
8. Ермилов А. В. Совершенствование индивидуально-личностных качеств курсантов вузов МЧС России в процессе учебной практики на базе учебных и спасательных центров // Педагогическое образование в России. 2015. № 4. С. 16–22.
9. Повзик Я. С., Ключ П. П., Матвейкин А. М. Пожарная тактика. М.: Стройиздат, 1990. 335 с.
10. Верзилин М. М., Повзик Я. С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА НПО», 2007. 441 с.
11. Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. 288 с.
12. Повзик Я. С., Ключ П. П., Матвейкин А. М. Пожарная тактика: учебник для пожарно-технических училищ. М.: Стройиздат, 1990. 335 с.
13. Теребнев В. В., Подгрушный А. В. Пожарная тактика: Основы тушения пожаров: учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 322 с.

References

1. Bulgakov V. V. Formirovaniye psikhologicheskoy ustoychivosti pozharnykh k negativnym usloviyam professional'noy deyatel'nosti [Formation of psychological stability of firefighters to negative conditions of professional activity]. *Psikhopedagogika v pravookhranitel'nykh organizatsiyakh*, 2020, vol. 25, issue 3, pp. 246–253. DOI: 10.24411/1999-6241-2020-13001
2. Bulgakov V. V., Samoylov D. B., Maslov A. V. Monitoring kachestva podgotovki vypusknikov vedomstvennykh obrazovatel'nykh organizatsiy MCHS Rossii [Monitoring the quality of training of graduates of departmental educational organizations of the EMERCOM of Russia]. *Problemy sovremennogo obrazovaniya*, 2019, issue 2, pp. 162–174.
3. Bulgakov V. V. Reformirovaniye vedomstvennykh vuzov: kriticheskiy analiz [Reforming Departmental Universities: A Critical Analysis]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*, 2019, vol. 28, issue 8-9, pp. 100–109. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-28-8-9-100-109.
4. Shoygu Yu. S., Pyzh'yanova L. G. Prognozirovaniye i upravleniye sotsial'no-psikhologicheskimi riskami vo vremya chrezvychaynoy situatsii [Forecasting and managing socio-psychological risks during an emergency]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya*. 2011, issue 4, pp. 76–83.
5. Bityutskaya Ye. V., Lebedeva N. A., Tsalikova Yu. R. Izmeneniye ob'yema kratkovremennoy pamyati pod vliyaniyem stressogen-nogo vozdeystviya u kursantov [Changes in the volume of short-term memory under the influence of stress in cadets]. *Rossiyskiy psikhologicheskiy zhurnal*, 2020, issue 17, pp. 27–43. DOI: 10.21702/rpj.2020.1.3
6. Yermilov A. V., Mardakhayev L. V., Volenko O. I. Vydeleniye professional'no znachimyykh kachestv bakalavra tekhnosfernoy bezopasnosti [Identification of professionally significant qualities of a bachelor of technosphere

safety]. *Rossiyskiy psikhologicheskiy zhurnal*, 2020, vol. 17, issue 2, pp. 73–81. DOI: 10.21702/rpj.2020.2.5

7. Germatskaya Ye. I. Otsenka urovnya razvitiya otdel'nykh professional'no znachimykh psikhologicheskikh kachestv budushchikh spetsialistov ekstremal'nykh professiy [Assessment of the level of development of individual professionally significant psychological qualities of future specialists in extreme professions]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MCHS Belarusi*, 2020, vol. 4, issue 1, pp. 433–441. DOI: 10.33408/2519-237X.2020.4-3.433

8. Yermilov A. V. Sovershenstvovaniye individual'no-lichnostnykh kachestv kursantov vuzov MCHS Rossii v protsesse uchebnoy praktiki na baze uchebnykh i spasatel'nykh tsentrov [Improving the individual and personal qualities of cadets of universities of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the process of educational practice on the basis of training and rescue cen-

ters]. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii*, 2015, issue 4, pp. 16–22.

9. Povzik Ya. S., Klyus P. P., Matveykin A. M. *Pozharnaya taktika* [Fire tactics]. M.: Stroyizdat, 1990, 335 p.

10. Verzilin M. M., Povzik Ya. S. *Pozharnaya taktika* [Fire tactics]. M.: ZAO «SPETSTEKHNIKA NPO», 2007. 441 p.

11. Ivannikov V. P., Klyus P. P. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara* [Firefighting Supervisor's Handbook]. M.: Stroyizdat, 1987. 288 p.

12. Povzik Ya. S., Klyus P. P., Matveykin A. M. *Pozharnaya taktika: uchebnik dlya pozharno-tekhnicheskikh uchilishch* [Fire tactics: textbook for fire-technical schools]. M.: Stroyizdat, 1990, 335 p.

13. Terebnev V.V. *Pozharnaya taktika: Osnovy tusheniya pozharov: ucheb. posobiye* [Fire tactics: Fire Fighting Basics] / V.V. Terebnev, A.V. Podgrushnyy. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2012, 322 p.

Семенов Андрей Дмитриевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: sad8_3@mail.ru,

Semenov Andrey Dmitrievich

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 technical sciences

E-mail: sad8_3@mail.ru.

Ермилов Алексей Васильевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат педагогических наук

E-mail: skash_666@mail.ru

Ermilov Aleksey Vasilevich

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 pedagogical sciences

E-mail: skash_666@mail.ru

Сараев Иван Витальевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

Кандидат технических наук

E-mail: saraev-i-v@mail.ru

Saraev Ivan Vitalevitch

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 Technical Sciences

E-mail: saraev-i-v@mail.ru

УДК 378.146

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕСТОВ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ
И СМЕШАННОМ ОБУЧЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНФОРМАЦИОННО-ЦИФРОВОГО ИНСТРУМЕНТА FIRETEST**

Р. А. СОЛДАТОВ, А. А. ЛАЗАРЕВ, Е. В. КАРАСЕВ, Е. Ю. КУРОЧКИНА, Н. А. ТАРАТАНОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
kgn@edufire37.ru

В представленной работе проведен анализ на основе оценки индексов дискриминативности и сложности качества теста раздела «Общая часть Уголовного кодекса России» дисциплины «Уголовное право». Данный тест расположен в цифровой среде Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (далее – академия) в модуле Firetest. Проведенное исследование включало этапы: составление контролирующего теста, проведение его на выборке обучающихся в процессе образовательной деятельности, обработка результатов тестирования выборки и расчет основных характеристик, анализ полученных коэффициентов, формулирование вывода о возможности применения исследуемого теста для контроля уровня знаний обучающихся. По результатам проведенной работы дана оценка качества теста на основании известных предъявляемых к характеристикам требований и предложены рекомендации по совершенствованию теста и образовательного процесса.

Элементы научной новизны описанного в статье исследования заключаются в совершенствовании подходов к использованию цифровых ресурсов в профессиональном образовании в части оценки уровня знаний студентами и курсантами уголовного права, применение цифровых технологий при исследовании профессионального образования в академии.

Практическая значимость исследования заключается в совершенствовании базы тематических тестовых заданий в практических целях для мониторинга уровня освоения учебного материала по рассматриваемой дисциплине, выявлении тем для обращения внимания преподавателей на необходимость увеличения учебного времени для их изучения, проведение сравнительных исследований по оценке эффективности различных тестовых заданий.

Ключевые слова: тест, дискриминативность, сложность, обучение, проверка и оценка знаний, Firetest.

**THE USE OF ELECTRONIC TESTS IN DISTANCE AND MIXED LEARNING
USING THE FIRETEST INFORMATION AND DIGITAL TOOL**

R. A. SOLDATOV, A. A. LAZAREV, E. V. KARASEV, E. Yu. KUROCHKINA, N. A. TARATANOV

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
kgn@edufire37.ru

In the presented work, an analysis is carried out based on the evaluation of the indices of discriminativeness and complexity of the quality of the test of the section «General part of the Criminal Code of Russia» of the discipline «Criminal Law». This test is located in the digital environment of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia (hereinafter referred to as the Academy) in the firetest module. The conducted research included the following stages: preparation of a control test, conducting it on a sample of students in the process of educational activity, processing the results of sampling testing and calculating the main characteristics, analyzing the resulting coefficients, formulating a conclusion about the possibility of using the test under study to control the level of knowledge of students. Based on the results of the work carried out, the quality of the test is assessed on the basis of the known require-

ments for the characteristics and recommendations for improving the test and the educational process are proposed.

The elements of scientific novelty of the research described in the article consist in improving approaches to the use of digital resources in vocational education in terms of assessing the level of knowledge of students and cadets of criminal law, the use of digital technologies in the study of vocational education at the Academy.

The practical significance of the research lies in improving the database of thematic test tasks for practical purposes to monitor the level of mastering of educational material in the discipline under consideration, identifying topics for drawing teachers' attention to the need to increase the study time for their study, conducting comparative studies to assess the effectiveness of various test tasks.

Key words: test, discriminativeness, complexity, training, testing and evaluation of knowledge, Fire-test.

В условиях современного развития образовательного процесса появляется большое разнообразие возможностей, связанных с использованием цифровых технологий в системе обучения.

Многочисленные цифровые инструменты находят повсеместное распространение, а информация, находящаяся в электронном виде, становится доступной практически в любой точке пространства и времени. В современном мире создаются огромные возможности для использования цифровых образовательных подходов к оценке обучающихся в высших учебных заведениях. Одним из достаточно широко применяемых методов, является онлайн-оценка, которая используется в высшем образовании в виде онлайн-тестирования. Увеличение использования электронных тестов, проводимых в режиме реального времени, требует изучения различных информационных ресурсов и их эффективностей в оценке обучения.

В настоящее время, наряду с традиционной системой образования, активно внедряются в образовательный процесс и используются современные электронные средства формирования компетенций, к ним относится обучение, организованное с использованием удаленной связи по сетевому каналу видеоконференции. Однако, несмотря на множество достоинств видеоконференции, возникает ряд трудностей, например, связанных с объективным, всесторонним и понятным тематическим контролем сформированности компетенций у обучающихся. Актуальным и современным способом оценки усвоенных знаний является тестирование.

В России проблемы, связанные с применением онлайн-тестирования, в том числе в дистанционном формате обучения, исследовали Е. С. Полат [1], О. А. Архипова [2], О. В. Маслова [3], М. И. Беляев [4] и др.

Проблемы, связанные с электронными цифровыми тестами, изучали также и зарубежные авторы, некоторые работы посвящены обзорным исследованиям (Gipps [5], Stödborg [6]), в ряде трудов, проводится анализ организации обратной связи (Nicol, Macfarlane-Dick [7]).

T. Sweeney в своей работе провел анализ и предложил систематический обзор научных разработок, связанных с оценкой использования информационных технологий, опубликованных в 2014–2016 годах. В этом исследовании рассматривалось, какие технологии используются в электронной оценке и улучшают ли они или трансформируют практику оценки. Однако, хотя в нём упоминалась электронная оценка в LMS (Learning Management System) системе управления обучением, он не касался конкретно онлайн-тестов [8].

Использование электронных тестов в иностранных государствах часто сочетается параллельно с особенностями использования LMS в дистанционном и смешанном обучении, особенно после их широкого внедрения в высшем образовании в начале XXI в. [9].

Контроль знаний является важным условием учебного процесса в образовательных организациях высшего образования, а оптимизировать и объективно оценить обучающихся возможно с помощью тестирования. Современное развитие личности, общества и государства позволяет использовать тест как универсальный, хоть и не единственный современный доступный вариант измерения результатов педагогической деятельности [10].

Определений тестов существует много, рассмотрим некоторые из них. А. А. Шеметев под педагогическим тестом понимает систему заданий специфической формы и определённого содержания [11]. В. С. Аванесов определяет «педагогический тест» как метод педагогического измерения [12]. По мнению других авторов, например, В. А. Красильниковой [13], тест состоит из системы заданий, процедуры

тестирования и технологии обработки результатов.

Для формирования достоверной и объективной оценки тест должен сопровождаться соответствующими, определенными критериями. Закономерно, что для всестороннего и объективного оценивания уровня умений и навыков обучающихся, необходимо, во-первых, разработать тестирующие материалы, отвечающие современным требованиям, и, во-вторых, организовать процедуру тестирования таким образом, чтобы исключить использование обучающимися ответов из различных источников информации, в частности списывание, использование ответов из информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Цель исследования

Анализ вопросов организации электронного тестирования в рамках дистанционного или смешанного обучения в Ивановской пожарно-спасательной академии с использованием информационно-цифрового инструмента Firetest, на основании анализа дискриминативности и сложности используемых тестирующих материалов.

Методы исследования

В исследовании использовались эмпирические методы, такие как: наблюдение за организацией образовательной деятельности в формате видеоконференции, связанной с проведением аудиторных занятий и контролем знаний по результатам их проведения, а также, измерение и сравнение, направленные на изучение результатов тестирования.

Результаты исследования

Современные тенденции развития высшего образования предполагают использование электронного тестирования как одного из средств контроля и оценки сформированности компетенций обучающихся при различных видах обучения. Тестирование в условиях реального времени позволяет провести оценку знаний, умений и навыков обучающихся с использованием возможностей информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Составители теста предполагают обработку полученных результатов, в целях проверки качества теста, что в последующем позволяет провести коррекцию теста с учетом выявленных недостатков.

Наиболее широкое применение в тестовых заданиях нашли вопросы с множественным выбором. Они обычно используются для оценки уровня компетенций, так как предполагают оценку наиболее широкого количества элементов, которые охватывают большие области содержимого материала [14].

Непростой задачей для разработчика теста является создание качественной базы данных действительных, объективных и достоверных заданий для тестовых вопросов, позволяющих провести оценку познавательных способностей и уровня сформированности компетенций. Оценка достоверности и объективности теста, позволяют провести такие его признаки, как сложность, валидность и дискриминативность.

Наше исследование направлено на анализ сложности и дискриминативности, как наиболее информативных показателей, позволяющих оценить организацию электронного тестирования в образовательных организациях высшего образования.

Сложность – отношение количества неправильно ответивших участников на задание к общему количеству участников, ответивших на задание.

Дискриминативность – показатель, который демонстрирует, какая из групп: сильная или слабая, лучше решает задание теста.

Коэффициент сложности позволяет разделить задания на три группы:

- оптимальное значение сложности от 15 до 70 процентов,
- легкое задание от 0,00 до 15 процентов,
- сложное задание от 71 до 100 процентов.

Оптимальная сложность определяет объективные и достоверные задания, слишком лёгкие и слишком трудные задания рекомендуется оценить и, возможно, необходимо переработать. [15].

Показатель дискриминативности тестовых заданий вычисляется следующим образом:

- из всех участников тестового опроса выделяют 27 % участников, показавших лучшие результаты – это сильная группа, и 27 % участников, показавшие худшие результаты – это слабая группа,
- в каждой группе участников определяют процент правильных ответов, от общего количества ответов, далее вычисляют разницу правильных ответов в сильной и слабой группах.

Значения индекса дискриминативности лежат в интервале («-100» – «100») [15, 16, 17].

Существуют мнения разных авторов по оценке дискриминативности теста [15, 16], которые сводятся к тому, что если дискриминативность ≤ 10 , то такие задания рекомендуется оценить и, возможно, необходимо переработать или удалить из теста. Если индекс дискриминативности больше >10 , то задание считается качественным, объективным и достоверным.

В качестве предмета рассмотрения возьмем тест по разделу «Общая часть УК РФ» дисциплины «Уголовное право», расположенный в цифровой среде Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в разделе Firetest. Тест используется при текущем контроле знаний, умений и навыков у обучающихся второго года обучения. Он включает в себя все темы общей части уголовного права, предусмотренные рабочей программой курса. Тест состоит из однородных, различных по сложности заданий. Тест закрытого типа, к каждому из заданий предлагается четыре ответа, среди которых может быть один или несколько правильных.

В анализе использованы результаты обучающихся по специальности 40.05.03 «Судебная экспертиза». После исключения тестовых заданий, показатель дискриминативности которых составляет бесконечность, в выборке осталось 119 тестовых заданий.

Показатель дискриминативности и сложности вычисляются программой Firetest автоматически, согласно определенным алгоритмам.

Дискриминативность вычисляется по следующей формуле [15, 16, 17],

$$D = p_u - p_l, \quad (1)$$

где D - показатель дискриминативности, p_u - доля правильных ответов обучающихся с

высокими баллами по тесту в целом, p_l - доля правильных ответов обучающихся с низкими баллами по тесту в целом.

Например, на тест из 10 вопросов отвечало 100 человек. После ранжирования результатов (по убыванию) оказалось, что из 27 человек с высоким баллом на вопрос № 3 правильно ответили 20 человек (0,74), из 27 человек с низким баллом на вопрос № 3 правильно ответили 5 человек (0,19). Показатель дискриминативности (D) составит: $0,74 - 0,19 = 0,55$.

Показатель сложности тестовых заданий вычисляется по формуле [16, 17].

$$T = \frac{O_n}{\sum O}, \quad (2)$$

где T – показатель сложности, O_n - количество правильных ответов на вопрос, $\sum O$ - общее количество ответов на вопрос.

В программе также используется подсветка показателей:

- для трудности красным подсвечивать диапазоны 0 - 0,2 и 0,8 - 1,0.

- для дискриминативности красным подсвечивать диапазон ≤ 0 .

Примерный набор вопросов с разными уровнями сложности и дискриминативности представлены в табл. 1-4.

Таблица 1. Примеры вопросов с высокими параметрами дискриминативности и средними параметрами сложности

№ п/п	Вопрос	Дискриминативность	Сложность
1.	В каком случае штраф не может быть назначен?	84	57
2.	Для каких преступлений характерна двойная форма вины?	84	45
3.	Как в российском уголовном праве рассматривается соучастие?	84	46

Таблица 2. Примеры вопросов с нулевыми параметрами дискриминативности и максимальными параметрами сложности

№ п/п	Вопрос	Дискриминативность	Сложность
1.	Какому признаку преступления соответствует объект состава преступления?	0	100
2.	Какой признак объективной стороны состава преступления является обязательным?	0	100
3.	Какое обстоятельство исключает преступность деяния?	0	100
4.	Кто несёт ответственность за причинение вреда во исполнение заведомо незаконного приказа?	0	100

Таблица 3. Примеры вопросов с отрицательными параметрами дискриминативности со средними и высокими параметрами сложности

№ п/п	Вопрос	Дискриминативность	Сложность
1.	В каком случае течение срока давности привлечения к уголовной ответственности приостанавливается?	-17	71
2.	В чем заключаются обязательные работы?	-17	76
3.	В каком случае обязательные работы не могут назначаться несовершеннолетним?	-16	55

Таблица 4. Примеры вопросов со средними параметрами дискриминативности и сложности

№ п/п	Вопрос	Дискриминативность	Сложность
1.	В каком случае не возникает множественность преступлений?	67	52
2.	В каком случае мужчине может быть предоставлена отсрочка отбывания наказания в связи с воспитанием ребёнка до 14 лет?	67	31
3.	Как называется преступление, начинающееся путем совершения действия и протекающее путем бездействия лица?	50	67

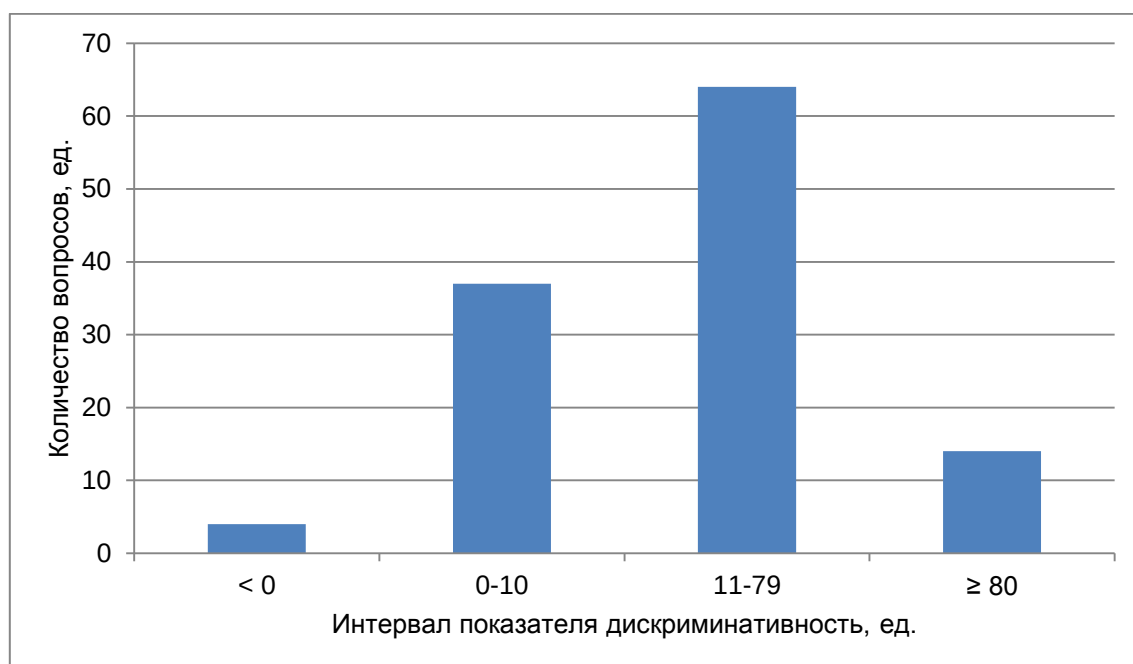


Рис. 1. Распределение вопросов теста по разделу «Общая часть УК РФ» в программе Firetest по уровням дискриминативности

Рассмотрим характеристику – дискриминативность. Значения индекса дискриминативности для исследуемого раздела теста представлены на рис. 1.

Анализируя результаты дискриминативности можно заметить, что:

- 78 заданий размещаются в интервале от 11 до 100, то есть задания качественные, объективные и достоверные, а также корректно разделяют обучающихся на группы сильных и слабых;

- 37 заданий имеют низкую дискриминативность, задания рекомендуется оценить и, возможно, необходимо переработать или удалить из теста;

- 4 задания имеют отрицательную дискриминативность, задания, возможно, содержат ошибки, так как слабая группа выполняет задания лучше;

- среднее значение индекса дискриминативности всех заданий составило 52, и в целом позволяет охарактеризовать исследуемый тест, как обладающий хорошим дифференцирующим эффектом.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что 41 тестовое задание

имеет дискриминативность ≤ 10 , что не означает необходимости их удаления из теста, поскольку среди них могут быть как достоверные и объективные задания, так и уникальные. Тем более, что общий коэффициент дискриминативности 52, демонстрирует, что в целом текстовые задания выборки позволяют объективно определять сильные и слабые группы обучающихся, то есть более подготовленные обучающиеся справляются с заданиями лучше, чем те, которые не совсем разбираются в данной теме.

Рассмотрим характеристику – сложность. Значения индекса сложности для исследуемого раздела теста представлены на рис. 2.

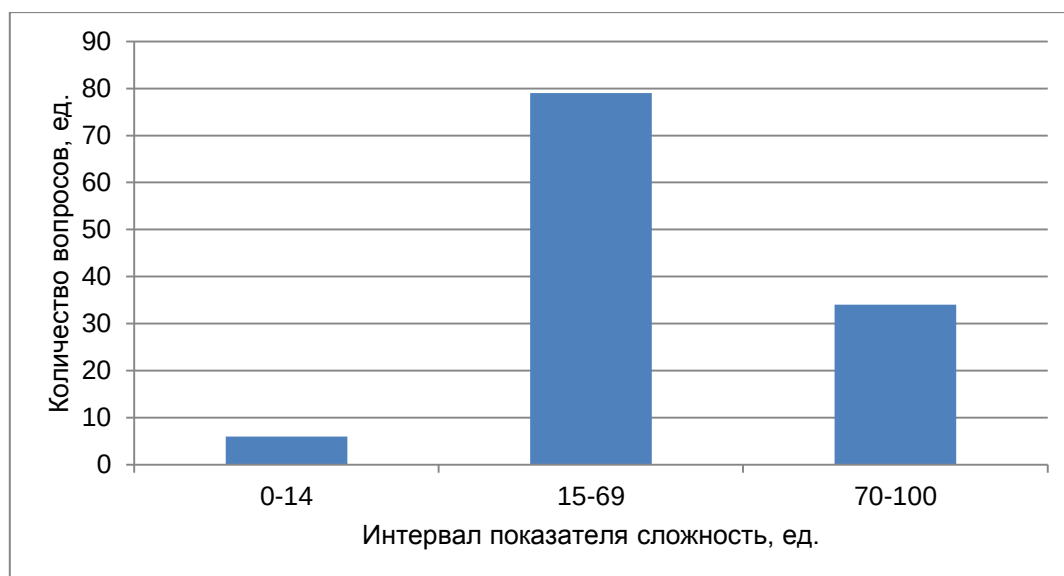


Рис. 2. Распределение вопросов теста по разделу «Общая часть УК РФ» в программе Firetest по уровням сложности

Анализируя результаты сложности, можно заметить, что:

- 79 заданий размещаются в интервале от 15 до 69, то есть имеют оптимальную степень сложности;

- 34 задания находятся в интервале от 70 до 100, то есть имеют высокую степень сложности, из которых 9 имеют коэффициент сложности 100. Девять заданий, имеющие коэффициент сложности 100, разработаны по темам «Состав преступления» и «Обстоятельства, исключающие преступность деяний», которые являются сложными для понимания и требуют большого уровня знаний обучающихся;

- 6 заданий лежат в интервале от 0 до 14, то есть имеют низкую степень сложности;

- среднее значение индекса сложности всех заданий составило 68, это позволяет

утверждать, что исследуемый тест обладает оптимальными значениями сложности.

Оценивая коэффициенты сложности тестовых заданий, можно утверждать, что все задания, за исключением шести, входят в диапазон от 15 до 100, значит, нет необходимости их исключать из теста, и в целом тест имеет оптимальный коэффициент сложности. Наличие максимального показателя сложности 9 заданий, объясняется сложностью тем, по которым данные задания разработаны и недостаточным уровнем подготовки обучающихся к занятиям.

При сопоставлении показателей сложности и дискриминативности заданий теста установлена их взаимосвязь. А именно, задания с высокой дискриминативностью имеют среднюю трудность и высокий дифференци-

рующий эффект. Однако в ряде случаев трудные задания могут иметь как высокий, так и низкий коэффициент дискриминативности. Это объясняется с тем, что ответ на сложные задания, может быть связан со случайным выбором ответа обеими группами обучающихся.

Анализ всей выборки в целом показывает, что тематические тестовые задания довольно удачно сбалансированы как по коэффициенту сложности и коэффициенту дискриминативности, так и корреляционной связи между ними.

Заключение

На основании исследования качества теста по разделу «Общая часть УК РФ» дисциплины «Уголовное право», можно сделать следующие выводы:

Список литературы

1. Полат Е. С. К проблеме определения эффективности дистанционной формы обучения // Открытое образование. 2005. № 3. С. 71–76.
2. Архипова О. А., Поведская О. А. Дистанционное обучение как эффективный метод обучения иностранным языкам и развития профессиональной компетентности // Профессиональное образование и общество. 2018. № 3. С. 157–162.
3. Маслова О. В., Медведева Т. Е., Пятков А. Г. Онлайн-тестирование как форма электронного обучения иностранному языку и контроля знаний // Решетнёвские чтения. 2014. № 3. С. 102–106.
4. Беляев М. И. Разработка тестовых заданий для компьютерного тестирования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». 2011. № 3. С. 38–46.
5. Gipps C. V. What is the role for ICT based assessment in universities? *Studies in Higher Education*, 2005, vol. 30, pp. 171–180.
6. Stöberg U. A. Research review of e-assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2005, vol. 37, pp. 591–604.
7. Nicol D., Macfarlane D. Formative Assessment and Self-regulated Learning: a Model and seven Principles of Good Feedback Practice. *Studies in Higher Education*, 2006, vol. 31, pp. 199–218.
8. Where's the Transformation? Unlocking the Potential of Technology-Enhanced Assessment / T. Sweeney [et al.]. *Teaching & Learning Inquiry*, 2017, vol. 5, pp. 1–13.

1) тест имеет высокое значение коэффициентов сложности и дискриминативности, что соответствует необходимым требованиям;

2) рекомендовать к использованию в образовательной деятельности разработанной базы данных тестовых заданий в целях оценки уровня знаний, умений и навыков обучающихся;

3) обратить внимание преподавателей на необходимость увеличения учебного времени для изучения тем «Состав преступления» и «Обстоятельства, исключющие преступность деяний»;

4) проведение в будущем сравнительных исследований по оценке эффективности онлайн-формы «Firetest» и традиционной системы тестовых заданий.

9. Stone D. E., Guangzhi Zheng. Learning Management Systems in a Changing Environment. *Handbook of Research on Education and Technology in a Changing Society*, IGI Global, 2014, URL: https://www.researchgate.net/publication/267625754_Learning_Management_Systems_in_a_Changing_Environment (дата обращения: 06.10.2022).

10. Олейник Н. М. Тест как инструмент измерения уровня знаний и трудности заданий в современной технологии обучения. Донецк, ДонГУ, 1991. 168 с.

11. Шеметев А. А. Тесты как эффективный инструмент проверки знаний студентов высшей школы. Текст: электронный // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 2. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/02/31055> (дата обращения: 06.10.2022).

12. Аванесов В. С. Композиция тестовых заданий. М.: Центр тестирования, 2002. 240 с.

13. Красильникова В. А. Теория и технологии компьютерного обучения и тестирования. М.: Дом педагогики, 2009. 339 с.

14. Evaluation of Multiple Choice and Short Essay Question items in Basic Medical Sciences / M. Baig, SK. Ali [et al.]. *Pak J Med Sci*, 2014, Jan;30(1):3–6.

15. Hingorjo MR, Laleel F. Analysis of One -Best MCQs: The Difficulty Index, Discrimination Index and Distractor Efficiency. *J Pak Med Assoc*, 2012.

16. Карпенко А. П., Домников А. С., Белоус В. В. Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества образовательных тестов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. № 04. 2011. 28 с.

17. Звонников В. И., Челышкова М. Б. Современные средства оценивания результатов обучения: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М: Издательский центр «Академия», 2013. 297 с.

References

1. Polat E. S. K probleme opredeleniya effektivnosti distancionnoj formy obucheniya [On the problem of determining the effectiveness of distance learning]. *Otkrytoe obrazovanie*, 2005, issue 3, pp. 71–76.

2. Arkhipova O. A., Povedskaya O. A. Distancionnoe obuchenie kak effektivnyj metod obucheniya inostrannym yazykam i razvitiya professional'noj kompetentnosti [Distance learning as an effective method of teaching foreign languages and developing professional competence]. *Professional'noe obrazovanie i obshchestvo*, 2018, issue 3, pp. 157–162.

3. Maslova O. V., Medvedeva T. E., Pyatkov A. G. Onlajn-testirovanie kak forma elektronnoho obucheniya inostrannomu yazyku i kontrolya znaniy [Online testing as a form of e-learning in a foreign language and knowledge control]. *Reshetnyovskie chteniya*, 2014, issue 3, pp. 102–106.

4. Belyaev M. I. Razrabotka testovykh zadaniy dlya komp'yuternogo testirovaniya [Development of test tasks for computer testing]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya «Informatizaciya obrazovaniya»*, 2011, issue 3, pp. 38–46.

5. Gipps C. V. What is the role for ICT based assessment in universities? *Studies in Higher Education*, 2005, vol. 30, pp. 171–180.

6. Stöðberg U. A. Research review of e-assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2005, vol. 37, pp. 591–604.

7. Nicol D., Macfarlane D. Formative Assessment and Self-regulated Learning: a Model and seven Principles of Good Feedback Practice. *Studies in Higher Education*, 2006, vol. 31, pp. 199–218.

8. Where's the Transformation? Unlocking the Potential of Technology-Enhanced Assessment / T. Sweeney [et al.]. *Teaching & Learning Inquiry*, 2017, vol. 5, pp. 1–13.

9. Stone D. E., Guangzhi Zheng. Learning Management Systems in a Changing Envi-

ronment. *Handbook of Research on Education and Technology in a Changing Society*, IGI Global, 2014, URL: https://www.researchgate.net/publication/267625754_Learning_Management_Systems_in_a_Changing_Environment (дата обращения: 06.10.2022).

10. Oleynik N. M. *Test kak instrument izmereniya urovnya znaniy i trudnosti zadaniy v sovremennoj tekhnologii obucheniya* [Test as a tool for measuring the level of knowledge and difficulty of tasks in modern learning technology]. Doneck, DonGU, 1991, 168 p.

11. Shemetev A. A. Testy kak effektivnyj instrument proverki znaniy studentov vysshej shkoly [Tests as an effective tool for testing the knowledge of higher school students. Text: electronic]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*, 2014, Issue. 2, URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/02/31055> (data obrashcheniya: 06.10.2022).

12. Avanesov V. S. *Kompoziciya testovykh zadaniy* [Composition of test tasks]. M.: Centr testirovaniya, 2002, 240 p.

13. Krasilnikova V. A. *Teoriya i tekhnologii komp'yuternogo obucheniya i testirovaniya* [Theory and technologies of computer training and testing]. M.: Dom pedagogiki, 2009, 339 p.

14. Evaluation of Multiple Choice and Short Essay Question items in Basic Medical Sciences / M. Baig, SK. Ali [et al.]. *Pak J Med Sci*, 2014, Jan;30(1):3–6.

15. Hingorjo MR, Laleel F. Analysis of One -Best MCQs: The Difficulty Index, Discrimination Index and Distractor Efficiency. *J Pak Med Assoc*, 2012.

16. Karpenko A. P., Domnikov A. S., Belous V. V. Testovyy metod kontrolya kachestva obucheniya i kriterii kachestva obrazovatel'nykh testov [Test method of quality control of training and quality criteria of educational tests]. *Nauka i obrazovanie: elektronnoe nauchno-tekhnicheskoe izdanie*, issue 04, 2011, 28 p.

17. Zvonnikov V. I., Chelyshkova M. B. *Sovremennye sredstva ocenivaniya rezul'tatov obucheniya: uchebnik dlya stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovaniya* [Modern means of evaluating learning outcomes: textbook for students. institutions of higher Prof. education]. M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2013, 297 p.

Солдатов Роман Анатольевич

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

E-mail: roma.83@mail.ru

Soldatov Roman Anatolyevich

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
lecturer

E-mail: roma.83@mail.ru

Лазарев Александр Александрович

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

кандидат педагогических наук, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры

E-mail: kgn@edufire37.ru

Lazarev Alexander Alexandrovich

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 pedagogical sciences, candidate of technical sciences, candidate of technical sciences, associ-
ate professor, head of the department

E-mail: kgn@edufire37.ru

Карасев Евгений Викторович

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

E-mail: evkar75@mail.ru

Karasev Evgeny Viktorovich

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
deputy head of the department

E-mail: evkar75@mail.ru

Курочкина Елена Юрьевна

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

E-mail: ekurochkina81@yandex.ru

Kurochkina Elena Yurievna

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
lecturer

E-mail: ekurochkina81@yandex.ru

Таратанов Николай Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: taratanov_n@mail.ru

Taratanov Nikolay Alekandrovich

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, docent

E-mail: taratanov_n@mail.ru

УДК 378.147

**РОЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ФОРМИРОВАНИИ
ПРАВОВОЙ КОМПЕТЕНЦИИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ
ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

М. В. ЧУМАКОВ¹, И. Н. ПУСТОВАЛОВА²

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

² Международный юридический институт,
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: o-spartak@mail.ru, pustovalovai@mail.ru

В статье аргументируется значимость формирования правовой компетентности специалистов, обеспечивающих национальную безопасность, законность и правопорядок в современных условиях. Сравниваются подходы ученых к трактовке определений «компетенция» и «компетентность», формулируется авторское определение правовой компетентности, раскрывается характеристика и структура правовой компетенции. Излагаются отдельные аспекты формирования структурных компонентов правовой компетенции обучающихся по специальности Правовое обеспечение национальной безопасности, раскрываются педагогические условия, обеспечивающие формирование правовой компетентности будущих специалистов и критерии оценки сформированности профессиональных компетенций. На основе анализа применяемых в учебном процессе методов, аргументируется вывод о необходимости усиления практической составляющей при подготовке обучающихся, создавая условия максимально приближенные к тем, в которых предстоит реализовывать свои профессиональные навыки и знания выпускникам.

Ключевые слова: национальная безопасность, профессиональная компетентность, компетенция, правовая компетенция, педагогические условия, практическая подготовка.

**THE ROLE OF PRACTICAL TRAINING IN THE FORMATION
OF LEGAL COMPETENCE AMONG STUDENTS
IN THE SPECIALTY LEGAL SUPPORT OF NATIONAL SECURITY**

M. V. CHUMAKOV¹, I. N. PUSTOVALOVA²

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

² International Law Institute,
Russian Federation, Ivanovo

E-mail: o-spartak@mail.ru, pustovalovai@mail.ru

The article argues the importance of the formation of legal competence of specialists ensuring national security, legality and law and order in modern conditions. The approaches of scientists to the interpretation of the definitions of «competence» and «competence» are compared, the author's definition of legal competence is formulated, the characteristics and structure of legal competence are revealed. Some aspects of the formation of structural components of the legal competence of students in the specialty Legal provision of national security are described, pedagogical conditions that ensure the formation of the legal competence of future specialists and criteria for assessing the formation of professional competencies are revealed. Based on the analysis of the methods used in the educational process, the conclusion is argued about the need to strengthen the practical component in the training of students, creating conditions as close as possible to those in which graduates will have to realize their professional skills and knowledge.

Key words: national security, professional competence, competence, legal competence, pedagogical conditions, practical training.

Соблюдению и защите прав и свобод личности, законности и правопорядку в Конституции Российской Федерации придается главенствующее значение. Стратегией национальной безопасности Российской Федерации¹ гарантии реализации конституционных прав и свобод граждан, поддержание баланса интересов государства, общества и личности наряду с эффективным социально-экономическим развитием страны связываются с обеспечением национальной безопасности российского государства.

Механизм обеспечения национальной безопасности включает в себя совокупность разноплановых мер, в числе которых осуществление подготовки корпуса профессионалов, готовых к защите интересов государства, общества, личности, обеспечению законности и правопорядка. Подготовка специалистов для целей обеспечения национальной и государственной безопасности осуществляется, в том числе, и в рамках реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования - программ специалитета по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности.

Анализ универсальных и общепрофессиональных компетенций, которые должны быть сформированы у выпускника в результате освоения программы специалитета по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности², свидетельствует об акценте законодателя на правовую составляющую профессиональной подготовки.

Исследование процесса развития правовой компетентности будущих специалистов, поиск наиболее оптимального и эффективного метода (совокупности методов) формирования правовой компетенции, наполнение ее качественным содержанием, адекватно отвечающим современному периоду, характеризующемуся неоднозначностью, сложностью, нестабильностью отношений в социально-экономической, политической, иных сферах жизнедеятельности, представляется актуальным. Вызовы и риски, возникающие перед спе-

циалистами в условиях VUCA-мира, равно как и динамичность законодательства, свидетельствует о недостаточности развития в процессе обучения только базисных профессиональных навыков и поступательного накопления правовой информации. Необходимо актуализировать способность и готовность выпускника использовать правовые знания и умения для решения профессиональных задач за пределами стандартных ситуаций, фреймовать реально складывающиеся обстоятельства, применяя к ним юридически значимые решения, согласующиеся с действующим законодательством.

В специальной литературе отмечаются неоднозначные подходы к определению категорий «правовая компетенция» и «правовая компетентность», что обусловлено отсутствием единства научных подходов к толкованию дефиниций «компетенция» и «компетентность». Следуя подходам одних авторов, указанные понятия тождественны. С позиции других авторов компетентность и компетенция следует рассматривать как общее и частное. Третья группа авторов придерживается мнения, что компетентность аккумулирует в себе набор компетенций и т.д.

Так, А. А. Жигулин рассматривает правовую компетентность как качественную характеристику, интегрирующую личностные качества, уровень правовых знаний, умений и навыков, готовность к профессиональной деятельности [1].

М. А. Соболева как кумулятивное качество личности, детерминирующее способность и готовность к использованию правовых знаний и умений для решения практических задач, определяет правовую компетенцию [6].

Через качество совершаемых специалистом действий и принимаемых решений, позволяющих эффективно использовать в профессиональной деятельности нормативно-правовые предписания, профессионально функционировать и реализовываться, трактуют правовую компетентность, Г. В. Короткова, Н. И. Руднева, Е. А. Шимко [2].

Как интегративное свойство личности, выражающееся в совокупности правовых компетенций.... «позволяющих регулировать социально-профессиональное поведение в соответствии с правовыми нормами и предписаниями», раскрывают правовую компетентность Е. Н. Рябышева и Н. И. Плаксина [5].

Достаточно емкое определение исследуемых категорий приводит И. Д. Чечель [7], представляя характеристику потенциального состояния личности как компетенцию, а ее проявление в реалиях – как компетентность.

¹ Указ Президента РФ от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // СЗ РФ. 05.07.2021. № 27 (часть II). ст. 5351.

² Приказ Минобрнауки России от 31.08.2020 № 1138 (ред. от 19.07.2022) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности» // Официальный интернет-портал правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>, 15.09.2020.

Нам близка позиция тех ученых, которые, устанавливая взаимосвязь между указанными терминами, раскрывают компетентность через совокупность приобретаемых компетенций.

Правовую компетентность, применительно к обучающимся по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности, можно определить как совокупность приобретенных в результате освоения образовательной программы компетенций, позволяющих применять систему правовых знаний и умений в реальных правовых ситуациях, в рамках действующего законодательства, в соответствующих сферах профессиональной деятельности, в интересах обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка.

Большинство авторов, как видим, правовую компетентность определяют через характеристику личностных качеств индивида, его готовность и способность соотносить свое поведение с реалиями и правовыми предписаниями.

Структурно правовая компетенция может быть представлена тремя, детерминирующими ее компонентами [6]:

- когнитивным (владение актуальной правовой информацией);
- деятельностно-рефлексивный (способность и готовность к практической реализации знаний, принятию правомерных решений);
- мотивационно-ценностным (осознанное отношение к профессиональной деятельности, правомерному поведению, базирующемуся на целевых установках, интересах, мотивах, правосознании).

Приведенная структура, в свою очередь, вызывает необходимость (при формировании правовой компетентности) разрешения одновременно двух взаимообусловленных задач: профессиональное обучение и формирование личности.

Формирование профессиональных, в том числе и правовых компетенций – непрерывный, многоплановый и сложный процесс. Разнообразие областей и сфер, в которых возможна реализация профессиональной деятельности выпускников, обучающихся по специальности Правовое обеспечение национальной безопасности обуславливает специфику подготовки кадров для правоохранительной, публично-правовой, международно-правовой, иных предусмотренных стандартом видов (п. 1.12 ФГОС ВО) и типов (п.1.13 ФГОС ВО) деятельности. Не случайно в п. 3.6 ФГОС ВО по специальности 40.05.01 закреплено положение о том, что совокупность приобретенных компетенций должна позволять

будущему специалисту реализовывать профессиональную деятельность не менее чем в одной профессиональной сфере. При этом подчеркивается, что выпускник должен обладать способностью решать задачи всех перечисленных в стандарте типов (правотворческий, правоприменительный, правоохранительный, профилактический).

На особенности качественного наполнения учебной информации (содержание обучения) влияет направленность (профиль), специализация образования. Виды профессиональной деятельности, квалификационные требования и профессиональные стандарты служат ориентиром (с учетом требований ФГОС) для определения предметно-тематического содержания учебного плана, характера практической подготовки, результатов освоения образовательной программы.

Относительно выбора моделей формирования профессиональных компетенций, методов и технологий обучения, на наш взгляд, следует отталкиваться от эффективности их применения для достижения конкретных целей и разрешения поставленных задач, исходя из дифференциации компетентностей на общие (характерные для юридической деятельности в целом) и специальные (отражающие особенности сферы деятельности). Это согласуется с требованиями ФГОС, закрепляющими реализацию компетентностного подхода посредством применения в обучении различных технологий, активных и интерактивных форм, сочетание аудиторной и внеаудиторной работы.

Формирование компетентных специалистов невозможно без определения и реализации педагогических условий, обеспечивающих результативность процесса овладения правовой и иными предусмотренными образовательной программой компетенциями. Педагогические условия представляют собой совокупность мер по повышению эффективности педагогической деятельности (цели, содержание, методы, приемы и формы обучения и воспитания) [8].

Следуя современным тенденциям в сфере образования, переходу от репродуктивного усвоения знаний к продуктивному, в учебных планах по специальности 40.05.01 наблюдается сокращение количества занятий по теоретической подготовке. Соответственно, одной из первоочередных задач при формировании правовых компетенций в процессе обучения выступает определение оптимального объема и информативного наполнения теоретического (лекционного) материала. Представляется, что обучающимся должны быть представлены догматические, концептуальные

основы применительно к каждой правовой дисциплине, институциональные признаки правовых явлений отраслевого характера (например, особенности субъектного состава и объекты правоотношений, принципы взаимоотношений, тенденции развития соответствующих институтов) межотраслевые связи и т.д.

Однако роль преподавателя не должна ограничиваться изложением общеправовых принципов, разъяснением понятийно-категорийного аппарата и т.д. Используя принципы синергетического подхода в решении педагогических задач, обучающегося следует мотивировать в расширении своих знаний, способствовать формированию его профессионального правосознания, ценностных ориентаций, устойчивых внутренних мотивов профессионально-служебной деятельности.

В качестве вариантов решения данной задачи возможны: обсуждение проблемных вопросов на семинарских занятиях, включение в учебные планы элективных модулей, вовлечение обучающихся в научную, исследовательскую, проектную деятельность, проведение факультативов, конкурсов, постановка на разрешение различных казусов из судебной практики.

К примеру, подготовка к обсуждению на семинарском занятии проблемы наследования вымороченного имущества предполагает поиск, систематизацию, анализ правовой информации, в том числе законодательных норм и правоприменительной практики, касающихся права собственности, вопросов наследования. Обобщение полученной информации неизбежно приведет к обнаружению обучающимся проблем правового регулирования указанных правоотношений, осмыслению выявленного и возможных вариантов устранения пробела. Дополнительную информацию, необходимую для формирования и развития когнитивного компонента, обучающиеся должны научиться «добывать» самостоятельно. В этих целях, обучающийся должен иметь способность использовать справочные правовые системы и информационные технологии в профессиональной деятельности. То есть изначально должна быть сформирована соответствующая компетенция, что необходимо учитывать при построении последовательности изучения учебных дисциплин и курсов в учебном плане.

К сожалению, в современный период нарушение структурно-логической цепочки прохождения учебных дисциплин - достаточно распространенное явление, на что неоднократно указывалось в специальной литературе [4].

Формированию такого компонента, как деятельность-рефлексивный - следует уделять особое внимание. Именно эта составляющая правовой компетенции позволяет выпускнику успешно адаптироваться в поле профессиональной деятельности. Неслучайно о необходимости усиления практической составляющей в образовании указывается в многочисленных программных документах Российского государства. На важность и приоритетность развития практических навыков обращается внимание и в Указе Президента РФ «О мерах по совершенствованию высшего юридического образования в Российской Федерации»³. Об актуальности создания практико-ориентированной среды и обеспеченности образовательного процесса соответствующими ресурсами свидетельствуют и многочисленные публикации [3].

Современные реалии свидетельствуют, что выпускники на начальном этапе профессиональной деятельности испытывают серьезные проблемы вследствие недостаточно сформированных прикладных навыков, в том числе при составлении процессуальных документов, осуществлении процессуальных действий. Сложности вызывает грамотное составление текста консультации, оформление и презентация результатов проверок и т.д.

Безусловно, современная высшая школа располагает широким набором дидактических средств, направленных на развитие практических способностей, умений, навыков будущих специалистов. К таковым можно причислить решение вариативных практических ситуаций по заданной тематике с прогнозированием возможных путей развития событий, составление процессуальных документов, соответствующих фабуле реального дела, различные тренажеры, имитационные игры, лабораторные исследования и другие. Значительное место в учебном процессе отводится освоению информационных технологий, изучению принципов работы с многочисленными базами данных, что обусловлено современными тенденциями цифровой трансформации всех сфер общественных отношений и в первую очередь деятельности органов и организаций, обеспечивающих национальную безопасность.

Однако все эти технологии не приводят к ожидаемому эффекту, хотя определенно сглаживают дисбаланс между развитием ко-

³ Указ Президента РФ от 26.05.2009 № 599 «О мерах по совершенствованию высшего юридического образования в Российской Федерации» // СЗ РФ. 01.06.2009. № 22. ст. 2698.

гнитивной и содержательно-деятельностной детерминантами правовой компетенции. Большая часть заданий сформулирована на основе судебных решений, размещенных в различных справочно-правовых базах. Ответы на поставленные задачи легко можно сформулировать, отыскав соответствующий судебный акт, равно как и любой процессуальный акт, исковое заявление или приказ, образцы которых в изобилии присутствуют в интернет-пространстве. Это значительно снижает способность и готовность к самостоятельной разработке процессуальных и служебных документов. Обращает на себя внимание и тот факт, что, свободно владея навыками поиска информации с использованием современных информационных технологий, обучающиеся не всегда придают значение надежности источников информации, как правило, не подвергают их критической оценке, не обращаются к нормам права, закрепляющим требования к структуре и содержанию правовых документов. Оказавшись же в реальной ситуации, когда здесь и сейчас нужно применить, казалось бы, отработанные навыки и умения, выпускник демонстрирует недостаточную компетентность, что не редко негативно сказывается на мотивации к профессиональной деятельности, достижению профессиональных целей.

Наибольший эффект при формировании деятельностно-рефлексивной компоненты правовой компетенции достигается при получении практических навыков в период прохождения различных видов практики (при надлежащей их организации). Попадая в профессиональную среду, участвуя непосредственно в деятельности правоохранительной (или иной) организации, выполняя поручения руководителя практики, специалиста в конкретной сфере профессиональной деятельности, выезжая на место преступления или участвуя в надзорной проверке, обучающийся вовлекается непосредственно в «производственный» процесс, «впитывает» практический алгоритм реализации профессиональных компетенций при решении задач правоприменительного, правоохранительного, профилактического характера.

Примечательно, что положительные эмоции у студентов по результатам прохождения практики остаются от привлечения их к выполнению непосредственных трудовых функций по будущей специальности, участия в процессуальных действиях, присутствия при обсуждении вопросов, связанных с принятием решений по конкретным делам, наблюдения за ходом экспертных исследований, судебных разбирательств. Правильно и эффективно организованная практика способствует форми-

рованию устойчивой мотивации к служебно-профессиональной деятельности, с опорой на патриотизм, ответственное отношение к выполняемой работе, чести, профессиональном и гражданском долге.

Как нам представляется, необходимо расширить практику привлечения студентов соответствующих специальностей в качестве помощников, общественных помощников сотрудников правоохранительных и иных органов, где могут в дальнейшем осуществлять профессиональную деятельность лица, успешно освоившие программу по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности. Легально, такая возможность предусмотрена, например, Федеральным законом от 28.12.2010 № 403-ФЗ «О Следственном комитете Российской Федерации»⁴, Приказом Следственного комитета России от 04.05.2011 № 74⁵.

Не менее эффективной для целей формирования правовой компетенции является практика, приобретенная в юридических клиниках образовательных учреждений, где студенты-консультанты (в отличие от создаваемой в рамках интерактивных методик квази-профессиональной деятельности) сталкиваются с реальными жизненными ситуациями, требующими повышенной ответственности при принятии юридически обоснованного решения, вовлечение студентов в практико-ориентированную социально значимую деятельность во внеучебное время (волонтерская деятельность, участие в акциях оказания бесплатной юридической помощи). Участвуя в указанной деятельности, студенты не только приобретают реальный опыт разрешения конфликтных ситуаций, восстановления нарушенных прав участников общественных отношений на основе норм действующего законодательства, но и развивают коммуникативные навыки. Следует заметить, что деятельность юридических клиник ограничивается, как правило, предоставлением консультаций, составлением документов. На наш взгляд, деятельность в рамках юридических клиник следует расши-

⁴ Федеральный закон от 28.12.2010 № 403-ФЗ (ред. от 20.10.2022) «О Следственном комитете Российской Федерации» // СЗ РФ. 03.01.2011. № 1. ст. 15.

⁵ Приказ СК России от 04.05.2011 № 74 (ред. от 31.01.2022) «Об организации работы с общественными помощниками следователя в системе Следственного комитета Российской Федерации» (вместе с «Положением об общественном помощнике следователя Следственного комитета Российской Федерации») // URL: <https://clck.ru/32ed6w> (дата обращения 25.10.2022).

ритель посредством вовлечения студентов в оказание представительских услуг (сбор, оформление документов, судебное представительство при рассмотрении дел у мирового судьи).

Обобщенный результат сформированности компетенций демонстрируется студентом и оценивается комиссией при прохождении итоговой аттестации. В этих целях вузами формируется критериально-оценочный аппарат, интегрирующий в себе критерии и показатели сформированности всех составляющих компетенцию компонентов: когнитивного, мотивационного, деятельностно-поведенческого. Однако реальным подтверждением (показателем) сформированности правовой компетентности является профессионализм выпускника, реализующего свою способность применять приобретенные знания при выборе варианта поведения и совершения действий, согласующихся с законом при решении задач по обеспечению национальной безопасности, законности и правопорядка.

Список литературы

1. Жигулин А. А. Формирование правовой компетентности юриста // *Интеграция наук*. 2019. № 1 (24). С. 341–342.
2. Короткова Г. В., Руднева Н. И., Шимко Е. А. Формирование профессионально-правовой компетенции у студентов аграрных вузов // *Наука и Образование*. 2020. Т. 3. № 3. С. 211.
3. 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.
4. Подшибякин А. С. О проблемах юридического образования (мнимых и реальных) // *Юридическое образование и наука*. 2008. № 4. С. 36–39.
5. Рябышева Е. Н., Плаксина Н. И. Особенности развития правовой компетентности современного специалиста // *Научно-исследовательские публикации*. 2015. № 1 (21). С. 13–19.
6. Соболева М. А. Формирование правовой компетенции студентов медицинского института: автореферат дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Орел. 2013. 21 с.
7. Чечель И. Д. Профессиональная компетентность руководителя общеобразова-

Подводя итог, отметим, что в процессе подготовки профессионально компетентного, конкурентоспособного специалиста для сферы деятельности, связанной с обеспечением национальной безопасности, формирование правовой компетенции имеет первостепенное значение. Сформированность правовой компетентности как заданный образовательный результат, может быть достигнут в совокупности с овладением всеми предусмотренными образовательной программой компетенциями в процессе реализации соответствующих педагогических условий. Не умаляя значимости практико-ориентированных, проблемных и иных методов и технологий обучения, ориентированных на знаниевый, мотивационный и деятельностный компоненты, для повышения эффективности процесса формирования правовой компетентности, ключевым моментом должна стать практическая подготовка в условиях, максимально приближенных к реальной профессиональной деятельности.

тельного учреждения // *Управление образованием: теория и практика*. 2012. № 1(5). С. 93–101.

8. Шмидт Е. К. Педагогические условия реализации модели социально-профессиональной адаптации курсантов // *Социально-гуманитарные проблемы современности: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ). 2020. С. 131–134.

References

1. Zhigulin A. A. Formirovaniye pravovoy kompetentnosti yurista [Formation of legal competence of a lawyer]. *Integratsiya nauk*, 2019, vol. 1 (24), pp. 341–342.
2. Korotkova G. V., Rudneva N. I., Shimko Ye. A. Formirovaniye professional'no-pravovoy kompetentsii u studentov agrarnykh vuzov [Formation of professional and legal competence among students of agricultural universities]. *Nauka i Obrazovaniye*, 2020, vol. 3. issue 3, p. 211.
3. Malyy I. A., Gorinova S. V. Proyektirovaniye praktiko-oriyentirovannoy sredy obrazovatel'nykh uchrezhdeniy, osushchestvlyayushchikh podgotovku upravlencheskikh kadrov v oblasti pozharnoy bezopasnosti, zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy [Designing a practice-oriented environment of educational institutions that train managerial personnel

in the field of fire safety, protection of the population and territories from emergency situations]. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. Regional'noye prilozheniye*, 2016, issue 4, pp. 136–142.

4. Podshibyakin A. S. O problemakh yuridicheskogo obrazovaniya (mnimyykh i real'nykh) [On the problems of legal education (imaginary and real)]. *Yuridicheskoye obrazovaniye i nauka*, 2008, issue 4, pp. 36–39.

5. Ryabysheva Ye. N., Plaksina N. I. Osobennosti razvitiya pravovoy kompetentnosti sovremennogo spetsialista [Features of the development of legal competence of a modern specialist]. *Nauchno-issledovatel'skiye publikatsii*. 2015, vol. 1 (21), pp. 13–19.

6. Soboleva M. A. Formirovaniye pravovoy kompetentsii studentov meditsinskogo institute. Avtoreferat diss. kand. ped. nauk [Formation of the legal competence of students of the

medical institute. Abstract diss. cand. ped. sci.]. Orel, 2013. 21 p.

7. Chechel' I. D. Professional'naya kompetentnost' rukovoditelya obshcheobrazovatel'nogo uchrezhdeniya [Professional competence of the head of a general educational institution]. *Upravleniye obrazovaniyem: teoriya i praktika*, 2012, vol. 1 (5), pp. 93–101.

8. Shmidt Ye. K. Pedagogicheskiye usloviya realizatsii modeli sotsial'no-professional'noy adaptatsii kursantov [Pedagogical conditions for the implementation of the model of socio-professional adaptation of cadets]. *Sotsial'no-gumanitarnyye problemy sovremennosti: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*: Belgorod: OOO Agentstvo perspektivnykh nauchnykh issledovaniy (APNI), 2020, pp. 131–134.

Чумаков Михаил Вячеславович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук, заведующий кафедрой основ экономики функционирования РСЧС

E-mail: o-spartak@mail.ru

Chumakov Mikhail Vyacheslavovich

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 technical sciences,

head of the Department of economic basics of functioning of the Russian Emergency System

E-mail: o-spartak@mail.ru

Пустовалова Ирина Николаевна

Международный юридический институт,

Российская Федерация, г. Иваново

кандидат юридических наук, доцент кафедры гражданского права и процесса

E-mail: pustovalovai@mail.ru

Pustovalova Irina Nikolaevna

PhD in Law, Associate Professor of the Department of Civil Law and Procedure

International Law Institute,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: pustovalovai@mail.ru

УДК 614.847.12

**МОДЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МЧС РОССИИ**

Р. М. ШИПИЛОВ, Е. Е. МАРИНИЧ, В. А. СМЕРНОВ, А. В. КУЛАГИН, Н. А. КРАЩЕНКО

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

E-mail: rim-sgpu@rambler.ru, dragon-37@mail.ru, smirnov210470@mail.ru,
sport1995@mail.ru, kraschenko_nady@mail.ru

На базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России была проведена исследовательская работа по разработке модели профессионально-прикладной физической подготовки обучающихся в организациях высшего образования МЧС России. Исследования были организованы с целью совершенствования учебного процесса и формирования у обучающихся необходимого уровня физической подготовленности. Аналитическим путем был определен необходимый набор профессионально-прикладных упражнений в соответствии с локомоцией движений в предложенных профильных упражнениях: «Подъём по установленной выдвижной лестнице в 3-й этаж учебной башни»; «Подъём по подвешенной штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни»; «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями». Были предложены нормативные задания, а также определены временные показатели их выполнения. В ходе исследования была предложена модель профессионально-прикладной физической подготовки обучающихся с применением профессионально-прикладных упражнений на основе специфики профильной подготовки. В программу вошли разработанные комплексы прикладных и подготовительных упражнений, направленных на повышение физической работоспособности и подготовленности обучающихся. Для оценки эффективности разработанной модели проводился сбор, анализ и обобщение результатов исследования в виде временных показателей. В результате проведённого исследования была определена эффективность применяемых средств физического воспитания на основе прикладных и профильных упражнений, входивших в предложенную модель профессионально-прикладной физической подготовки обучающихся.

Ключевые слова: профессионально-прикладная физическая подготовка, профессионально-прикладные упражнения, физическая подготовка курсантов, уровень физической подготовленности, модель физической подготовки курсантов.

**MODEL OF PROFESSIONALLY-APPLIED PHYSICAL TRAINING OF STUDENTS
OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION
OF EMERCOM OF RUSSIA**

R. M. SHIPILOV, E. E. MARINICH, V. A. SMIRNOV, A. V. KULAGIN, N. A. KRASCHENKO

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: rim-sgpu@rambler.ru, dragon-37@mail.ru, smirnov210470@mail.ru,
sport1995@mail.ru, kraschenko_nady@mail.ru

On the basis of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, a research work was carried out to develop a model of professional and applied physical training for students of educational institutions of higher education of the Ministry of Emergency Situations of Russia. The studies were organized with the aim of improving the educational process and forming the necessary level of physical fitness among students. Analytically, the necessary set of professionally applied exercises was determined in accordance with the locomotion of movements in the

proposed profile exercises: «Climbing the installed retractable ladder to the 3rd floor of the training tower»; «Climbing the suspended assault ladder to the 4th floor of the training tower»; «Overcoming the 100-meter obstacle course.» Normative tasks were proposed, and time indicators for their implementation were determined. In the course of the study, a model of professionally applied physical training of students was proposed using professionally applied exercises based on the specifics of profile training. The program included developed complexes of applied and preparatory exercises aimed at improving the physical performance and preparedness of students. To assess the effectiveness of the developed model, the collection, analysis and generalization of the results of the study in the form of time indicators were carried out. As a result of the study, the effectiveness of the applied means of physical education was determined on the basis of applied and profile exercises, which were included in the proposed model of professionally applied physical training of students.

Key words: professional-applied physical training, professional-applied exercises, physical training of cadets, level of physical fitness, model of physical training of cadets.

Актуальность

В настоящее время к физической подготовленности (ФП) сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы (ФПС ГПС) предъявляются достаточно высокие требования, что обусловлено реалиями современной ситуации не только в стране, но и в мире. Именно они создают предпосылки в необходимости увеличения сферы в области научных исследований, которые в свою очередь будут направлены на совершенствование методики подготовки сотрудников к действиям в условиях ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1, 2].

Специфика подготовки к профессиональной деятельности (ПД) включает не только приобретение соответствующих компетенций по выбранной специальности (направлению подготовки), но и требует определенной ФП, обеспечивающей высокую производительность труда. Одним из перспективных путей повышения ФП курсантов организаций высшего образования МЧС России (ООВО МЧС России) является совершенствование используемых средств, входящих в сам процесс физического воспитания (ФВ) [3]. В частности, для возможности увеличения уровня ФП курсантов предлагается в систему традиционно используемых средств, включать больше профессионально-прикладных упражнений (ППУ) [4, 5, 6].

Анализ научно-методической литературы (Dubois Paul E., 1984; Sykes K., 1984; Burch M., 1991; Подлипняк Ю. Ф., 1995; Соколов Е. Е., 2006; Амельчаков И. Ф., 2007; Гавриленко Е. С., 2007; Кошбахтиев В. А., 2009; Тарасюк О. В., 2010; Торопов В. А., 2011; Балашова Н. А., 2012; Малыхин А. В., 2012; Жегалова М. Н., 2012; Аверинская С. А., 2014; Апальков А. В., 2014; Галимова А. Г., 2014; Ахматгатин А. А., 2015; Овечкин Д. Г., 2015; Сысоев А. А., 2015; Шалагинов В. Д. 2021 и др.) показывает незначительность исследователь-

ских работ, в которых рассматриваются вопросы применения инновационных программ по физической подготовке в образовательном пространстве ООВО МЧС России. Также в имеющихся на сегодняшний день методиках физической подготовки недостаточно уделяется внимания интеграции ППУ с параметрами их нагрузки и специфики профильной подготовки курсантов.

Проведённый анализ в сфере теории и практики в ООВО МЧС России позволяет заключить, что профессиональная подготовка в сфере пожарной безопасности имеет ряд противоречий, связанных с профессионально-прикладной физической подготовкой (ППФП) курсантов в системе профессионального обучения. Определяющими с этой точки зрения являются противоречия между:

- социально обусловленной потребностью общества в квалифицированных специалистах пожарно-технического профиля и недостаточной научной разработанностью теоретических аспектов и обоснованных методик по применению ППУ в рамках профильной подготовки;

- необходимостью и целесообразностью модернизации образовательного процесса по дисциплине «Физическая подготовка» (ФП) с применением средств ППУ с целью подготовки курсантов к сдаче нормативных заданий, и недостаточностью научно-методического обеспечения по изученности параметров нагрузки на показатели ППФП курсантов.

Таким образом, актуальность разрешения рассматриваемых противоречий определяется необходимостью разработки теоретических и методических аспектов в области формирования ППФП курсантов, на основе применения ППУ. Отсюда следует, что повышение эффективности в системе ФВ в ООВО МЧС России, посредством применения ППУ, наряду с традиционными, позволит обеспечить

достижение необходимого качества ППФП курсантов.

Цель исследования заключается в разработке и реализации экспериментальной модели ППФП обучающихся ООВО МЧС России.

В соответствии с целью исследования были определены следующие задачи:

- разработать экспериментальную модель ППФП обучающихся ООВО МЧС России;
- определить необходимый комплекс ППУ и раскрыть его содержательно-функциональную структуру в соответствии с профильной подготовкой курсантов, а также эмпирически проверить его эффективность.

Организация исследования

Исследование проводилось в период с октября 2021 года по май 2022 года в рамках учебной дисциплины ФП. Базой для проведения исследования стала Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (академия). В исследовании приняло участие 30 респондентов (курсантов) 2-го года обучения. Из общего количества курсантов были сформированы две группы – экспериментальная (ЭГ) и контрольная (КГ).

Исследование проходило в 4 этапа:

первый этап (октябрь 2021 г.) – поисково-подготовительный, который включал в себя анализ литературных источников и практик ООВО МЧС России;

второй этап (ноябрь–декабрь 2021 г.) – теоретико-проектировочный, в период которого были подготовлены необходимые дидактические материалы с целью разработки экспериментальной модели ППФП курсантов;

третий этап (декабрь 2021 г.– апрель 2022 г.) – экспериментальный, направленный на выявление ППУ в соответствии с локомоторией движений в профильных упражнениях (на данном этапе были предложены нормативные задания, а также определены временные показатели их выполнения) и проведение исследования для определения уровня ФП курсантов;

четвёртый этап (май 2022 г.) – обобщающий, где проводился сбор, анализ и обобщение результатов исследования, а также осуществлялась формулировка выводов.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе теоретико-проектировочного этапа осуществлялась разработка экспериментальной модели ППФП обучающихся (рисунк).

ППФП в ООВО МЧС России определяется ФГОС ВО. Она выражается не только комплексом необходимых профессиональных компетенций, но и определённым набором личностных качеств выпускника, что в

свою очередь формирует социальный заказ. Одной из основных характеристик будущего сотрудника ФПС ГПС является ППФП, которая позволяет на достаточно высоком уровне выполнять ПД. Само содержание образования реализуется посредством не только социального заказа, но и нормативных документов (ФГОС ВО, учебным планом, учебными программами и др.), с учетом социальных, педагогических условий, требований индивидуально-личностного развития обучаемых. ООВО обладая не только высокой степенью научных и педагогических кадров, но и необходимой материально-технической базой создают определённого рода образовательное пространство (ОП). Реализация поставленных целей и задач в ОП реализуется через формирование ППФП обучающихся.

Структура ОП ООВО МЧС России включает в себя организацию деятельности и методическое обеспечение качества поэтапной ППФП будущих специалистов в области пожаротушения. ОП, представленное в экспериментальной модели, можно определить в виде лепестковой структуры, в которой взаимосвязаны и соотносятся между собой отдельные элементы. Содержанием представленных элементов является: лекции и практические занятия, спартакиады, тренинги и мастер-классы, консультации, а также базы практик и учебно-тренировочный инвентарь. Все эти элементы можно рассматривать, как организационные формы ППФП будущих сотрудников ФПС ГПС.

Для формирования высокой степени подготовленности обучающихся к их будущей профессиональной деятельности, содержание учебных программ по дисциплине ФП, было наполнено ППУ с параметрами их нагрузки и специфики профильной подготовки. Оценка уровня сформированности ФП у обучающихся ООВО МЧС России происходит по трём критериям:

- **низкий** – определяется низким уровнем сформированности ФП, который нарушает его общую профессиональную направленность и действенность;

- **средний** – представляет собой не полную сформированность ФП, недостаточность развития отдельных ее компонентов;

- **высокий** – полная сформированность ФП, позволяющая добиться высоких результатов в служебной деятельности.

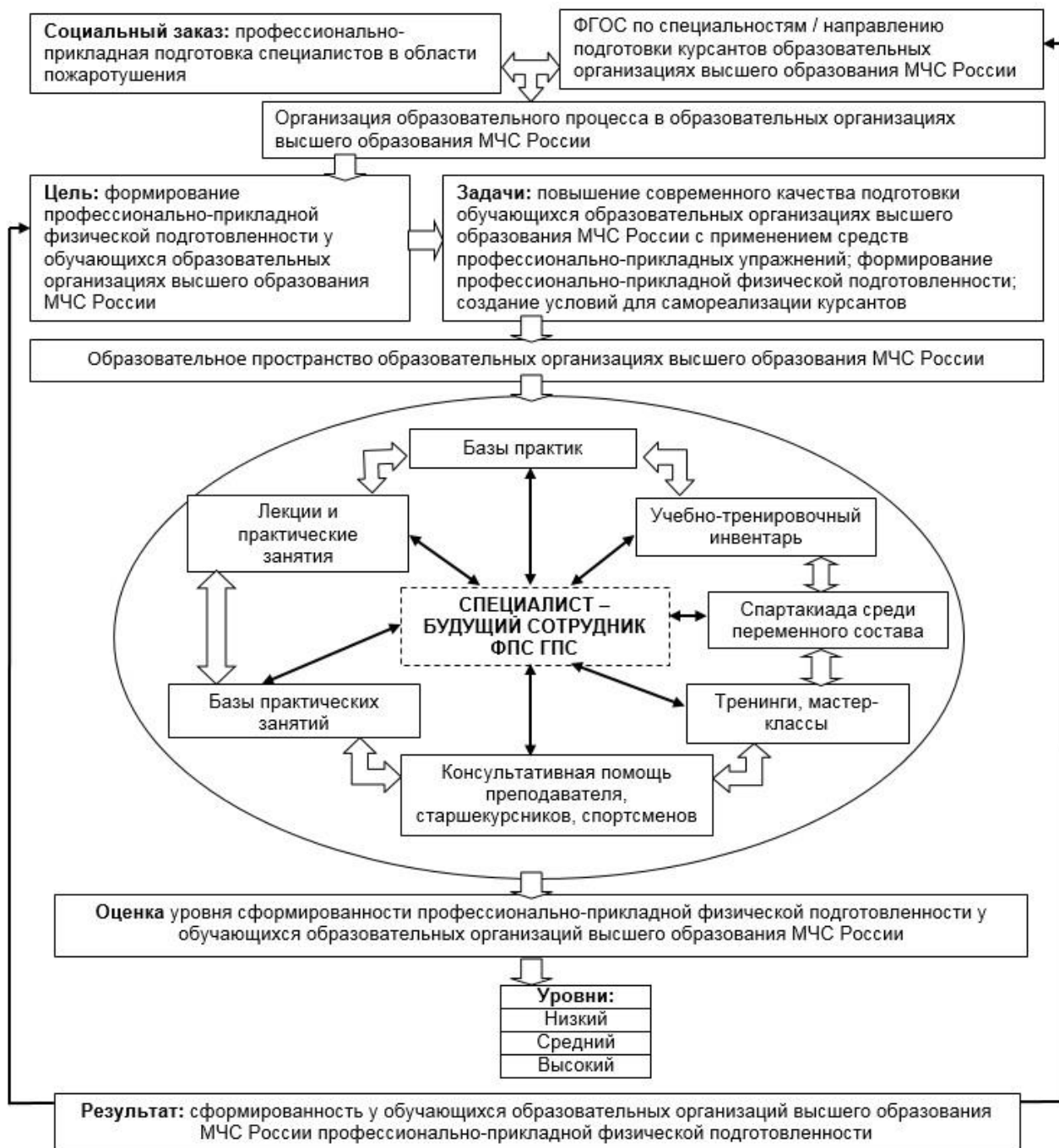


Рисунок. Экспериментальная модель ППФП обучающихся ООВО МЧС России

Разработанная экспериментальная модель ОП показывает, что формирование ФП будущих сотрудников ФПС ГПС происходит только с учётом целостного ОП вуза при взаимодействии всех его компонентов. Оно определяется условиями образовательного процесса образовательных организаций, который осуществляется через теоретическое и практическое обучение курсантов. Потенциальные

возможности каждого направления для формирования ФП будущих сотрудников ФПС ГПС в ООВО МЧС России реализуется через практико-ориентированный подход.

Для формирования ФП на экспериментальном этапе было проведено исследование по определению комплекса необходимых ППУ. В качестве исследуемых были взяты профиль-

ные упражнения¹: «Подъём по установленной выдвижной лестнице в 3-й этаж учебной башни» (норматив № 5.8) (Подъём по ВЛ); «Подъём по подвешенной штурмовой лестнице в 4-й этаж учебной башни» (норматив № 5.6) (Подъём по ШЛ); «Преодоление 100-метровой полосы с препятствиями» (100-м ПП)². В частности, в упражнениях с ручными пожарными лестницами берём только марш по лестницам. По виду локомоции первые два упражнения относятся к циклическим видам, последнее упражнение является смешанным, включающим в себя, как циклические движения, так и ациклические.

Циклические локомоции определяются тем, что каждое звено тела спортсмена в процессе упражнения постоянно приходит в исходное положение, таким образом, многократно повторяются циклы движения. В данном виде локомоции нами были проанализированы два профильных упражнения «Подъём по ВЛ» и «Подъём по ШЛ». Для перемещения спортсмена в пространстве, при выполнении данных упражнений, необходимо взаимодействие с твёрдой опорой, в роли которой выступает ступень лестницы. В нашем случае все локомоции нижних конечностей осуществляются по принципу отталкивания. Отталкивание в фазе активной работы включает разгибатели нижних конечностей. Во втором упражнении «Подъём по ШЛ» также присутствует принцип притягивания. Притягивание акцентирует внимание на сгибателях и разгибателях верхних конечностей. Движения по ступеням штурмовой и трёхколенной лестниц, а также выброс лестницы вверх осуществляется без сближения общего центра тяжести с опорой. В данном случае мышцы работают в преодолевающем режиме, где происходит выпрямление конечности и удалении общего центра тяжести от опоры. Такой вид локомоции наблюдается при выполнении упражнений: челночный бег 10х10 м (челнок 10х10), бег на короткие дистанции (бег на 100 м), рывок гири.

Ациклические локомоции характеризуются отсутствием возвращения звеньев тела в позу, аналогичную исходному положению, т.е. отсутствует повторяемость движений. В данном виде локомоции мы проанализировали профильное упражнение «100-м ПП». Рассматри-

ваемое упражнение включает в себя работу с вынужденным амортизационным сближением общего центра тяжести курсанта с опорой (преодоление забора, подъём и спуск по «сходне» бума, бег с рукавами, подсоединение полугайки к трёхходовому разветвлению). В этих упражнениях осуществляется работа в двух фазах: взаимодействие с опорой в статоступающем режиме и взаимодействие с опорой в статопреодолевающем режиме. Данный вид локомоции встречается в упражнениях: прыжок в длину с места толчком двумя ногами (прыжок с места), прыжок в длину с разбега (прыжок с разбега), подтягивание из виса на высокой перекладине (подтягивание), челночный бег 3х10 м (челнок 3х10).

Таким образом, с целью разработки модели физической подготовки курсантов ООВО МЧС России, был представлен комплекс ППУ. Данные упражнения позволяют не только подготовить необходимые группы мышц к выполнению профильных упражнений, но и оценить уровень подготовленности обучающихся.

Физическая подготовка в ООВО МЧС России осуществляется на основании Приказа³, а также разрабатываемых рабочих программ по дисциплинам. В них прописаны основные требования к системе физической подготовки личного состава ФПС ГПС⁴. Из общего числа нормативов по общефизическим упражнениям для личного состава выделим: бег на 100 м, челнок 10х10, подтягивание. Данные упражнения соответствуют заявленным упражнениям в нашем исследовании. Комплекс других нормативных упражнений (рывок гири, прыжок с места, прыжок с разбега, челнок 3х10 м) мы предлагаем заимствовать из программы комплекса «Готов к труду и обороне»⁵. Данные ППУ были органично введены в дисциплину ФП курсантов.

Начальный этап исследования заключался в формировании ЭГ и КГ, где определялся уровень их ФП. Мониторинг ФП респондентов проходил с помощью ППУ. В качестве ППУ мы использовали: челнок 10х10 м, челнок 3х10 м, бег на 100 м, прыжок с разбега, прыжок с места, рывок гири 16 кг, подтягивание. Полученные результаты приведены в табл. 1.

¹ Нормативы по пожарно-строевой и тактико-специальной подготовке для личного состава федеральной противопожарной службы. М.: МЧС России, 2011 г.

² Приказ МЧС России от 26 июля 2016 г. № 402 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 30.03.2011 № 153».

³ Приказ МЧС России от 26 июля 2016 г. № 402 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 30.03.2011 № 153».

⁴ Приказ МЧС РФ от 30 марта 2011 г. № 153 «Об утверждении Наставления по физической подготовке личного состава федеральной противопожарной службы».

⁵ Сайт Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне». <https://www.gto.ru/>

Таблица 1. Мониторинг ФП курсантов на начальном этапе исследования

ППУ	ЭГ	КГ	Значение t-критерия Стьюдента	
	$X \pm m$	$X \pm m$	t – экс.	$P \leq 0,05$
Подтягивание	12,3 $\pm$ 0,36	12,26 $\pm$ 0,33	0,14	>
Прыжок с места	233,33 $\pm$ 1,72	233,53 $\pm$ 1,86	-0,08	>
Бег на 100 м	13,58 $\pm$ 0,12	13,73 $\pm$ 0,11	-0,86	>
Челнок 3х10 м	7,82 $\pm$ 0,10	7,76 $\pm$ 0,09	0,47	>
Прыжок с разбега	387,33 $\pm$ 5,00	386,67 $\pm$ 4,90	0,10	>
Челнок 10х10 м	26,07 $\pm$ 0,13	26,05 $\pm$ 0,12	0,11	>
Рывок гири 16 кг	39,87 $\pm$ 1,00	39,47 $\pm$ 0,97	0,29	>

Анализ полученных данных показал, что в начале исследования существуют незначительные различия между ЭГ и КГ при $P \leq 0,05$ в каждом ППУ. Однако пограничные средние значения показателей, как в ЭГ, так и в КГ не имеют критической разницы. Таким образом, мы можем говорить о том, что мониторинг ФП курсантов на начальном этапе исследования в обеих группах практически одинаковый.

Для выявления временных показателей ЭГ и КГ в профильных упражнениях «Подъём по ВЛ» «Подъём по ШЛ», «100-м ПП», также была проведена оценка нормативного времени (табл. 2).

Таблица 2. Нормативное время по выполнению профильных упражнений

Профильные упражнения	Оценка (сек.)		
	«5»	«4»	«3»
Подъём по ВЛ	8	10	12
Подъём по ШЛ	20	22	24
100-м ПП	25	28	30

Выполнение данных нормативов позволяет говорить об усвоении изученного материала, а также формирования необходимых профессиональных компетенций. Результаты нормативного времени респондентов представлены в табл. 3.

Таблица 3. Временные показатели в профильных упражнениях «Подъём по ВЛ» «Подъём по ШЛ», «100-м ПП»

Профильные упражнения	ЭГ	КГ	Значение t-критерия Стьюдента	
	$X \pm m$	$X \pm m$	t – экс.	$P \leq 0,05$
Подъём по ВЛ	10,33 $\pm$ 0,23	10,27 $\pm$ 0,27	0,18	>
Подъём по ШЛ	23,80 $\pm$ 0,42	23,93 $\pm$ 0,37	-0,23	>
100-м ПП	27,67 $\pm$ 0,35	27,60 $\pm$ 0,39	0,13	>

Анализ полученных данных показывает, что между ЭГ и КГ имеются незначительные различия при $P \leq 0,05$ во всех профильных упражнениях. Данные различия, как и в ППУ не имеют большой разницы в усреднённых показателях. Таким образом, мы можем предположить, что достоверных различий не имеется. Из полученных значений следует, что уровень подготовленности курсантов на начальном этапе исследования в большей степени соответствует оценке «хорошо» и «удовлетворительно» (при, «5» – 6,66 %, «4» – 46,66 %, «3» – 46,66 % в ЭГ; «5» – 6,66 %, «4» – 53,33 %, «3» – 40,0 % в КГ). Это обуславливается тем, что данные упражнения

по виду локомоторных движений являются достаточно сложными в плане не только специальной выносливости и скоростно-силовой подготовленности, но и в плане координации движений.

В ходе третьего этапа исследования, в период с декабря 2021 года по апрель 2022 года, в программу подготовки ЭГ вместе с обычными упражнениями вошли специализированные комплексы упражнений, в том числе и упражнения системы «CrossFit»-комплекс (табл. 4). Занятия проводились два раза в неделю по 1,5 академических часа. Примерное распределение времени на

занятиях составило 75 % традиционных упражнений и 25 % ППУ.

На завершающем этапе исследования (2022 год) была проведена оценка ФП курсантов. Целью оценки являлась проверка

эффективности предложенной модели ППФП обучающихся. В качестве контрольного исследования были предложены семь ППУ. Полученные результаты приведены в табл. 5.

Таблица 4. Комплекс ППУ

ППУ	Подготовительные упражнения
Подтягивание	Подтягивание из виса лёжа на низкой перекладине
	Подтягивание из виса на высокой перекладине с использованием резиновой петли (17-41 кг)
Прыжок с места	Прыжки в длину с места толчком двумя ногами из положения упор присев
	Из положения упор лёжа в упор присев и выпрыгивание вверх
Бег на 100 м	Бег на дистанцию 30 м
	Бег на дистанцию 60 м
Челнок 3х10 м	Бег на месте в течение 30 сек
	Челночный бег 2х10 м с выпрыгиванием вверх (10 серий) из упора присев на повороте
Прыжок с разбега	Выпрыгивание вверх с подносом ног к груди
	Поочерёдные прыжки через каскад барьеров высотой 25-30 см
Челнок 10х10 м	Челночный бег 10х10 м на короткую (5 м), среднюю (10 м) и длинную дистанцию и обратно в обратной последовательности
	Челночный бег 6х10 м с переноской предметов
Рывок гири 16 кг	Выброс гири 8 кг вверх-вперёд одной рукой
	Поднимание покрышки и перебрасывание её вперёд (автомобиль Камаз)

Таблица 5. Мониторинг ФП курсантов на заключительном этапе исследования

Нормативные задания	ЭГ	КГ	Значение t-критерия Стьюдента	
	$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$	t – экс.	P ≤ 0,05
Подтягивание	14,47±0,25	13,20±0,27	3,42	>
Прыжок с места	243,60±1,45	238,67±1,72	2,19	>
Бег на 100 м	13,07±0,07	13,39±0,10	-2,64	>
Челнок 3х10 м	7,27±0,06	7,36±0,05	-1,08	>
Прыжок с разбега	421,33±5,35	394,33±4,02	4,03	>
Челнок 10х10 м	25,94±0,21	25,97±0,14	-0,13	>
Рывок гири 16 кг	47,67±1,25	42,87±1,17	2,80	>

Из полученных результатов, представленных в табл. 5 следует, что средние значения, как в ЭГ, так и в КГ имеют достоверные различия ($P > 0,05$). Таким образом, можно констатировать, что между исследуемыми группами имеются значительные изменения по всем упражнениям. Однако, для того чтобы

говорить об эффективности предложенной модели ППФП, у обучающихся необходимо проверить уровень профильной подготовки. Данный уровень определялся по результатам выполнения профильных упражнений: «Подъём по ВЛ» «Подъём по ШЛ», «100-м ПП», результаты представлены в табл. 6.

**Таблица 6. Временные показатели в профильных упражнениях
«Подъем по ВЛ» «Подъем по ШЛ», «100-м ПП» на заключительном этапе**

Нормативные задания	ЭГ	КГ	Значение t-критерия Стьюдента	
	$X \pm m$	$X \pm m$	t – экс.	$P \leq 0,05$
Подъем по ВЛ	9,27+0,20	9,87+0,17	-2,26	>
Подъем по ШЛ	20,93+0,37	21,80+0,34	-1,70	>
100-м ПП	25,93+0,38	26,73+0,41	-1,42	>

Анализ данных позволяет констатировать, что имеются не только существенные различия между ЭГ и КГ, но и рост временных показателей. Из полученных значений следует, что уровень подготовленности курсантов на заключительном этапе исследования соответствует оценке «отлично» и «хорошо».

Анализ полученных данных показывает, что комплекс ППУ, а также подготовительных упражнений (табл. 4), предложенный для повышения уровня ФП обучающихся, экспериментально доказал свою эффективность. Данный комплекс ППУ можно также расценивать, как модель ППФП обучающихся.

Заключение

На основании анализа литературных источников, а также программ по дисциплинам

ФП определены возможности совершенствования процесса физической подготовки обучающихся на основе разработанной модели. В ходе исследования была выявлена необходимость наполнения программы ФП предложенными ППУ. Выбор данных упражнений основывался на сопоставлении локомоторных движений в профильных упражнениях. Были определены временные показатели их выполнения. Также был проведен констатирующий эксперимент для определения уровня ФП курсантов. В результате проведенного исследования была определена эффективность применяемых средств ФВ на основе ППУ и профильных упражнений, входивших в разработанную модель ППФП обучающихся.

Список литературы

1. Макаров А. В. Дифференцированная методика физической подготовки курсантов пожарно-спасательной академии: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Красноярск, 2019. 169 с.
2. Динаев Б. М. Совершенствование профессионально-прикладной физической подготовки в вузах пожарно-технического профиля: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Шуя, 2009. 157 с.
3. Самсонов Д. А. Теоретико-методические аспекты совершенствования профессионально-прикладной физической подготовки пожарных: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Москва, 2005. 201 с.
4. Бортнев Д. А. Профессионально-прикладная физическая подготовка курсантов пожарно-технического училища: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Малаховка, 2005. 163 с.
5. Муrowицкий А. И. Инновационная методика воспитания физических качеств у спасателей и пожарных в процессе профессионально-прикладной подготовки: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. Смоленск, 2004. 127 с.

6. Чумила Е. А., Соболевская Е. С. Влияние занятий пожарно-спасательным спортом на уровень профессионально-прикладной подготовленности курсантов-девушек командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2015. № 1 (21). С. 93-99.

References

1. Makarov A. V. Differentsirovannaya metodika fizicheskoy podgotovki kursantov pozharно-spasatel'noy akademii: dis. ... kand. ped. nauk [Differentiated methodology of physical training of cadets of the Fire and Rescue Academy: Cand. ped. sci. diss.] Krasnoyarsk, 2019. 169 p.
2. Dinayev B. M. Sovershenstvovaniye professional'no-prikladnoy fizicheskoy podgotovki v vuzakh pozharно-tekhnicheskogo profilya: dis. ... kand. ped. nauk [Improvement of professional-applied physical training in higher education institutions of fire-technical profile: Cand. ped. sci. diss.] Shuya, 2009. 157 p.
3. Samsonov D. A. Teoretiko-metodicheskiye aspekty sovershenstvovaniya

professional'no-prikladnoy fizicheskoy podgotovki pozharnykh: dis. ... kand. ped. nauk [Theoretical and methodological aspects of improving the professional-applied physical training of firefighters: Cand. ped. sci. diss.] Moskva, 2005. 201 p.

4. Bortnev D. A. Professional'no-prikladnaya fizicheskaya podgotovka kursantov pozharno-tehnicheskogo uchilishcha: dis. ... kand. ped. nauk [Professional-applied physical training of cadets of the fire-technical school: Cand. ped. sci. diss.] Malakhovka, 2005. 163 p.

5. Murovitskiy A. I. Innovatsionnaya metodika vospitaniya fizicheskikh kachestv u spasateley i pozharnykh v protsesse professional'no-prikladnoy podgotovki: dis. ... kand. ped. nauk [Innovative methodology for the

education of physical qualities in rescuers and firefighters in the process of professional and applied training: Cand. ped. sci. diss.] Smolensk, 2004. 127 p.

6. Chumila Ye. A., Sobolevskaya Ye. S. Vliyaniye zanyatiy pozharno-spasatel'nyim sportom na uroven' professional'no-prikladnoy podgotovlennosti kursantov-devushek komandno-inzhenernogo instituta MCHS Respubliki Belarus' [The influence of fire and rescue sports on the level of professional and applied training of female cadets of the command and engineering institute of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MCHS Respubliki Belarus'*, 2015, № 1 (21), pp. 93-99.

Шипилов Роман Михайлович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, заместитель начальника кафедры
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Shipilov Roman Mihailovich

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 pedagogical sciences, deputy head of department
E-mail: rim-sgpu@rambler.ru

Маринич Евгений Евгеньевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, старший преподаватель
E-mail: Dragon-37@mail.ru

Marinich Evgeny Evgenievich

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 pedagogical sciences, Senior Lecturer
E-mail: Dragon-37@mail.ru

Смирнов Владимир Александрович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново
кандидат педагогических наук, начальник кафедры
E-mail: smirnov210470@mail.ru

Smirnov Vladimir Aleksandrovich

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 pedagogy sciences, head of department
E-mail: smirnov210470@mail.ru

Кулагин Анатолий Васильевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

старший преподаватель

E-mail: sport1995@mail.ru

Kulagin Anatoly Vasilyevich

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: sport1995@mail.ru

Кращенко Надежда Александровна

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

преподаватель

E-mail: kraschenko_nady@mail.ru

Kraschenko Nadezhda Alexandrovna

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

lecturer

E-mail: kraschenko_nady@mail.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

Статьи должны полностью соответствовать специальности 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 объем 150–200 слов, а её содержание – отражать структуру статьи.

Минимальный объем 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 A4. Объем 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 полукириво, 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.

Научный журнал «ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

Сетевое издание

ISSN: 2542-162X

<http://pab-edufire37.ru>

№ 4 (27) – 2022

Научный журнал
«ПОЖАРНАЯ И АВАРИЙНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»
№ 4 (27), 2022

16+

Дата выхода в свет 29.12.2022 г. Формат 60 × 90 1/8.
Усл. печ. л. 18,5. Заказ № 86.

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. 15-60; e-mail: pab.edufire37@mail.ru